TERMÉSZETTUDOMÁNY

CSAPÓ JÁNOS
ALBERT CSILLA

A TÚLSÚLY, AZ ELHÍZÁS ÉS A TÁPLÁLKOZÁS KAPCSOLATA

Sapientia Könyvek

Scientia Kiadó | 2021

CSAPÓ JÁNOS
ALBERT CSILLA

A TÚLSÚLY, AZ ELHÍZÁS ÉS A TÁPLÁLKOZÁS KAPCSOLATA

SAPIENTIA KÖNYVEK

SAPIENTIA
ERDÉLYI MAGYAR
TUDOMÁNYEGYETEM

A TÚLSÚLY, AZ ELHÍZÁS ÉS A TÁPLÁLKOZÁS KAPCSOLATA

CSAPÓ JÁNOS
ALBERT CSILLA

Scientia Kiadó
Kolozsvár · 2021

SAPIENTIA KÖNYVEK

Természettudományok

Megvalósult a Magyar Kormány Támogatásával
Miniszterelnökség Nemzetpolitikai Államtitkárság
Bethlen Gábor Alap

Kiadja a
Scientia Kiadó
400112 Kolozsvár, Mátyás király (Matei Corvin) u. 4.
Tel./fax: +40-364-401454, e-mail: scientia@kpi.sapientia.ro
www.scientiakiado.ro

Lektor:
Kovács Béla (Debrecen)
Szép Sándor (Csíkszereda)

Felelős kiadó:
Sorbán Angella

Borítóterv:
Tipotéka Kft.

Kiadói koordinátor:
Szabó Beáta

Első magyar nyelvű kiadás: 2021
© Scientia 2021
Minden jog fenntartva, beleértve a sokszorosítás, a nyilvános előadás, a rádió- és televízióadás, valamint a fordítás jogát, az egyes fejezeteket illetően is.

Descrierea CIP a Bibliotecii Naționale a României
CSAPÓ, JÁNOS
A túlsúly, az elhízás és a táplálkozás kapcsolata / Csapó János, Albert Csilla. - Cluj-Napoca : Scientia, 2021
Conține bibliografie
ISBN 978-606-975-051-3

I. Albert, Csilla

61

TARTALOMJEGYZÉK

Bevezetés 35

1. A táplálékok kémiai összetétele 39
1.1. Bevezetés 39
1.2. A víz. 39
1.2.1. A természetes vizek és az ivóvíz 41
1.2.2. A víz keménysége és sómentesítése 41
1.2.3. Ásványvizek és gyógyvizek 42
1.2.4. A víz kötése az élelmiszerekben. 42
1.3. Az ásványi anyagok. 43
1.3.1. Fémes makroelemek és vegyületeik 44
1.3.2. A nemfémes makroelemek és vegyületeik 45
1.3.3. Mikroelemek 46
1.3.3.1. Esszenciális mikroelemek. 46
1.3.3.2. Nem esszenciális mikroelemek 48
1.4. A szénhidrátok 49
1.4.1. Monoszacharidok (egyszerű cukrok) 49
1.4.1.1. A táplálkozási szempontból fontosabb monoszacharidok 51
1.4.1.2. Monoszacharid-származékok 52
1.4.2. Diszacharidok, oligoszacharidok 52
1.4.3. Poliszacharidok. 53
1.4.3.1. Glükózpolimerek 54
1.4.3.2. Egyéb poliszacharidok 55
1.4.3.3. Kevert poliszacharidok. 55
1.5. A fehérjék 56
1.5.1. Az aminosavak 56
1.5.2. A peptidek. 57
1.5.3. A fehérjék 58
1.5.3.1. A fehérjék funkcionális tulajdonságai 60
1.5.3.2. A fehérjék csoportosítása 61
1.5.3.3. Egyszerű fehérjék 61
1.5.3.4. Összetett fehérjék 62
1.5.3.5. Fontosabb természetes fehérjék 62
1.5.3.6. Az élelmiszer-fehérjék átalakulása a feldolgozás és tárolás során 64
1.6. A lipidek (zsírok) 66
1.6.1. A zsírsavak 67

1.6.1.1. Telített és telítetlen zsírsavak . . . 67
1.6.1.2. A zsírsavak fizikai tulajdonságai . . . 68
1.6.1.3. A zsírsavak kémiai tulajdonságai . . . 69
1.6.2. Acilglicerinek, trigliceridek, zsírok . . . 69
1.6.2.1. Az acilglicerinek fontosabb fizikai tulajdonságai . . . 69
1.6.2.2. Az acilglicerinek kémiai tulajdonságai . . . 69
1.6.3. Foszfo- és glikolipidek . . . 70
1.6.4. Zsíralkoholok, viaszok, szterinek . . . 71
1.6.5. Egyéb zsírszerű vegyületek . . . 71
1.6.6. Természetes zsiradékok . . . 71
1.6.6.1. A természetes zsiradékok fizikai és kémiai tulajdonságai . . . 72
1.6.6.2. Fontosabb természetes zsiradékok . . . 72
1.6.7. A lipidek változásai a tárolás és feldolgozás során . . . 74
1.7. A vitaminok . . . 75
1.7.1. A vitaminok általános jellemzése . . . 75
1.7.1.1. A vitaminok fogalma . . . 75
1.7.1.2. A vitaminok fiziológiai hatása . . . 76
1.7.1.3. A vitaminok felosztása . . . 76
1.7.2. Zsíroldható vitaminok . . . 76
1.7.3. Vízoldható vitaminok . . . 79
1.7.4. Egyéb létfontosságú táplálkozási tényezők . . . 85
1.8. Természetes színezékek . . . 86
1.8.1. Karotinoid színezékek . . . 86
1.8.2. Kinonok . . . 87
1.8.3. Flavonoid színezékek . . . 87
1.8.4. Pirrolszínezékek . . . 88
1.8.5. Egyéb természetes színezékek . . . 89
1.9. Íz- és aromaanyagok . . . 89
1.9.1. Ízanyagok . . . 89
1.9.2. Aromaanyagok . . . 91
1.10. Egyéb szerves vegyületek az élelmiszerekben . . . 93
1.10.1. Alkoholok . . . 93
1.10.2. Fenolok, fenol-éterek, fenol-alkoholok . . . 95
1.10.3. Oxovegyületek . . . 96
1.10.4. Szerves savak és származékaik . . . 97
1.10.4.1. Szerves savak . . . 97
1.10.4.2. Észterek . . . 99
1.10.4.3. Laktonok . . . 100
1.10.5. Illóolajok . . . 100
1.10.6. Alkaloidok . . . 101
1.11. Az élelmiszer-tudomány szempontjából legfontosabb enzimek . . . 104
1.11.1. Oxidoreduktázok . . . 104

1.11.1.1. Piridinenzimek . . . 105
1.11.1.2. Flavinenzimek . . . 105
1.11.1.3. Heminenzimek . . . 105
1.11.1.4. Oxigenázok . . . 106
1.11.2. Transzferázok . . . 107
1.11.3. Hidrolázok . . . 107
1.11.3.1. Észterázok . . . 108
1.11.3.2. Glikozidázok . . . 109
1.11.3.3. Proteázok . . . 110
1.11.3.4. Amidázok és amidinázok . . . 111
1.11.3.5. Savanhidrid hidrolázok . . . 112
1.11.4. Liázok . . . 112
1.11.5. Izomerázok . . . 112
1.11.6. Ligázok (szintetázok) . . . 113
1.12. Az élelmiszerekben található adalékanyagok . . . 113
1.12.1. Tartósítószerek . . . 113
1.12.1.1. A tartósítószerek hatásmechanizmusa . . . 114
1.12.1.2. Szervetlen tartósítószerek . . . 114
1.12.1.3. Szerves tartósítószerek . . . 114
1.12.1.4. Antibiotikumok . . . 115
1.12.1.5. Fitoncidok . . . 116
1.12.2. Antioxidánsok . . . 116
1.12.3. Ízesítőanyagok . . . 117
1.12.3.1. Édes ízű adalékok . . . 117
1.12.3.2. Sós ízű adalékok . . . 118
1.12.3.3. Keserű ízű adalékok . . . 118
1.12.3.4. Savanyú ízű adalékok . . . 118
1.12.3.5. A fűszerek hatóanyagai . . . 118
1.12.4. Mesterséges színezékek . . . 120
1.12.5. Állományjavító adalékok . . . 120
1.12.5.1. Szénhidrát alapú gélképzők . . . 120
1.12.5.2. Fehérje alapú gélképzők . . . 121
1.12.5.3. Szervetlen állományjavító adalékanyagok . . . 122
1.12.5.4. Emulgeátorok . . . 122
1.12.6. Tápértéket növelő adalékok . . . 123
1.12.6.1. Vitamindúsítás . . . 123
1.12.6.2. Fehérjekomplettálás . . . 124
1.12.6.3. Mikroelem-, makroelem-kiegészítés . . . 125
1.13. Mérgező anyagok . . . 126
1.13.1. Természetes mérgek . . . 126
1.13.2. A mikroorganizmusok által termelt mérgek . . . 129
1.13.3. Peszticidek . . . 131

1.13.4. Egyéb mérgek 134
1.14. Csomagolóanyagok 135
1.15. Tisztító- és fertőtlenítőszerek 138
1.15.1. Tisztítószerek. 139
1.15.2. Fertőtlenítőszerek 140

2. Funkcionális élelmiszerek 142
2.1. Bevezetés 142
2.2. Alapfogalmak 143
2.3. Funkcionális élelmiszerek előállítása élelmiszer-kiegészítéssel. 145
2.3.1. Gazdagítás, helyettesítés, dúsítás, kiegészítés 145
2.3.2. Makro-, mikroelem- és vitaminhiány következményei 146
2.3.3. Élelmiszerek vitaminokkal történő kiegészítése 149
2.3.4. Élelmiszerek polifenolokkal történő kiegészítése 149
2.3.5. Élelmiszerek karotinoidokkal történő kiegészítése 150
2.3.6. Élelmiszerek esszenciális zsírsavtartalmú olajokkal történő kiegészítése 150
2.3.7. Élelmiszerek biológiai aktivitású lipidekkel történő kiegészítése. . . . 152
2.3.8. A flavonoidok mint funkcionális élelmiszer komponensek 153
2.4. A tej bioaktív komponensei és azok előállítása 154
2.4.1. A tejben található bioaktív komponensek 155
2.4.1.1. Bioaktív fehérjék 155
2.4.1.2. A bioaktív peptidek előállítása és funkcionalitása 157
2.4.1.3. Bioaktív lipidek 158
2.4.2. Növekedést befolyásoló faktorok 159
2.4.3. Egyéb bioaktív vegyületek a tejben 159
2.4.4. A tej bioaktív komponenseinek összefoglalása 160
2.5. Prebiotikumok, probiotokumok, szinbiotikumok 160
2.5.1. A pro- és prebiotikumok alapvető jellemzői 160
2.5.2. Az emberi emésztőrendszer mikroflórája. 161
2.5.3. A mai probiotikus kultúratörzsek és a velük szembeni követelmények 162
2.5.4. A probiotikumok felvételének alapelvei 162
2.5.5. A probiotikumok jótéteményei. 163
2.5.6. A probiotikumok fontosabb humánélettani jótéteményeinek összefoglalása 163
2.6. A hús szerepe a táplálkozásban és az egészségmegőrzésben 163
2.6.1. Az izomszövet fehérjéi 164
2.6.1.1. Vízoldható fehérjék. 164
2.6.1.2. Oldhatatlan fehérjék 165
2.6.2. A húsok érlelése 165
2.6.3. A hús esetében előforduló minőségi hibák 166

2.6.4. A hús mint funkcionális élelmiszer 166
2.6.5. Fehérjekészítmények és adalékanyagok 167
2.6.6. A húsok emészthetősége 168
2.6.7. A hús és az allergia 168
2.6.8. A húsfogyasztás élvezeti hatása 169
2.7. A szója mint funkcionális élelmiszer 169
2.7.1. A szójafehérje minőségének alakulása a technológiai műveletek során 169
2.7.2. A fehérjehasznosulást befolyásoló antinutritív és mérgező anyagok 170
2.7.3. A szójafehérje minősítésére alkalmas vizsgálatok 172
2.7.4. A szójafehérje komplex minősítése 172
2.8. Szelénnel dúsított élelmiszerek 173
2.8.1. A különböző szelénformák, a szelén antioxidáns tulajdonságai, a szelén hasznosulása 173
2.8.2. A szelénnel dúsított élelmiszerek előállítása 174
2.8.2.1. A szelénhiány és a táplálékok szelénnel történő dúsításának lehetőségei 175
2.8.2.2. Szelénnel dúsított táplálkozási csírák a rák megelőzésében 176
2.8.2.3. Egyéb élelmiszerek szelénnel történő kiegészítése 177
2.9. A tojás mint funkcionális élelmiszer 179
2.10. Növényi és állati eredetű zsiradékok 181
2.11. A gabona, zöldség és gyümölcs mint funkcionális élelmiszerek . . . 183
2.11.1. A gabonafélék mint funkcionális élelmiszerek 183
2.11.2. A zöldségek és a gyümölcsök mint funkcionális élelmiszerek 186
2.12. A táplálkozási csírák mint funkcionális élelmiszerek 188
2.12.1. A csírák jelentősége a táplálkozásban 188
2.12.2. Biokémiai változások a csírázás során 188
2.13. A vörösbor mint funkcionális élelmiszer 189
2.13.1. A szőlő, a must és a bor kémiai összetétele 189
2.13.2. A vörösbor mint funkcionális élelmiszer 191

3. Az elhízás biokémiai alapjai 194
3.1. Bevezetés 194
3.2. Energiaképződés és zsírraktározás a szervezetben 194
3.3. Az elhízással kapcsolatos biokémiai reakciók 195
3.3.1. A zsírsavak és a zsírok képződése 195
3.3.1.1. A zsírsavak szintézise 196
3.3.1.2. A hosszú szénláncú zsírsavak szintézise 199
3.3.1.3. A gliceridek (zsírok) keletkezése 199
3.3.2. A szénhidrát- és a lipidanyagcsere kapcsolata 200
3.3.3. A nem hidrolizáló lipidek bioszintézise 200

3.3.4. Lipogenezis az embernél 201
3.3.5. A zsírok bioszintézisének összefoglalása 202
3.4. Az aminosavak és a zsírmetabolizmus kapcsolata 203
3.4.1. Az aminosavak lebomlásának közös reakciói 203
3.4.2. Az aminosavak szénláncának lebomlása a trikarbonsavciklusban 203
3.5. Glükoneogenezis 204
3.5.1. Glükoneogenezis piruvátból 204
3.5.2. Glükoneogenezis egyéb forrásokból 204
3.5.3. Glükoneogenezis az embernél 205
3.6. Képződhet fehérjéből zsír az emberi szervezetben? 206

4. Az elhízás genetikai alapjai 207
4.1. Bevezetés 207
4.2. Az elhízás genetikai alapja 208
4.2.1. Az elhízás mint örökletes rendellenesség 208
4.2.2. A nem szindrómás elhízás mendeli formái 210
4.2.3. A monogén elhízás recesszív formái 211
4.2.4. A részleges génhiány és az elhízás közötti kapcsolat 212
4.2.5. A genom szerkezeti variációi 212
4.2.6. Az elhízás poligén formái 213
4.2.7. Jelölt génvizsgálatok 213
4.2.8. A genom egészére kiterjedő tanulmányok 214

5. Energiabevitel, kövérség, étkezési viselkedés 216
5.1. Bevezetés 216
5.2. Táplálkozási hatások, energiabevitel, elhízás és étkezési viselkedés 217
5.3. Mi befolyásolja az étvágyat? 217
5.4. A jóllakottság 218
5.5. A társadalom fejlettségének, az élelmiszerekhez való hozzáférésnek a szerepe 218
5.6. A makro- és mikrotápanyagok szerepe 219
5.7. A fehérje szerepe 219
5.8. A szénhidrátok szerepe 219
5.9. A zsír szerepe 220
5.10. Az alkohol hatása 220
5.11. Az energiasűrűség szerepe 220
5.12. Az italok hozzájárulása az energiabevitelhez 221
5.13. A diétás rost szerepe 222
5.14. A nem táplálkozási tényezők hatása az energiabevitelre, az elhízásra és az étkezési viselkedésre 223

5.15. Az élelmiszer ízletességének szerepe 223
5.16. Az érzékszervi változatosság szerepe 224
5.17. Az étkezési szokások szerepe. A nassolás és az evés gyakorisága. 225
5.18. Az adag méretének szerepe. 227
5.19. Az energiabevitellel, az elhízással és az étkezési viselkedéssel kapcsolatos pszichológiai hatások 228
5.20. Visszafogott étkezési viselkedés 228
5.21. Érzelmi és külső étkezési viselkedés 228
5.22. Érzelmi elmélet 229
5.23. A stressz és az étkezési szokások 230
5.24. Fiziológiai hatások az energiabevitelre, az elhízásra és az étkezési viselkedésre 230
5.25. Ételfüggőség. 232
5.26. Az energia-egyensúly ellenőrzése egy életen át. 232
5.27. Az étrend indukálta jóllakottsági érzés és a súlykontroll mechanizmusának megértése 233
5.28. Jövőbeni irányok 233

6. Tömegcsökkentés, tömegmegtartás, az elhízás kezelése 234
6.1. Bevezetés 234
6.2. Az elhízás, a táplálkozás és a testmozgás közötti kapcsolat 234
6.3. Az energiafelvétel és energiakiadás elemzése 235
6.4. A fogyás és az egészségmegőrzés kapcsolata 235
6.5. Viselkedési stratégiák 236
6.5.1. A változtatni kívánt viselkedési forma beazonosítása. 236
6.5.2. Célok kitűzése 236
6.5.3. Önmegfigyelés 236
6.5.4. Ösztönző kontroll 237
6.5.5. Problémamegoldás 237
6.5.6. Megismerő átalakítás 238
6.5.7. A visszaesés megelőzése. 238
6.5.8. Az étkezési viselkedés megváltoztatása 238
6.6. Energiabevitel 239
6.6.1. Makrotápanyag-összetétel. 239
6.6.2. Élelmiszer-ellátás és strukturált étkezési tervek 240
6.7. Fizikai aktivitás, mozgás, sport 240
6.7.1. Otthon vagy felügyelettel végzett mozgás 241
6.7.2. Rövid, intenzív vagy hosszantartó kevésbé megerőltető gyakorlatok 241
6.7.3. Otthoni edzőberendezések használata 242
6.7.4. Az ülve végzett tevékenységek csökkentése 242
6.7.5. A fizikai aktivitás mértéke 243

6.7.6. Az egészséges táplálkozás és a testmozgás szerepe 244
6.8. A média hatása a fogyásra 245
6.9. Az elért tömeg megtartása 246
6.10. Jövőbeli irányok 247

7. Az elhízás mint egészségi kockázat 249
7.1. Bevezetés 249
7.2. Az elhízás epidemiológiája 249
7.2.1. Az elhízás definíciója és mérése 250
7.2.2. A túlsúly és az elhízás előfordulása 251
7.2.3. Gyermekkori elhízás 252
7.3. Etiológia 253
7.3.1. A környezet hozzájárulása az elhízáshoz 253
7.3.2. Genetika 255
7.3.3. Egészségügyi feltételek 256
7.4. Az elhízással együttjáró betegségek 257
7.4.1. Cukorbetegség 257
7.4.2. Szív- és érrendszeri kockázati tényezők 259
7.4.3. Rosszindulatú betegségek 260
7.4.4. Obstruktív alvási apnoe 261
7.4.5. Osteoarthritis 261
7.4.6. Egyéb társbetegségek 261
7.5. Pszichoszociális kérdések 262
7.6. Halálozás 264
7.7. Az elhízás megelőzése 264
7.8. Jövőbeli irányok 265

8. Válogatott fejezetek 266
8.1. A ketogén diéta alapjai 266
8.2. Az alacsony szénhidráttartalmú termékek szerepe a testkontrollnál és a kívánt testsúly elérésében 270
8.3. A magas tápértékű funkcionális élelmiszer, az alacsony szénhidráttartalmú kenyér előállítása 275
8.3.1. Bevezetés 275
8.3.2. Irodalmi áttekintés 276
8.3.2.1. A búzaliszt és búzaliszt alapú készítmények tápértékének növelése 276
8.3.2.2. A liszt magas biológiai értékű fehérjével és lizinnel való dúsítása 277
8.3.2.3. Az alacsony szénhidráttartalmú kenyér magas lizintartalmának élettani hatása 278
8.3.2.4. A lizin szerepe a Maillard-reakció-termékek kialakításában 279

8.3.2.5. Az ember fehérje- és aminosav-szükséglete 279
8.3.3. A kísérletek célja 280
8.3.4. Anyag és módszer 281
8.3.4.1. A kenyéralapanyagok összeállítása és a sütés 281
8.3.4.2. Kémiai-analitikai vizsgálatok 282
8.3.4.2.1. Az összesfehérje és az aminosav-összetétel meghatározása 282
8.3.4.2.2. A hidroxi-metil-furfurol (HMF) meghatározása 282
8.3.4.2.3. A fehérje biológiai értékének számolása 283
8.3.4.3. Érzékszervi vizsgálat 283
8.3.4.4. Az adatok statisztikai értékelése 283
8.3.5. Eredmények és értékelés 284
8.3.5.1. A kenyéralapanyagok fehérjetartalma és aminosav-összetétele 284
8.3.5.2. A kenyér összesfehérje-tartalma 286
8.3.5.3. A kontroll- és az alacsony szénhidráttartalmú kenyér esszenciális aminosav-tartalma 287
8.3.5.4. A hidroxi-metil-furfurol mennyisége 288
8.3.5.5. Az érzékszervi vizsgálat eredményei 288
8.3.6. Következtetések 289
8.3.7. Összefoglalás 290
8.4. Az elhízás és a 2-es típusú cukorbetegség kapcsolata 290
8.5. A társadalmi méretű elhízás és annak mérséklése vagy megelőzése optimális táplálkozással és mozgással 293

Irodalom 297

Rezumat 309

Abstract 313

A szerzőkről 317

CUPRINS

Introducere 35

1. Compoziția chimică a alimentelor. 39
1.1. Introducere 39
1.2. Apa. 39
1.2.1. Apele naturale şi apa de băut 41
1.2.2. Duritatea apei şi desalinizarea 41
1.2.3. Ape minerale şi medicinale 42
1.2.4. Legarea apei în alimente. 42
1.3. Minerale. 43
1.3.1. Macronutrienți metalici şi compuşii lor 44
1.3.2. Macronutrienți nemetalici şi compuşii acestora 45
1.3.3. Microelemente 46
1.3.3.1. Oligoelemente esențiale 46
1.3.3.2. Oligoelemente neesențiale 48
1.4. Carbohidrați. 49
1.4.1. Monozaharide 49
1.4.1.1. Monozaharide importante în alimentație 51
1.4.1.2. Derivați ai monozaharidelor. 52
1.4.2. Dizaharide, oligozaharide. 52
1.4.3. Polizaharide 53
1.4.3.1. Polimerii de glucoză 54
1.4.3.2. Alte polizaharide 55
1.4.3.3. Polizaharide mixte 55
1.5. Proteinele şi structura lor 56
1.5.1. Aminoacizii. 56
1.5.2. Peptide. 57
1.5.3. Proteine 58
1.5.3.1. Proteine naturale. 60
1.5.3.2. Clasificarea proteinelor. 61
1.5.3.3. Proteine simple 61
1.5.3.4. Proteine complexe 62
1.5.3.5. Proteine naturale importante 62
1.5.3.6. Transformarea proteinelor alimentare în timpul procesării şi stocării 64
1.6. Grăsimile 66
1.6.1. Acizi graşi 67

1.6.1.1. Acizi graşi saturați şi nesaturați 67
1.6.1.2. Caracteristicile fizice ale acizilor graşi. 68
1.6.1.3. Caracteristicile chimice ale acizilor graşi 69
1.6.2. Rolul grăsimilor 69
1.6.2.1. Proprietățile fizice importante ale acilglicerolilor. 69
1.6.2.2. Proprietățile chimice importante ale acilglicerolilor 69
1.6.3. Fosfolipide şi glicolipide 70
1.6.4. Alcooli graşi, ceruri, steroli 71
1.6.5. Alți compuşi graşi. 71
1.6.6. Alte grăsimi naturale 71
1.6.6.1 Caracteristici chimice şi fizice ale grăsimilor naturale 72
1.6.6.2. Grăsimi naturale importante 72
1.6.7. Schimbările din lipide în timpul procesării şi stocării. 74
1.7. Vitaminele 75
1.7.1. Caracterizarea generală a vitaminelor 75
1.7.1.1. Conceptul de vitamine 75
1.7.1.2. Efectele fiziologice ale vitaminelor 76
1.7.1.3. Distribuția vitaminelor 76
1.7.2. Vitamine liposolubile 76
1.7.3. Vitamine solubile în apă. 79
1.7.4. Alți factori nutriționali vitali 85
1.8. Coloranții naturali. 86
1.8.1. Coloranți carotenoizi 86
1.8.2. Chinone 87
1.8.3. Coloranți flavonoizi 87
1.8.4. Coloranți pirolici. 88
1.8.5. Alte substanțe naturale colorante. 89
1.9. Substanțe de arome şi gust 89
1.9.1. Substanțe de gust 89
1.9.2. Arome 91
1.10. Alți compuşi organici din alimente 93
1.10.1. Alcooli 93
1.10.2. Fenoli, eteri fenolici, alcooli fenolici. 95
1.10.3. Compuşi oxo 96
1.10.4. Acizi organici şi derivații lor 97
1.10.4.1. Acizi organici 97
1.10.4.2. Esteri 99
1.10.4.3. Lactone 100
1.10.5. Uleiuri esențiale 100
1.10.6. Alcaloizii 101
1.11. Enzime alimentare importante 104
1.11.1. Oxidoreductaze 104

1.11.1.1. Enzime piridinice 105
1.11.1.2. Enzime flavinice 105
1.11.1.3. Hemozimele 105
1.11.1.4. Oxigenaze 106
1.11.2. Transferaze 107
1.11.3. Hidrolaze 107
1.11.3.1. Esteraze 108
1.11.3.2. Hidrolaze 109
1.11.3.3. Glicozidaze 110
1.11.3.4. Amidaze şi aminidaze 111
1.11.3.5. Hidrolaze de anhidridă acetică 112
1.11.4. Liaze 112
1.11.5. Izomeraze 112
1.11.6. Ligaze (sintetaze) 113
1.12. Aditivi alimentari 113
1.12.1. Conservanți 113
1.12.1.1. Mecanismele de acțiune ale conservanților 114
1.12.1.2. Conservanți anorganici 114
1.12.1.3. Conservanți organici 114
1.12.1.4. Antibioticele 115
1.12.1.5. Fitoncide 116
1.12.2. Antioxidanți 116
1.12.3. Arome alimentare 117
1.12.3.1. Aditivi dulci 117
1.12.3.2. Aditivi sărați 118
1.12.3.3. Aditivi cu gust amar 118
1.12.3.4. Aditivi cu aromă acidă 118
1.12.3.5. Ingredientele active ale condimentelor 118
1.12.4. Coloranți artificiali 120
1.12.5. Ameliorator alimentari 120
1.12.5.1. Agenți de gelificare pe bază de carbohidrați 120
1.12.5.2. Agenți de gelificare pe bază de proteine 121
1.12.5.3. Ameliorator alimentari anorganici 122
1.12.5.4. Emulsificatori 122
1.12.6. Aditivi nutriționali 123
1.12.6.1. Fortificare cu vitamine 123
1.12.6.2. Completare cu proteine 124
1.12.6.3. Suplimentare cu micro- şi macroelemente 125
1.13. Substanțe toxice în alimente 126
1.13.1. Otrăvuri naturale 126
1.13.2. Toxine produse de microorganisme 129
1.13.3. Pesticide 131

1.13.4. Alte otrăvuri 134
1.14. Materiale de ambalare. 135
1.15. Produse de curățare şi dezinfectare 138
1.15.1. Agenți de curățare. 139
1.15.2. Dezinfectanți 140

2. Alimente funcționale 142
2.1. Introducere 142
2.2. Elemente de bază. 143
2.3. Producerea alimentelor funcționale prin fortificarea lor. 145
2.3.1. Îmbogățire, înlocuire, fortificare, suplimentare. 145
2.3.2. Consecințele deficiențelor de macro-, micronutrienți şi vitamine . . . 146
2.3.3. Fortificarea alimentelor cu vitamine 149
2.3.4. Fortificarea alimentelor cu polifenoli 149
2.3.5. Fortificarea alimentelor cu carotinoizi. 150
2.3.6. Fortificarea alimentelor cu uleiuri bogate în acizi graşi esențiali. . . . 150
2.3.7. Fortificarea alimentelor cu lipide biologic active 152
2.3.8. Flavonoizii, ca componente ale alimentelor funcționale 153
2.4. Componentele bioactive ale laptelui şi obținerea lor 154
2.4.1. Componente bioactive ale laptelui. 155
2.4.1.1. Proteine bioactive 155
2.4.1.2. Producția şi funcționalitatea peptidelor bioactive 157
2.4.1.3. Lipide bioactive 158
2.4.2. Factori care influențează creşterea 159
2.4.3. Alți compuşi bioactivi din lapte 159
2.4.4. Rezumatul privind componentele bioactive din lapte 160
2.5. Prebiotice, probiotice, simbiotice. 160
2.5.1. Caracteristicile principale ale pre- şi probioticelor. 160
2.5.2. Microflora sistemului digestiv uman 161
2.5.3. Tulpini ale culturilor probiotice actuale şi noile cerințe 162
2.5.4. Principiile aportului de probiotice. 162
2.5.5. Beneficiile probioticelor 163
2.5.6. Rezumatul principalelor beneficii fiziologice umane ale probioticelor 163
2.6. Rolul cărnii în nutriție şi sănătate 163
2.6.1. Proteine din țesutul muscular 164
2.6.1.1. Proteine solubile. 164
2.6.1.2. Proteine insolubile 165
2.6.2. Maturarea cărnii 165
2.6.3. Defecte de calitate a cărnii 166
2.6.4. Carnea, ca aliment funcțional. 166
2.6.5. Preparate proteice şi aditivi 167

2.6.6. Digestibilitatea cărnii 168
2.6.7. Carnea şi alergia 168
2.6.8. Efectele benefice ale consumului de carne 169
2.7. Soia ca aliment funcțional 169
2.7.1. Evoluția calității proteinelor din soia în timpul operațiilor tehnologice 169
2.7.2. Substanțe antinutritive şi toxice care afectează utilizarea proteinelor 170
2.7.3. Analize pentru clasificarea proteinelor din soia 172
2.7.4. Clasificarea complexă a proteinelor din soia 172
2.8. Alimente fortificate cu seleniu 173
2.8.1. Diferite forme de seleniu, proprietăți antioxidante ale seleniului, utilizarea seleniului 173
2.8.2. Producția de alimente îmbogățite cu seleniu 174
2.8.2.1. Deficiență de seleniu şi opțiuni pentru îmbogățirea alimentelor cu seleniu 175
2.8.2.2. Germeni nutritivi îmbogățiți cu seleniu în prevenirea cancerului 176
2.8.2.3. Adăugarea de seleniu la alte alimente 177
2.9. Ouăle, ca aliment funcțional 179
2.10. Grăsimi de origine vegetală şi animală 181
2.11. Cereale, legume şi fructe ca alimente funcționale 183
2.11.1. Cerealele ca alimente funcționale 183
2.11.2. Legumele şi fructele ca alimente funcționale 186
2.12. Germeni nutriționali ca alimente funcționale 188
2.12.1. Importanța germenilor în nutriție 188
2.12.2. Modificări biochimice în timpul germinării 188
2.13. Vinul roşu, ca aliment funcțional 189
2.13.1. Compoziția chimică a strugurilor, mustului şi vinului 189
2.13.2. Vinul roşu, ca aliment funcțional 191

3. Bazele biochimice ale obezității 194
3.1. Introducere 194
3.2. Formarea energiei şi stocarea grăsimilor în organism 194
3.3. Reacții biochimice legate de obezitate 195
3.3.1. Formarea acizilor graşi şi a grăsimilor 195
3.3.1.1. Sinteza acizilor graşi 196
3.3.1.2. Sinteza acizilor graşi cu lanț lung 199
3.3.1.3. Formarea gliceridelor 199
3.3.2. Relația dintre metabolismul glucidic şi lipidic 200
3.3.3. Biosinteza lipidelor nehidrolizante 200
3.3.4. Lipogeneza la om 201

3.3.5. Recapitularea biosintezei lipidelor 202
3.4. Relația dintre aminoacizi şi metabolismul grăsimilor. 203
3.4.1. Reacții comune ale degradării aminoacizilor 203
3.4.2. Degradarea lanțului de carbon al aminoacizilor în ciclul acidului tricarboxilic 203
3.5. Gluconeogeneza 204
3.5.1. Gluconeogeneza din piruvat. 204
3.5.2. Gluconeogeneza din alte surse 204
3.5.3. Gluconeogeneza la om 205
3.6. Poate proteina să se transforme în grăsime în corpul uman? 206

4. Baza genetică ale obezității 207
4.1. Introducere 207
4.2. Baza genetică a obezității 208
4.2.1. Obezitatea, ca o tulburare ereditară 208
4.2.2. Forme mendeliene de obezitate asimptomatică 210
4.2.3. Forme recesive de obezitate monogenică 211
4.2.4. Relația dintre deficiența parțială a genei şi obezitate 212
4.2.5. Variații structurale ale genomului 212
4.2.6. Forme poligenice de obezitate 213
4.2.7. Testarea genelor candidate 213
4.2.8. Studii la nivelul genomului 214

5. Aportul de energie, obezitatea, comportamentul alimentar 216
5.1. Introducere 216
5.2. Efecte nutriționale, aport energetic, obezitate şi comportament alimentar 217
5.3. Ce afectează apetitul? 217
5.4. Satisfacția 218
5.5. Rolul dezvoltării societății şi a accesului la alimente 218
5.6. Rolul macro- şi micronutrienților 219
5.7. Rolul proteinelor 219
5.8. Rolul glucidelor. 219
5.9. Rolul grăsimii 220
5.10. Efectul alcoolului 220
5.11. Rolul densității energetice 220
5.12. Contribuția băuturilor la aportul de energie 221
5.13. Rolul fibrelor alimentare. 222
5.14. Efectele factorilor non-nutriționali asupra aportului de energie, obezității şi comportamentului alimentar 223
5.15. Rolul gustului alimentelor 223

5.16. Rolul diversității senzoriale 224
5.17. Rolul obiceiurilor alimentare. Frecvența gustărilor şi a meselor . . . 225
5.18. Rolul mărimii porției 227
5.19. Efecte psihologice legate de aportul de energie, obezitatea şi comportamentul alimentar 228
5.20. Comportament alimentar restrâns 228
5.21. Comportament alimentar emoțional şi extern 228
5.22. Teoria emoțională 229
5.23. Stresul şi obiceiurile alimentare. 230
5.24. Efecte fiziologice asupra aportului de energie, a obezității şi a comportamentului alimentar 230
5.25. Dependența alimentară. 232
5.26. Controlul echilibrului energetic de-a lungul întregii vieți 232
5.27. Senzația de sațietate indusă de dietă şi înțelegerea mecanismului de control al masei corporale 233
5.28. Direcții în viitor. 233

6. Scăderea în greutate, menținerea greutății şi tratamentul obezității . . . 234
6.1. Introducere 234
6.2. Relația dintre obezitate, nutriție şi exercițiul fizic 234
6.3. Analiza aportului de energie şi a consumului de energie. 235
6.4. Relația dintre pierderea în greutate şi întreținerea sănătății. 235
6.5. Strategii comportamentale 236
6.5.1. Identificarea comportamentului pe care doriți să îl schimbați. . . 236
6.5.2. Stabilirea obiectivelor. 236
6.5.3. Auto-monitorizare. 236
6.5.4. Controlul stimulentelor 237
6.5.5. Rezolvarea problemelor 237
6.5.6. Transformarea cognitivă 238
6.5.7. Prevenirea recidivelor. 238
6.5.8. Schimbarea comportamentului alimentar 238
6.6. Aportul de energie 239
6.6.1. Compoziția macronutrienților 239
6.6.2. Aprovizionarea cu alimente şi planurile de masă structurate . . . 240
6.7. Activitate fizică, mişcare, sport 240
6.7.1. Mişcarea acasă sau sub supraveghere 241
6.7.2. Exerciții scurte, intense sau mai uşoare, prelungite 241
6.7.3. Utilizarea echipamentelor de exerciții la domiciliu 242
6.7.4. Reducerea activităților sedentare. 242
6.7.5. Gradul de activitate fizică. 243
6.7.6. Rolul alimentației sănătoase şi al exercițiilor fizice 244

6.8. Influența mass-media asupra pierderii în greutate 245
6.9. Păstrarea greutății câştigate 246
6.10. Direcții în viitor. 247

7. Obezitatea ca risc pentru sănătate. 249
7.1. Introducere 249
7.2. Epidemiologia obezității 249
7.2.1. Definiția şi măsurarea obezității. 250
7.2.2. Incidența supraponderalității şi obezității. 251
7.2.3. Obezitatea infantilă. 252
7.3. Etiologia. 253
7.3.1. Contribuția mediului la obezitate 253
7.3.2. Genetica. 255
7.3.3. Condiții de sănătate 256
7.4. Boli asociate cu obezitatea 257
7.4.1. Diabet zaharat 257
7.4.2. Factori de risc cardiovascular 259
7.4.3. Boli maligne 260
7.4.4. Apneea obstructivă în somn. 261
7.4.5. Osteoartrita 261
7.4.6. Alte comorbidități. 261
7.5. Probleme psihosociale 262
7.6. Mortalitate 264
7.7. Prevenirea obezității 264
7.8. Direcții în viitor. 265

8. Capitole alese 266
8.1. Bazele dietei ketogenice 266
8.2. Rolul produselor low carb în controlul greutății
şi în atingerea greutății dorite. 270
8.3. Producerea unui aliment funcțional foarte nutritiv,
pâinea low carb 275
8.3.1. Introducere 275
8.3.2. Studiul literaturii de specialitate 276
8.3.2.1. Creşterea valorii nutriționale a făinii de grâu
şi a preparatelor pe bază de făină de grâu 276
8.3.2.2. Îmbogățirea făinii cu proteine cu valoare biologică
crescută şi cu lizină 277
8.3.2.3. Efectul fiziologic al conținutului ridicat de lizină
al pâinii low carb 278
8.3.2.4. Rolul lizinei în formarea produselor de reacție Maillard 279
8.3.2.5. Necesarul uman de proteine şi aminoacizi 279

8.3.3. Scopul experimentelor 280
8.3.4. Materiale şi metode. 281
8.3.4.1. Stabilirea reţetei de materii prime şi coacerea 281
8.3.4.2. Analize chimico-analitice. 282
8.3.4.2.1. Determinarea proteinei totale şi a compoziţiei în aminoacizi 282
8.3.4.2.2. Determinarea hidroximetilfurfuralului (HMF). 282
8.3.4.2.3. Calculul valorii biologice a proteinei 283
8.3.4.3. Analiza senzorială. 283
8.3.4.4. Evaluarea statistică a datelor 283
8.3.5. Rezultatele şi evaluarea lor. 284
8.3.5.1. Conţinutul de proteine şi compoziţia de aminoacizi a ingredientelor pâinii. 284
8.3.5.2. Conţinutul total de proteine din pâine 286
8.3.5.3. Conţinutul de aminoacizi esenţiali din pâinea de control şi low carb 287
8.3.5.4. Cantitatea de hidroximetilfurfural 288
8.3.5.5. Rezultatele analizei senzoriale. 288
8.3.6. Concluzii 289
8.3.7. Rezumat. 290
8.4. Relaţia dintre obezitate şi diabetul de tip 2 290
8.5. Obezitatea la scară socială şi reducerea sau prevenirea acesteia prin nutriţie şi exerciţie fizică optime 293

Bibliografie 297

Rezumat. 309

Abstract 313

Despre autori. 317

CONTENTS

Introduction 35

1. Chemical composition of foods 39
1.1. Introduction. 39
1.2. The water. 39
1.2.1. Natural waters and drinking water 41
1.2.2. Water hardness and desalination 41
1.2.3. Mineral and medicinal waters 42
1.2.4. Binding of water in food. 42
1.3. The minerals 43
1.3.1. Metallic macronutrients and their compounds 44
1.3.2. Non-metallic macronutrients and their compounds 45
1.3.3. Microelements. 46
1.3.3.1. Essential trace elements 46
1.3.3.2. Non-essential trace elements 48
1.4. Carbohydrates 49
1.4.1. Monosaccharides (sugars). 49
1.4.1.1. Monosaccharides which are more important for the food industry 51
1.4.1.2. Monosaccharide derivatives. 52
1.4.2. Disaccharides, oligosaccharides. 52
1.4.3. Polysaccharides. 53
1.4.3.1. Glucose polymers 54
1.4.3.2. Other polysaccharides 55
1.4.3.3. Mixed polysaccharides. 55
1.5. Proteins and their structure 56
1.5.1. The amino acids 56
1.5.2. Peptides. 57
1.5.3. Proteins 58
1.5.3.1. Natural proteins 60
1.5.3.2. Grouping of proteins. 61
1.5.3.3. Simple proteins. 61
1.5.3.4. Complex proteins 62
1.5.3.5. Important natural proteins 62
1.5.3.6. Transformation of food proteins during processing and storage 64
1.6. The fats 66

1.6.1. Fatty acids 67
1.6.1.1. Saturated and unsaturated fatty acids 67
1.6.1.2. Physical characteristics of fatty acids 68
1.6.1.3. Chemical characteristics of fatty acids. 69
1.6.2. The role of fats 69
1.6.2.1. Important physical characteristics of acyl glycerols 69
1.6.2.2. Important chemical characteristics of acyl glycerols 69
1.6.3. Phospholipids and glycolipids. 70
1.6.4. Fatty alcohols, waxes, sterols 71
1.6.5. Other fat-like compounds. 71
1.6.6. Other natural fats 71
1.6.6.1. Physical and chemical characteristics of natural fats 72
1.6.6.2. Important natural fats 72
1.6.7. Changes in lipids during storage and processing 74
1.7. The vitamins 75
1.7.1. General characterization of vitamins 75
1.7.1.1. Concept of vitamins 75
1.7.1.2. Physiological effects of vitamins 76
1.7.1.3. Distribution of vitamins 76
1.7.2. Fat-soluble vitamins 76
1.7.3. Water-soluble vitamins 79
1.7.4. Other vital nutritional factors. 85
1.8. Natural dyes 86
1.8.1. Carotenoid dyes 86
1.8.2. Quinones 87
1.8.3. Flavonoid dyes 87
1.8.4. Pyrrole dyes. 88
1.8.5. Other natural dyes 89
1.9. Flavours and flavourings 89
1.9.1. Flavours. 89
1.9.2. Flavourings 91
1.10. Other organic compounds in food 93
1.10.1. Alcohols 93
1.10.2. Phenols, phenol ethers, phenol alcohols 95
1.10.3. Oxo compounds 96
1.10.4. Organic acids and their derivatives 97
1.10.4.1. Organic acids 97
1.10.4.2. Esters 99
1.10.4.3. Lactones 100
1.10.5. Essential oils 100
1.10.6. Alkaloids 101
1.11. The most important enzymes for food production 104

1.11.1. Oxidoreductases 104
1.11.1.1. Piridine enzymes 105
1.11.1.2. Flavine enzymes 105
1.11.1.3. Hemin enzymes 105
1.11.1.4. Oxygenases 106
1.11.2. Transferases 107
1.11.3. Hydrolases 107
1.11.3.1. Esterases 108
1.11.3.2. Glycosidases 109
1.11.3.3. Proteases 110
1.11.3.4. Amidases and aminidases 111
1.11.3.5. Acid anhydride hydrolases 112
1.11.4. Lyases 112
1.11.5. Isomerases 112
1.11.6. Ligases (synthetases) 113
1.12. Additives in food 113
1.12.1. Preservatives 113
1.12.1.1. Mechanism of action of preservatives 114
1.12.1.2. Inorganic preservatives 114
1.12.1.3. Organic preservatives 114
1.12.1.4. Antibiotics 115
1.12.1.5. Phytoncides 116
1.12.2. Antioxidants 116
1.12.3. Flavourings 117
1.12.3.1. Sweet flavored additives 117
1.12.3.2. Salty flavoring additives 118
1.12.3.3. Additives with a bitter taste 118
1.12.3.4. Acid-flavored additives 118
1.12.3.5. Active ingredients of spices 118
1.12.4. Artificial dyes 120
1.12.5. Stocking additives 120
1.12.5.1. Carbohydrate-based gel formers 120
1.12.5.2. Protein-based gel formers 121
1.12.5.3. Inorganic stocking additives 122
1.12.5.4. Emulsifiers 122
1.12.6. Nutritional additives 123
1.12.6.1. Vitamin enrichment 123
1.12.6.2. Protein complementation 124
1.12.6.3. Microelement, macroelement supplementation 125
1.13. Toxic substances in food 126
1.13.1. Natural poisons 126
1.13.2. Toxins produced by microorganisms 129

1.13.3. Pesticides 131
1.13.4. Other poisons 134
1.14. Packaging materials 135
1.15. Cleaning and disinfecting preparations 138
1.15.1. Cleaning agents 139
1.15.2. Disinfectants 140

2. Functional foods 142
2.1. Introduction 142
2.2. Basic concepts 143
2.3. Production of functional foods with food supplementation 145
2.3.1. Enrichment, replacement, supplementation 145
2.3.2. Consequences of macro-, micronutrient and vitamin deficiencies 146
2.3.3. Supplementation of foods with vitamins 149
2.3.4. Addition of polyphenols to foods 149
2.3.5. Supplementation of foods with carotenoids 150
2.3.6. Supplementation of foods with oils containing essential fatty acids 150
2.3.7. Supplementation of foods with biologically active lipids 152
2.3.8. Flavonoids as functional food components 153
2.4. Bioactive components of milk and their production 154
2.4.1. Bioactive components in milk 155
2.4.1.1. Bioactive proteins 155
2.4.1.2. Production and functionality of bioactive peptides 157
2.4.1.3. Bioactive lipids 158
2.4.2. Factors influencing growth 159
2.4.3. Other bioactive compounds in milk 159
2.4.4. Summary of bioactive components of milk 160
2.5. Prebiotics, probiotics, synbiotics 160
2.5.1. Essential characteristics of pro- and prebiotics 160
2.5.2. Microflora of the human digestive system 161
2.5.3. Today's probiotic culture strains and their requirements 162
2.5.4. Principles of probiotic intake 162
2.5.5. Benefits of probiotics 163
2.5.6. Summary of major human physiological benefits of probiotics 163
2.6. The role of meat in nutrition and health 163
2.6.1. Muscle tissue proteins 164
2.6.1.1. Soluble proteins 164
2.6.1.2. Insoluble proteins 165
2.6.2. Maturation of meat 165
2.6.3. Quality defects in meat 166

2.6.4. Meat as a functional food 166
2.6.5. Protein preparations and additives 167
2.6.6. Digestibility of meat 168
2.6.7. Meat and allergies 168
2.6.8. The enjoyment effect of meat consumption 169
2.7. Soy as a functional food 169
2.7.1. Evolution of soy protein quality during technological operations 169
2.7.2. Anti-nutritive and toxic substances that affect protein utilization 170
2.7.3. Tests for the classification of soy protein 172
2.7.4. Complex classification of soy protein 172
2.8. Selenium-enriched foods 173
2.8.1. Different forms of selenium, antioxidant properties of selenium, utilization of selenium 173
2.8.2. Production of selenium-enriched foods 174
2.8.2.1. Selenium deficiency and options for enriching foods with selenium 175
2.8.2.2. Selenium-enriched nutritional sprouts in cancer prevention . . . 176
2.8.2.3. Addition of selenium to other foods 177
2.9. Egg as functional food 179
2.10. Fats of vegetable and animal origin 181
2.11. Cereals, vegetables, and fruits as functional foods 183
2.11.1. Cereals as functional foods 183
2.11.2. Vegetables and fruits as functional foods 186
2.12. Nutritional sprouts as functional foods 188
2.12.1. The importance of sprouts in nutrition 188
2.12.2. Biochemical changes during germination 188
2.13. Red wine as a functional food 189
2.13.1. Chemical composition of grapes, must, and wine 189
2.13.2. Red wine as a functional food 191

3. Biochemical foundations of obesity 194
3.1. Introduction 194
3.2. Energy formation and fat storage in the body 194
3.3. Biochemical reactions related to obesity 195
3.3.1. Formation of fatty acids and fats 195
3.3.1.1. Synthesis of fatty acids 196
3.3.1.2. Synthesis of long-chain fatty acids 199
3.3.1.3. Formation of glycerides (fats) 199
3.3.2. The relationship between carbohydrate and lipid metabolism 200
3.3.3. Biosynthesis of non-hydrolysing lipids 200

3.3.4. Lipogenesis in humans 201
3.3.5. Summary of fat biosynthesis 202
3.4. Relationship between amino acids and fat metabolism 203
3.4.1. Common reactions to amino acid degradation 203
3.4.2. Degradation of the carbon chain of amino acids in the tricarboxylic acid cycle 203
3.5. Gluconeogenesis 204
3.5.1. Gluconeogenesis from pyruvate 204
3.5.2. Gluconeogenesis from other sources 204
3.5.3. Gluconeogenesis in humans 205
3.6. Can protein make fat in the human body? 206

4. Genetic basis of obesity 207
4.1. Introduction 207
4.2. The genetic basis of obesity 208
4.2.1. Obesity as a hereditary disorder 208
4.2.2. Mendelian forms of asymptomatic obesity 210
4.2.3. Recessive forms of monogenic obesity 211
4.2.4. Relationship between partial gene deficiency and obesity 212
4.2.5. Structural variations of the genome 212
4.2.6. Polygenic forms of obesity 213
4.2.7. Candidate gene tests 213
4.2.8. Genome-wide studies 214

5. Energy intake, obesity, eating behaviour 216
5.1. Introduction 216
5.2. Nutritional effects, energy intake, obesity, and eating behaviour 217
5.3. What influences appetite? 217
5.4. Satiety 218
5.5. The role of the level of development of society, access to food 218
5.6. The role of macro- and micronutrients 219
5.7. The role of protein 219
5.8. The role of carbohydrates 219
5.9. The role of fat 220
5.10. The effect of alcohol 220
5.11. The role of energy density 220
5.12. The contribution of beverages to energy intake 221
5.13. The role of dietary fibre 222
5.14. Effects of non-nutritional factors on energy intake, obesity, and eating behaviour 223
5.15. The role of food savouriness 223
5.16. The role of sensory diversity 224

5.17. The role of eating habits. Frequency of snacking and eating 225
5.18. The role of the dose size 227
5.19. Psychological effects related to energy intake, obesity, and eating behaviour. 228
5.20. Restrained eating behaviour 228
5.21. Emotional and external eating behaviour 228
5.22. Emotional theory. 229
5.23. Stress and eating habits 230
5.24. Physiological effects on energy intake, obesity, and eating behaviour. 230
5.25. Food addiction 232
5.26. Controlling energy balance through a lifetime 232
5.27. Diet-induced satiety is an understanding of the mechanism of weight control 233
5.28. Future directions. 233

6. Lifestyle strategies to address weight loss, weight retention, and obesity 234
6.1. Introduction. 234
6.2. The relationship between obesity, nutrition and exercise 234
6.3. Analysis of energy intake and energy expenditure 235
6.4. The relationship between weight loss and health maintenance. 235
6.5. Behavioural strategies 236
6.5.1. Identifying the behaviour you want to change 236
6.5.2. Setting goals 236
6.5.3. Self-monitoring 236
6.5.4. Incentive control 237
6.5.5. Problem solving 237
6.5.6. Cognitive transformation 238
6.5.7. Relapse prevention 238
6.5.8. Changing eating behaviour 238
6.6. Energy intake. 239
6.6.1. Macronutrient composition 239
6.6.2. Food supply and structured meal plans 240
6.7. Physical activity, movement, sports 240
6.7.1. Movement at home or under supervision 241
6.7.2. Short, intense, or prolonged less strenuous exercises. 241
6.7.3. Use of home exercise equipment 242
6.7.4. Reduction of sitting activities. 242
6.7.5. The degree of physical activity 243
6.7.6. The role of healthy eating and exercise 244
6.8. The effect of media on weight loss. 245

6.9. Retaining the weight achieved 246
6.10. Future directions 247

7. Obesity as a health risk 249
7.1. Introduction 249
7.2. Epidemiology of obesity 249
7.2.1. Definition and measurement of obesity 250
7.2.2. Incidence of overweight and obesity 251
7.2.3. Childhood obesity 252
7.3. Etiology 253
7.3.1. The contribution of the environment to obesity 253
7.3.2. Genetics 255
7.3.3. Health conditions 256
7.4. Diseases associated with obesity 257
7.4.1. Diabetes 257
7.4.2. Cardiovascular risk factors 259
7.4.3. Malignant diseases 260
7.4.4. Obstructive sleep apnea 261
7.4.5. Osteoarthritis 261
7.4.6. Other comorbidities 261
7.5. Psychosocial issues 262
7.6. Mortality 264
7.7. Prevention of obesity 264
7.8. Future directions 265

8. Selected chapters 266
8.1. The basics of the ketogenic diet 266
8.2. The role of low-carb products in body control and achieving the desired weight 270
8.3. Production of a highly nutritious functional food, low-carb bread 275
8.3.1. Introduction 275
8.3.2. Literature review 276
8.3.2.1. Increasing the nutritional value of wheat flour and wheat-flour-based preparations 276
8.3.2.2. Enrichment of flour with high-biological-value protein and lysine 277
8.3.2.3. Physiological effects of the high lysine content of low-carb bread 278
8.3.2.4. The role of lysine in the formation of Maillard reaction products 279
8.3.2.5. Human need for protein and amino acids 279
8.3.3. The purpose of the experiments 280

8.3.4. Material and method 281
8.3.4.1. Composition of bread ingredients and baking 281
8.3.4.2. Chemical-analytical tests 282
8.3.4.2.1. Determination of total protein and amino acid composition 282
8.3.4.2.2. Determination of hydroxymethylfurfural (HMF) 282
8.3.4.2.3. Calculation of the biological value of the protein 283
8.3.4.3. Sensory examination 283
8.3.4.4. Statistical evaluation of the data 283
8.3.5. Results and evaluation 284
8.3.5.1. The protein content and amino acid composition of bread ingredients 284
8.3.5.2. The total protein content of bread 286
8.3.5.3. Essential amino acid content of control and low-carb bread 287
8.3.5.4. Amount of hydroxymethylfurfural 288
8.3.5.5. Results of the sensory examination 288
8.3.6. Conclusions 289
8.3.7. Summary 290
8.4. The relationship between obesity and type 2 diabetes 290
8.5. Social-scale obesity and its reduction or prevention through optimal nutrition and exercise 293

Bibliography 297

Rezumat 309

Abstract 313

About the authors 317

BEVEZETÉS

Korunkban világunk fejlettebb részén az élelmiszerek gyakorlatilag korlátlanul állnak az emberek rendelkezésére, aminek következtében az elhízás világméretű problémává, az emberiséget egyre jobban fenyegető járvánnyá vált. Az elhízást nemcsak az ember genetikája, hanem az étkezési szokások, az étrend összetétele, az energiabevitel is jelentősen befolyásolják, ami lehetőséget ad olyan stratégiák kidolgozására, amelyek segítségével a testtömeg szabályozható, az elhízott emberek pedig jelentős tömegcsökkenést érhetnek el.

Világméretű problémáról beszélhetünk, mivel Földünkön jelenleg 1,5 milliárd túlsúlyos vagy elhízott ember él, és számuk folyamatosan növekszik. Európa különböző országaiban a felnőtt férfiak 15-18%-a, a nőknek pedig 18-20%-a elhízott, egyes országokban ezentúl a férfiak további 40%-a, a nőknek pedig 30%-a túlsúlyos kategóriába tartozik. A túlsúlyosak és az elhízottak aránya Észak-Európában 10-20% között, Dél-Európában pedig 20-40% között mozog.

A fejlett ipari országokban a szívkoszorúér-betegség és a rák a vezető elhalálozási ok, amelyek szoros kapcsolatban állnak az életmóddal és az elhízással. Ezeknek a betegségeknek az arányát csak akkor lehet csökkenteni, ha az emberek változtatnak étkezési és testmozgási szokásaikon, mellyel párhuzamosan abbahagyják a dohányzást, ugyanis a táplálkozás megváltoztatásával és a rendszeres mozgás napirendbe iktatásával lehet a legnagyobb sikereket elérni mind a betegségek megelőzése, mind a már kialakult betegségek kezelése során.

Ezek a tények inspiráltak bennünket e könyv megírására, melynek során a Nemzetközi Mértékegységrendszer (SI) alkalmazására törekedtünk. Igaz, a szerkesztésben olyan problémákkal is szembesültünk, hogy nem tudtuk mindig az SI-mértékegység szerinti kifejezéseket alkalmazni (pl. súly helyett tömeget szerettünk volna írni, de a tömeg nem volt alkalmazható a szövegkörnyezetben). A kalória helyett próbáltuk mindenhol a joule-t írni, illetve ha valamelyik forrásanyag kalóriabevitelről írt, azt mi energiával helyettesítettük. Hasonlóan jártunk el a vitaminok esetében is, amikor a Nemzetközi Egységet (NE) mindenhol átszámoltuk mg/kg-ra vagy μg/kg-ra, a makro- és mikroelemek esetében is, ahol a ppb-t és a ppm-et írtuk át ugyanilyen mértékegységekre. Ez a próbálkozásunk a súly és a tömeg esetében okozott jelentősebb problémát, a megoldás a többi esetben viszonylag egyszerű volt.

A különböző fejezeteknél esetenként ismétlésekre kényszerültünk a probléma jobb megértése miatt. Szinte minden fejezetben előbukkan az energiamérleg szerepe, a szervezetbe bevitt energia és az elhízás kapcsolata, valamint a testmozgás szerepe az egészséges életmód kialakításában.

Elhízni csak attól lehet, amit megeszünk vagy megiszunk. Ezalól egyetlen kivétel a víz, amely mint a terminális oxidáció végső terméke, az élő szervezetre

nézve nem rendelkezik energiatartalommal. Élelmiszereink makrotápanyagai jelentős energiatartalommal rendelkeznek, de hogy ezt az energiát a szervezet hogyan tudja hasznosítani és mire tudja felhasználni, az sok mindentől függ. Hogy megértsük az elhízás mechanizmusát, a könyv elején a táplálékok kémiai összetételét ismertetjük. A szénhidrátokon, a fehérjéken és a zsírokon kívül tárgyaljuk az ásványi anyagok, a vitaminok, a természetes színezékek, az íz- és aromaanyagok és a különféle élelmiszer-alkotó szerves vegyületek szerepét a táplálkozásban. Röviden foglalkozunk az élelmiszer-előállítás szempontjából legfontosabb enzimekkel, az élelmiszerekben található adalékanyagokkal, a mikroorganizmusok és egyéb anyagok által termelt mérgekkel, és csak érintjük a csomagolóanyagok és a tisztító- és fertőtlenítőszerek élelmiszerek minőségére gyakorolt hatását.

Egy rövid fejezetben foglalkozunk a funkcionális élelmiszerek táplálkozásban betöltött szerepével, azok előállításával, a tej bioaktív komponenseivel, a pro- és prebiotikumokkal. Tárgyaljuk, hogy miért funkcionális élelmiszer az állati eredetű élelmiszereink közül a hús és a tojás, a növényiek közül pedig a szója, a gabonák bizonyos fajtái, a zöldségek és a gyümölcsök, valamint a táplálkozási csírák. Ebben a fejezetben esik szó a szelénnel dúsított élelmiszerekről és a vörösbor emberi szervezetre kifejtett jótékony hatásairól is.

Az élelmiszer-tudományi alapok ismertetése után az elhízás biokémiai alapjaival, ezen belül az energiaképződés és a zsírraktározás, valamint az elhízással kapcsolatos biokémiai reakciókkal ismerkedhet meg az olvasó. Részletesen tárgyalásra kerül minden olyan folyamat, amelynek során a szervezet a felvett tápanyagokból zsírt képes előállítani. A biokémiai alapok után az elhízás molekuláris alapjainak bemutatására kerül sor, amelyen belül az elhízás örökletes rendellenességeit, az elhízás mendeli, recesszív és génhiányos formáit tárgyaljuk. Írunk a genom szerkezeti variációiról, az elhízás poligén formáiról, a génvizsgálatokról és a genom egészére kiterjedő tanulmányokról.

A következő fejezet az energiabevitel, az étkezési viselkedés és az elhízás kapcsolatait tárgyalja. Itt ismertetjük az étvágyat befolyásoló tényezőket, a jóllakottságot, az élelmiszerekhez való hozzáférés, az élelmiszerek összetételének és a tápanyagsűrűségének a szerepét, az ízletesség, a változatosság, az étkezési szokások, az evés gyakorisága és az adag méretének hatását az elhízásra. Ezeken túl olyan befolyásoló tényezők is tárgyalásra kerülnek, mint a visszafogott étkezési viselkedés, az érzelmek és a stressz hatása az étkezésre, az ételfüggőség, az egész életen át tartó energia-egyensúly ellenőrzése és a súlykontroll mechanizmusa.

Ezt követően a tömegcsökkentési stratégiák, a tömegmegtartásra és az elhízás megakadályozására kidolgozott módszereket ismertetjük. Tárgyaljuk a táplálkozás és a testmozgás közötti kapcsolatot, elemezzük az energiafelvételt és -fogyasztást, valamint a fogyás és az egészségmegőrzés kapcsolatát. Ismertetjük a fogyással kapcsolatos célok kitűzését, az ösztönző kontrollt, a problémamegoldást és a visszaesés megelőzésére kidolgozott módszereket. Tárgyaljuk az

otthoni vagy felügyelettel végzett mozgás, a rövid intenzív vagy a hosszantartó kevésbé megerőltető gyakorlatok, az edzőberendezések használatának, valamint a média hatását a fogyásra.

A következőkben az elhízás egészségi kockázatát elemezzük. Ezen belül tárgyaljuk a gyermekkori elhízást, a környezet hozzájárulását az elhízáshoz, az elhízással együtt járó betegségeket, az elhízás pszichoszomális vonatkozásait, a halálozás és az elhízás közti kapcsolatokat, valamint az elhízás megelőzésének lehetőségeit. Könyvünk végén, a Válogatott fejezetekben az alacsony szénhidráttartalmú, a csökkent energiatartalmú és többek között a ketogén diéták biokémiai alapjait és a gyakorlatban történő megvalósításukat ismertetjük. Kiemelten tárgyaljuk itt a magas tápértékű funkcionális élelmiszer, az alacsony szénhidráttartalmú kenyér előállítása során végzett kísérleteinket, hogy bemutassuk a tisztelt Olvasónak az eredményeink mögött álló tudományos hátteret is.

Reményeink szerint könyvünkkel fel tudjuk hívni a figyelmet arra, hogy az elhízás népbetegség, és hogy sokkal többet kellene áldozni az elhízást megelőző felvilágosító munkára, az elhízás kezelésére és a beteg emberek gyógyítására. Ezek az „áldozatok” nemcsak az egyén érdekeit szolgálják, de a nemzetgazdaságnak is jelentős hasznot hoznának, hisz a beteg emberek gyógyítására kevesebbet kellene költeni, és hosszabb ideig tudnák hasznos munkájukat a mindennapi életben kifejteni.

Kaposvár–Csíkszereda 2021 *A szerzők*

1. A TÁPLÁLÉKOK KÉMIAI ÖSSZETÉTELE

1.1. Bevezetés

Jelen fejezet első fele az ásványi anyagokkal és a vízzel foglalkozik, amelyet a szénhidrátok, a fehérjék és építőköveik, a lipidek, valamint a vitaminok fejezet tárgyalása követ. Ezen fejezetekben az élő szervezetet felépítő biogén elemekkel, az aminosavakkal, a peptidekkel, a fehérjékkel, a szénhidrátokkal, ezen belül a mono- és poliszacharidokkal, a lipidekkel, ezen belül a zsírokkal és olajokkal, valamint a zsír- és vízoldható vitaminokkal ismerkedhet meg az olvasó. A következő fejezetekben a természetes színezékek, az íz- és aromaanyagok, valamint az élelmiszerek egyéb szerves anyagai kerülnek tárgyalásra.

A fejezet további részének fontosabb témái az élelmiszer-tudományban nagyobb jelentőségű enzimek ismertetése, majd ezeket az élelmiszer-technológiai adalékok fejezetben a tartósítószerek, az antioxidánsok, az ízesítőanyagok, a mesterséges színezékek, az állományjavító és tápértéket növelő adalékok tárgyalása követi. A mérgező anyagok fejezetből a természetes és a mikroorganizmusok által termelt mérgeket, valamint a peszticideket ismerheti meg az olvasó, míg a fejezet végén a csomagolóanyagok, valamint a tisztító- és fertőtlenítőszerek rövid tárgyalására kerül sor.

1.2. A víz

A víz a földi élet egyik legalapvetőbb feltétele, mert oldószerként reakcióközeg és szállítóanyag szerepet tölt be a sejtekben és a szövetekben, reakciópartnerként részt vesz számos biokémiai folyamatban, hozzájárul számos bioaktív makromolekula konformációjának kialakulásához, nagy fajhője és párolgáshője révén fontos szerepet játszik a szervezet hőháztartásában, és jelentős mértékben hozzájárul az élő szervezetek számára elengedhetetlen környezeti feltételek biztosításához.

Az emberi szervezet egyik legfontosabb alkotórésze a víz, amely a testnek életkortól függően 60-70%-át képezi, sőt egyes szervek (vese, agyvelő, szem) ennél több vizet is tartalmaznak. Az ember napi átlagos vízszükséglete 2,5-3,0 liter, amihez főként ivóvízzel és különböző folyadékokkal, részben élelmiszerekkel, kismértékben pedig a tápanyagok biológiai oxidációjával jut hozzá. A vízszükséglet kielégítetlensége a szervezet gyors legyengüléséhez és pusztulásához vezet, mert az ember az éhezést több mint 60 napig képes elviselni, a szervezet 15%-os vízvesztesége viszont már néhány napon belül halált okoz.

A víz az élelmiszereknek is fontos alkotórésze. Az egyes élelmiszerek víztartalma rendkívül különböző; a zöldségek és gyümölcsök 70-90%-a víz, a növényi olajok, az állati zsírok és a cukor viszont csak nyomokban tartalmaznak nedvességet.

A vízmolekulák dipólusos jellege következtében a molekulák ellentétes töltésű részükkel egymás felé fordulnak, és így közöttük vonzóerők lépnek fel. A vízmolekulák között hidrogénhídkötések is vannak, amelyek úgy alakulnak ki, hogy a vízmolekulában lévő hidrogén nemcsak a vele közvetlenül kapcsolatos oxigénatom elektronfelhőjét húzza maga felé, hanem kisebb mértékben a szomszédos vízmolekula elektronjait is, amelynek során öt vízmolekulából álló, tetraéderes elrendeződésű molekulahalmaz jön létre. A vízmolekulák között kialakuló hidrogénkötések miatt a víz folyékony állapotban is részleges rendezettséget mutat.

A víz a hidrogénkötések által összetartott molekulaasszociátumokból és szabad vízmolekulákból áll, amelyek között adott hőmérsékleten dinamikus egyensúly van, azaz az asszociátumokban lévő és a szabad vízmolekulák folyamatosan cserélődnek, miközben az asszociátumok és a szabad vízmolekulák száma nem változik. A folyékony víz tehát olyan szuszpenziónak tekinthető, amelyben tetraéderes vízmolekula-halmazok helyezkednek el a rendezetlen, magányos vízmolekulák között. A rendezett és rendezetlen molekulák aránya függ a hőmérséklettől, ugyanis melegítés hatására csökken a halmazokban lévő vízmolekulák száma.

A víz fagyását követően jég keletkezik, melynek sűrűsége kisebb, mint a 0 °C-os víz sűrűsége, a víz fagyása ezért térfogat-növekedéssel jár. Ezzel magyarázható, hogy a vizet tartalmazó üvegedények fagyáskor szétrepednek. A víz sűrűsége 3,98 °C-on éri el a maximumát, majd a további hőmérséklet-emeléssel a sűrűség csökken. A fenti anomáliának köszönhetően télen a tavak és a folyók összes vízállománya nem fagy meg, hisz télen a vizek először egész tömegükben 3,98 °C-ra hűlnek le. További lehűlés esetén az alacsonyabb hőmérsékletű, de kisebb sűrűségű vízréteg a felszínen marad, és így a fagyás a felső vízrétegben indul meg. A felszínen képződő jégréteg jó hőszigetelő, védi az alatta lévő vízréteget a további lehűléstől, megakadályozva ezzel a fenékig való befagyást.

A vízmolekulák közötti kölcsönhatás erős, amelyeket csak viszonylag nagy energiabefektetéssel lehet legyőzni. Ennek következtében a víz olvadáspontja 0,0 °C és forráspontja 0,1 MPa nyomáson 100,0 °C. Olvadáshője és párolgáshője sokkal nagyobb, mint a hasonló szerkezetű vegyületeké. A víz nagy hőkapacitása miatt jelentős mennyiségű hőt képes elnyelni vagy leadni anélkül, hogy hőmérséklete lényegesen megváltozna. Ennek következtében szabályozza a környezet hőmérsékletét, mérsékelve ezzel a szélsőséges hőmérséklet-változásokat.

Az ember bizonyos hőmérséklethatárokon belül hasonlóképpen szabályozza testhőmérsékletét a testfolyadékok segítségével. A víz elpárologtatásával a szervezet a felesleges hőt leadja, hisz a víz nagy párolgáshője miatt az izzadás nagy

hőveszteséggel jár. A víz és a jég felszínén a molekulák egy része folyamatosan kiszakad a cseppfolyós, illetve szilárd fázisból, és légnemű halmazállapotba megy át, amely jelenséget az élelmiszerek szárításánál használunk ki.

1.2.1. A természetes vizek és az ivóvíz

A Földön található összes vízmennyiségnek mintegy 2,7%-a az emberi fogyasztásra alkalmas ivóvíz, melynek nagy része sarkvidéki gleccserekben, jéghegyekben, mélyen a föld alatt vagy a lakott területektől messze eső tavakban, folyókban tárolódik. Ezek figyelembevételével az ember által elérhető ivóvíz mennyiségét a Föld összes vízmennyiségének 0,003%-ára becsülik. Minden természetes víz tartalmaz ionokat; a tengervízben a legnagyobb koncentrációban a kloridionok, a nátriumionok és a magnéziumionok fordulnak elő. Az ivóvizek elsősorban az ásványokból kioldott ionokat tartalmazzák, de sokkal kisebb koncentrációban, mint a tengervíz.

A természetes vizek mindig tartalmaznak oldva különböző gázokat, amelyek közül legnagyobb jelentősége a szén-dioxidnak és az oxigénnek van. A szén-dioxid a vizet enyhén savassá teszi, a vízben oldott oxigén pedig a vízi élővilág szempontjából rendkívül fontos, de ez teszi pl. képessé a vizet bizonyos öntisztulásra, amelynek során az oldott gázokat vagy illó szennyeződéseket az oxigén űzi ki. A szilárd szennyező anyagok az öntisztulás során ülepedéssel távoznak, vagy a vízben lévő mikroorganizmusok bontják le azokat.

1.2.2. A víz keménysége és sómentesítése

Technológiai, élelmiszeripari és egyéb szempontok miatt számos esetben kedvezőtlen, ha a víz „kemény”, azaz túl sok kalcium- és/vagy magnéziumiont tartalmaz. A kemény vizek legismertebb kedvezőtlen tulajdonsága az, hogy bennük a szappanok mosó hatása lecsökken, mivel a hosszú szénláncú karbonsavak nátrium- és káliumsói (szappanok) vízben rosszul oldódó alkáliföldfém-sókká alakulnak. A víz keménységét az összes keménységgel lehet jellemezni, melyen belül megkülönböztetünk ún. változó és állandó keménységet. A változó keménység elnevezés arra utal, hogy a kalcium- és magnéziumionok egy része a víz melegítése során, karbonátok képződése közben kazánkő vagy vízkő formában kicsapódnak. A víz felforralása esetén is oldatban maradó ionok okozzák a víz állandó keménységét. A természetes vizeket német keménységi fokban kifejezett összes keménységük alapján a következők szerint lehet osztályozni: nagyon lágy: 0–4 fok, lágy: 4–8 fok, közepesen kemény: 8–18 fok, kemény: 18–30 fok, nagyon kemény: 30 fok felett.

A jó ivóvíz közepes keménységű, optimálisan 8–15 fokú, azonban még az 5–25 határértékek is elviselhetők. Az ennél lágyabb víz íztelen, nem oltja a szomjat, az ennél keményebb pedig hashajtó hatású. A kemény vízben a hüvelyesek nehezen

főzhetők, mert a főzés közben keletkező karbonátcsapadék a szemek pórusait eltömíti és megnehezíti a víz behatolását, ezenkívül a kalcium- és magnéziumsók a hüvelyesek fehérjéivel oldhatatlan származékot alkotnak. Ilyen vízben a hús is nehezebben puhul, a kávé és a tea íze romlik, a kakaóból pedig pelyhes csapadék válik ki.

A vízlágyítás a keménységet okozó kationok vízből való eltávolítását jelenti. Korábban ezt általában kicsapásos módszerekkel végezték. Ezek közé tartozott az ún. meszes-szódás (mész, pontosabban oltott mész és szóda segítségével) és a trinátrium-foszfátos (trisó) eljárás. Manapság a vízlágyítást általában ioncserélő technikával végzik, melynek lényege, hogy a vizet kationcserélő oszlopon (kationcserélő műgyanta vagy zeolit) engedik át, miközben a vízben lévő alkáliföldfém-ionok nátriumionokra cserélődnek.

A kémiailag tiszta víz előállításának klasszikus, ámde ma is sok esetben használatos módja a desztillálás. Ha a desztillált vizet analitikai laboratórium számára állítjuk elő, csak egészen jó minőségű üvegből vagy kvarcból gyártott berendezést szabad használni. Az ionmentes víz minőségét legegyszerűbben úgy ellenőrizhetjük, hogy megfelelő elektromos műszerrel (konduktométerrel) mérjük a fajlagos vezetőképességét. Minél kisebb a fajlagos vezetőképesség, annál kisebb a víz iontartalma.

1.2.3. Ásványvizek és gyógyvizek

A természetes vizek speciális fajtái az ásványvizek és a gyógyvizek. A meleg források 20 °C-nál melegebb, de egyébként szokásos összetételű vizet adnak, az egyszerű savanyú vizek pedig nagy szénsavtartalmúak. Az alkalikus és meszes szénsavas forrásvizek főleg nátrium-, kálium-, kalcium- és magnézium-hidrogénkarbonátot, valamint szabad szénsavat tartalmaznak. A konyhasós forrásvizek fő összetevője a nátrium-klorid; ha mennyisége 1,5%-nál kisebb, akkor ivásra és fürdésre is használható. A glaubersós forrásvizek nátrium-szulfát-, a keserűvizek nátrium-szulfát- és magnézium-szulfát-tartalmukról nevezetesek. A kénes vizek kén-hidrogént és karbonil-szulfidot tartalmaznak.

A mesterséges ásványvizek különböző sók és szén-dioxid ivóvízben való feloldása útján készülnek. Legismertebb ezek közül a szódavíz, amely ivóvizek szén-dioxiddal való telítésével készül. Gyakran a természetes ásványvizeket is telítik szénsavval. A tengervíz 3,5% körüli sótartalma miatt sem ivóvízként, sem élelmiszeripari célokra nem használható. Sótalanítása rendkívül eszköz- és energiaigényes folyamat.

1.2.4. A víz kötése az élelmiszerekben

Az élelmiszerekben lévő víz különböző módon kapcsolódhat a szárazanyaghoz; a kötés módja alapján megkülönböztetünk kémiailag, fizikai-kémiailag és mechanikailag kötött vizet. Az élelmiszer-előállítás során általában elegendő, ha

a víztartalom szabad és kötött mennyiségét ismerik. Szabad víznek a víztartalom azon részét tekintjük, amely oldóképességében és mozgékonyságában nincs korlátozva. A kötött víz viszont mozgásában korlátozott, és nem képes annyi oldandó anyagot befogadni, mint a tiszta víz.

Az élelmiszeripari nyersanyagok és a különböző élelmiszerek víztartalma a tároláskor, illetve feldolgozáskor rendszerint megváltozik. Víztartalom-változást előidézhet mechanikai hatás (préselés, centrifugálás), víz párologhat el az élelmiszerből, ha az élelmiszert olyan levegőben tároljuk, amelynek relatív páratartalma nincs egyensúlyban az anyag víztartalmával. Víz távozik melegítés hatására és fagyasztáskor, a jégkiválás során is. A víztartalom kíméletes eltávolításának ma még kissé drága módja a liofilezés vagy fagyasztva szárítás, melynek során a szárítandó élelmiszert -35– -170 °C-ra lehűtik, majd a víztartalmat nagy vákuumban elpárologtatják, szublimálják.

Az élelmiszeripari nyersanyagok tárolása, feldolgozása és a kész élelmiszerek forgalomba hozatala során ismernünk kell az anyag higroszkopikus tulajdonságait, mert a raktározás során az élelmiszerek nem kívánt mértékű beszáradása vagy nedvességfelvétele következhet be. A vízaktivitás az eltarthatóság szempontjából is nagyon jelentős, mert bizonyos vízaktivitás alatt a mikroorganizmusok nem tudnak az élelmiszerekben elszaporodni. A baktériumok 90%, az élesztők 80%, a penészek pedig 75% relatív légnedvesség-tartalmat igényelnek életműködésükhöz. Azt a nedvességtartalmat, amely fölött mikrobiológiai romlás következik be, kritikus nedvességtartalomnak, illetve kritikus vízaktivitásnak nevezzük.

Ha egy élelmiszer száraz légtérbe kerül, víztartalmának egy részét párolgás során elveszíti. Ekkor felületén szárazabb réteg alakul ki, amelynek nedvességtartalma különbözik a belső rétegekétől. Ha az élelmiszereken belül ilyen nedvességkoncentráció-beli különbség alakul ki, akkor a nagyobb víztartalmú helyről vízvándorlás indul meg a szárazabb hely felé. Ha valamilyen élelmiszer belsejében hőmérséklet-különbség jelentkezik, akkor a nedvesség az alacsonyabb hőmérsékletű hely felé vándorol, amely vízmozgást a nedvesség termodiffúziójának hívjuk. Az élelmiszeren belüli nedvességvándorlást mind a nedvességgradiens, mind a hőmérséklet-gradiens befolyásolja.

1.3. Az ásványi anyagok

Azokat az alkotórészeket nevezzük ásványi anyagoknak, amelyek a növényi és állati eredetű élelmiszerek elhamvasztása után visszamaradnak. Ez a meghatározás nem tesz különbséget az eredetileg is szervetlen vegyületek, valamint a szerves vegyületekből származó hamu alkotórészek között. A szervetlen anyagok nélkülözhetetlenek az élővilágban. Híg elektrolitok formájában részt vesznek az élő szervezet elektrokémiai, ozmózisos, valamint sav-bázis egyensúlyának fenntartásában, elősegítik a különböző kolloidok állapotváltozását, aktiválják

vagy gátolják az enzimreakciókat, részt vesznek a támasztószövet felépítésében. A növényeknél az ásványi anyag mennyisége és minősége a termőhelytől és a talaj összetételétől függően fajonként és fajtánként is változik. Ezzel szemben az ember szervezetének ásványianyag-készlete viszonylag szűk határok között változik.

Az emberi szervezet felépítésében részt vevő elemek közül azok, amelyek a szervezet tömegének 0,005%-ánál nagyobb mennyiségben vannak jelen, a makroelemek, és amelyek ennél kisebb arányúak, azok a mikroelemek. A makroelemek az emberi szervezet ásványianyag-tartalmának több mint 99%-át teszik ki. A mikroelemeket biológiai jelentőségük alapján esszenciális és nem esszenciális elemekre oszthatjuk. Az esszenciális mikroelemek nélkülözhetetlenek az emberi szervezet zavartalan működéséhez, míg a nem esszenciálisak biológiai szerepe még tisztázatlan.

1.3.1. Fémes makroelemek és vegyületeik

A makroelemek értelemszerűen esszenciális elemek is, mert viszonylag nagy mennyiséget kell belőlük a táplálékkal a szervezetünkbe juttatni. A fémes makroelemek közé a nátrium, a kálium, a magnézium és a kalcium tartozik. Az emberi szervezetben kilogrammonként átlagosan 1,4 g nátrium van, tehát egy 70 kg-os ember testének nátriumtartalma átlagosan 100 g. Nagyrészt kationként, általában kloridanion mellett, a sejten kívüli testnedvekben az ozmózisos nyomást és a vízegyensúlyt szabályozza. A sejten kívül a Na:K arány 28:1, míg a sejteken belül 1:10. A nátriumnak szerepe van az idegimpulzusok átvitelében, a membrántranszport-folyamatokban, a tápcsatornában aktiválja az amilázt, segíti a glükóz felszívódását, a vékonybélben pedig a nátrium pufferhatású vegyületei találhatók. Hazai étrendünk mellett naponta 5-10 g nátriumot is beviszünk szervezetünkbe, s ez a túlzott nátriumbevitel magas vérnyomás kialakulásához vezet.

Az emberi szervezet káliumtartalma kilogrammonként átlagosan 2 g, azaz egy felnőtt emberben mintegy 150 g található. A káliumnak több mint 90%-a a sejtekben van, ahol az ozmózisos nyomás és a sav-bázis egyensúly fenntartásán kívül az enzimatikus folyamatokban is részt vesz. Különösen fontos szerepe van a fehérje- és glikogénszintézisben, valamint az energiatermelésben. A magnéziummal együtt az izmok nyugalmi állapotba jutását segíti elő. Vegyes táplálkozás mellett napi 2-6 g kálium jut a szervezetbe, ami fedezi a napi 1,6-3,0 grammra becsült szükségletet.

A felnőtt ember szervezetében 20-28 g magnézium található, amelynek 50-60%-a a csontokban van. Jelentős mennyiségben található az izmokban, a májban és az idegrendszer sejtjeiben. Enzimek felépítésében, illetve aktiválásában vesz részt, amelyek olyan fontos folyamatokat katalizálnak, mint az ATP-szintézis, az ATP–ADP átalakulás, a fehérjeszintézis, a tiroxinképződés és az oxidatív dekarboxileződés. Az izomzatra relaxáló hatást fejt ki. A napi magnéziumszükséglet felnőtt embernél 250-350 mg, terhes és szoptatós anyáknál kb. 450 mg, amit a

vegyes étrend fedez. Főként a növényi eredetű élelmiszerek, a tejtermékek, a halak és a máj tartalmaz sok magnéziumot.

Az emberi test kilogrammonként 15-20 g kalciumot tartalmaz, vagyis egy felnőtt emberben 1200-1500 g kalcium található. Ennek nagy része (98%) a csontokban és a fogakban halmozódik fel, a csontok ugyanis nagyrészt hidroxiapatitból állnak, amelyet más kalciumtartalmú vegyületek is kísérnek. A kalciumanyagcsere dinamikus voltát mutatja, hogy az újraképződő csontokba felnőtt embernél napi 600-700 mg kalcium épül be. A testnedvekben és a szövetekben a kalcium ionos formában, nem ionizálódó komplex alakjában vagy fehérjéhez kötve található. Az alábbi, élettanilag fontos folyamatok szabályozásában vesz részt: a vérben segíti a véralvadást, segíti a B_{12}-vitamin felszívódását, aktiválja a pankreász-lipáz enzimeket, részt vesz az acetil-kolin-képzésben és -bontásban, lecitinhez kötve szabályozza a sejthártyák permeabilitását, segíti az energiatermelő folyamatokat, szabályozza az izom–ideg kapcsolatot, elősegíti bizonyos hormonok képződését, és fokozza a hasnyálmirigy működését.

A kalcium anyagcseréje bonyolult folyamat, amelyben több belső elválasztású mirigy hormonja és több vitamin is részt vesz. Az ember napi kalciumszükséglete 800-1000 mg. Élelmiszereink közül a tej és tejtermékek a leggazdagabb kalciumforrások. Említésre méltó mennyiségű kalcium van a zöldségekben, a gyümölcsökben, a halakban, a húsokban és a tojásban. A szervezet az előzőekben felsorolt feladatok megoldásához a kalciumot mindenképpen megszerzi magának, és ha a táplálékból nem jut hozzá, szükség esetén oldatba viszi a csontok kalciumtartalmát is.

1.3.2. A nemfémes makroelemek és vegyületeik

A felnőtt ember szervezetében 600-700 g foszfor van szervetlen és szerves foszfátok alakjában. A szervetlen foszfátok, főként kalciumhoz kötve a csontokban és a fogakban, tartalmazzák a foszforkészlet 80-85%-át. Kis mennyiségben jelen vannak a testnedvekben is, ahol pufferhatást fejtenek ki. A szervesen kötött foszfor a nukleinsavakban, számos enzimben, a B-vitaminokban és a szénhidrátok, lipidek, fehérjék foszforvegyületeiben található. Rendkívül fontos szerepük van az energiatárolásban és -felszabadításban. A felnőtt ember napi foszforszükséglete 800 mg. Étrendünkben a tej, a tojás, a hús, a hüvelyesek és a gabonafélék fontos foszforforrások, de szinte valamennyi élelmiszer tartalmaz több-kevesebb foszfort. Ennek köszönhető, hogy a táplálkozási eredetű foszforhiány a szervezetben nem figyelhető meg.

Az emberi szervezetben átlagosan 0,25% kén van, ami egy 70 kg-os felnőttnél mintegy 175 g-ot tesz ki. Főként szerves vegyületekbe épülve található, de egyes peptidoglikánokban szulfát alakban is előfordul. A táplálékkal felvett kén az életfolyamatokban nem használódik fel, csak a szerves vegyületekből képződő kéntartalmú intermedierek járulnak hozzá a szervezet kéntartalmú építőköveinek

kialakításához. A napi szükséglet 0,8-1,2 g között van. Sok szerves kén található a húsban, a sajtban, a tojásban, a hüvelyesekben és az olajos magvakban.

A halogénelemek közül a klór a legfontosabb az ember számára. A szervezet 0,15%-át teszi ki, ami egy átlagos felnőttnél 100-110 grammot jelent. Legnagyobb része a gyomorsavban található sósavként, a többi nátriumhoz, illetve kisebb mértékben káliumhoz kötött kloridionként. A sejteken kívüli és belüli terekben, a só- és vízháztartás kialakításában, valamint a sav-bázis egyensúly fenntartásában vesz részt. A napi szükséglet 2-4 g.

1.3.3. Mikroelemek

Azokat az elemeket nevezzük mikroelemeknek, amelyek tömege az emberi szervezetben 50 mg/kg alatt van. A mikroelemeket esszenciális és nem esszenciális csoportra lehet osztani, mert a kutatás egyre több elem élettani funkcióját ismeri fel. Jelenlegi tudásunk alapján 14 mikroelemről állíthatjuk, hogy esszenciálisak.

1.3.3.1. Esszenciális mikroelemek

A felnőtt ember testében a 3-5 gramm szervesen kötött vas 60-70%-a a hemoglobinban és a mioglobinban, 20-25%-a a szervezet vasraktáraiban, 5-15%-a pedig a különböző testszövetekben, enzimek alkotórészeiként található. Biológiai szerepe elsősorban a vérképzéssel és a légzési folyamatokkal függ össze. A hemben levő Fe(II)-ionok szállítják az oxigént a tüdőből a szövetekbe, ahol a mioglobin vasa folytatja az oxigéntranszportot. A szövetek vastartalmú enzimei redoxfolyamatokat katalizálnak. Az ember napi vasszükséglete 1-3 mg. A szükségletnél azonban jóval több (5–28 mg) vasat kell felvennünk, mert a felszívódás hatásfoka nagyon rossz. A hemkötésű vas 20-30%-a, az egyéb vas 2-10%-a hasznosul. A vas felszívódását az aszkorbinsav jelenléte segíti, a tannátok és a fitátok oldhatatlan vaskomplexképzése viszont gátolja. Jelentős vasforrásnak számít a hús, a máj, a különböző belsőségek, néhány zöldség és gyümölcs. Vashiány megszüntetésére élelmiszer-adalékként vas-szulfát, Fe(II)-glükonát és Fe(II)-glicerofoszfát használható, mert a szervezet a felszívódott szervetlen és szerves vasvegyületeket egyaránt hasznosítani tudja. A vas jelenléte az élelmiszerekben rontja a lisztek sütőipari értékét, katalizálja a zsírok oxidációját, elősegíti a bor zavarosodását és színezi az ivóvizet.

Az emberi szervezet mintegy 2,5-3,5 g fluort tartalmaz, amelynek 95%-a a csontokban és a fogakban található. Elősegíti a fejlődő szervezet csontosodását és az ép fogzománc kialakulását. A biológiai hatás kifejtéséhez napi 1,0-1,5 mg fluor szükséges, amit a táplálék és az ivóvíz általában fedez. Hiánya zavart okoz a növekedésben és elősegíti a fogszuvasodást. Egyes országokban a konyhasó, az ivóvíz, illetve a tej mesterséges fluorozásával a hiánytüneteket meg tudták

szüntetni. A fluor túladagolása a fogzománc foltos elszíneződését, márványos rajzolatossá válását és a csontok megkeményedését idézi elő.

A felnőtt ember szervezetében mintegy 2-3 g cink található, amely az izmokban, a szemben, a hajban, a májban, a vesében és a vérben oszlik meg. Mintegy 25 olyan enzim alkotórésze, illetve aktivátora, amelyek az emésztésben és az anyagcserében vesznek részt. Így többek között az inzulinnak is fontos komponense. Hiánya elhúzódó sebgyógyulást, növekedési zavart, a bőr hámrétegének túlzott elszarusodását és a szervek ellenálló képességének csökkenését okozza. Változatos étrend esetén napi 10-22 mg cinket viszünk be a szervezetünkbe, ami még akkor is elegendő, ha a felszívódás hatékonysága csak 20-30%. Élelmiszereink közül a hús, a máj, a tojás, a száraz hüvelyesek és a gombák a legjobb cinkforrások.

A szilíciumból az emberi szervezet mintegy 1 grammot tartalmaz, amely a csontokban és a kötőszövetekben található. Biológiai funkciója a szervezet növekedésével kapcsolatos. Az ember szervezetében 80-100 mg szervesen kötött réz van, amely a májban, a vesében, a szívben, az izmokban és az agyban található. Számos oxidoreduktáz enzim alkotórésze, és szerepe van az elasztin, a kollagén és az egysejtűek foszfolipidjeinek szintézisében is. A napi szükséglet 1,5-5,0 mg, amelyet a vegyes étrend általában fedez. A legtöbb réz a májban, a barna kenyérben, a búzacsírában, valamint a hüvelyesekben van.

A vas és a réz biológiai hasznosulása akkor a legkedvezőbb, ha 4-6-szor több vasat juttatunk a szervezetbe, mint rezet. Az ionos állapotban lévő réz az ember számára méreg. A réz katalizálja többek között a C-vitamin bomlását, ezért a növényi nyersanyagokkal érintkező technológiai berendezések nem készülhetnek rézből.

Az emberi test vanádiumkészlete 20-40 mg; a növekedésben és a csontképzésben vesz részt, jelenléte a fogzománcot keményebbé teszi, és jelentős szerepe van a zsíranyagcserében is. A szervezet napi szükséglete 1-2 mg. Az emberi szervezetben 10-15 mg szelén van, amely antioxidánsként, rendszerint a tokoferolokkal együtt vesz részt a metabolizmusban. A szeléntartalmú glutation-peroxidáz enzim védi a telítetlen lipideket, sejthártyákat az oxidációtól. Vegyes étrend mellett az átlagos szelénbevitel 0,05-0,1 mg naponta. A szelénellátottságban a geológiai adottságoktól függően az egyes területek között lényeges különbségek vannak. Európában például Skandinávia rendkívül szegény szelénben.

Egy felnőtt ember testében 12-20 mg mangán van, amely főként enzimekben található. Az enzimek aktiválása során részt vesz a szénhidrát- és lipidanyagcserében, a koleszterin és a nukleinsavak szintézisében, és a porcok képződéséhez is nélkülözhetetlen. A napi szükséglet 2-8 mg, amit a változatos étrend általában fedez.

Az emberi szervezet jódtartalma 15-20 mg, amelynek 75-80%-a a pajzsmirigy hormonjainak felépítésében vesz részt, így közvetve szerepe van az anyagcsere és a növekedés szabályozásában, valamint az idegrendszer és a vérkeringés

zavartalan működésének fenntartásában. A jód hiánya a pajzsmirigy megnagyobbodásához, golyva kifejlődéséhez vezet. A napi jódszükséglet 0,10-0,15 mg. Sok jódot tartalmaznak a tengeri halak, a tej, a tojás, és megfigyelték azt is, hogy a 2-15 µg/dm^3 jódtartalmú ivóvíz fogyasztása esetén a golyva teljesen ismeretlen. Számos országban jódozott konyhasó forgalomba hozatalával gondoskodnak a lakosság jódszükségletének kielégítéséről.

Az ón az emberi test minden részében kimutatható; a szervezet ónkészletét 15-20 mg-ra becsülik. Valószínűleg a szervezet növekedését és megújulását segíti elő. Az emberi szervezet 5-8 mg nikkelt tartalmaz. Valószínűleg a máj működésének szabályozásában vesz részt, növeli az inzulin hatását.

Egy felnőtt testében 8-10 mg molibdén található. Több enzim felépítésében vesz részt (xantinoxidáz, aldehidoxidáz), szerepe van a vas hasznosulásában és a köszvény létrejöttében. Ez utóbbinál húgysav rakódik le az ízületekben, és a molibdén megtalálható a húgysavat képző enzimekben. A különböző húsok és a száraz hüvelyesek tartalmaznak sok molibdént.

A króm nagyon kis koncentrációban (0,02 mg/kg) található az emberi szervezetben. Elsősorban a cukormetabolizmusban van szerepe, mert elősegíti az inzulin hatását. Hiányában csökken a glükóztolerancia és növekszik az érelmeszesedés, valamint a koszorúér-betegség kifejlődésének veszélye. Élelmiszereinkkel (barna kenyér, hüvelyesek magja, hús, máj, sajt) mintegy 50-200 µg króm jut a szervezetünkbe, ami a rossz hatásfokú felszívódás ellenére is fedezi a napi szükségletet (120 µg).

Mint a B_{12}-vitamin központi alkotórésze, a kobalt létfontossága nyilvánvaló. Kobaltból szervezetünk mindössze 1-2 mg-ot tartalmaz. Az ember szükségletét az elfogyasztott máj, vese, tej, paraj és száraz hüvelyesek fedezik.

1.3.3.2. Nem esszenciális mikroelemek

A nem létfontosságú elemek egy része állandó kísérője különböző esszenciális elemeknek. Így például a lítium a nátriumot, a rubídium pedig a káliumot kíséri. Vannak olyan elemek is, amelyeket kifejezetten toxikusnak tekintünk (ólom, arzén, kadmium, higany).

Az emberi testben 50-120 mg alumínium található, ez a mennyiség azonban idősebbeknél a 150 mg-ot is elérheti. Változatos étrend mellett naponta 10-35 mg alumínium jut a szervezetünkbe. Az alumíniumsók az ember számára gyakorlatilag nem mérgezők, ami azzal is összefügg, hogy az emésztőcsatornából alig szívódnak fel, döntő mennyiségük a széklettel kiürül. Az alumíniumeszközök használatának hátránya, hogy az alumíniumionok éppúgy katalizálják a C-vitamin bomlását, mint a rézionok. Az utóbbi években nagyon sok termék csomagolására alumíniumfóliát alkalmaznak, mert zsíráteresztő képessége nagyon kicsi, ezért zsírtartalmú tartósított készítmények csomagolására is jól használható.

A bór biokémiai szerepe annak ellenére ismeretlen, hogy az emberi és állati szervezetben szinte mindenhol jelen van. Számos növény számára esszenciális mikroelem, hiánya barnulási, rothadási tüneteket okoz. Gyümölcsökben, zöldségekben, gabonafélékben, tojásban, tejben és borban 0,1-30 mg/kg koncentrációban található. Változatos étrend mellett naponta 10-40 mg bór jut a szervezetünkbe.

1.4. A szénhidrátok

A szénhidrátok a bioszféra szerves anyagainak főtömegét alkotó vegyületek. Leggyakoribb monoszacharid közülük a hat szénatomos D-glükóz, ami valószínűleg a legősibb monoszacharid, amelyből talán az összes többi cukor keletkezett. Az oligoszacharidok 2-10 monoszacharid kapcsolódása útján jönnek létre. Nagyszámú cukoregység egyenes vagy elágazó láncú kapcsolódása útján keletkeznek a poliszacharidok, amelyekre többnyire az egyfajta, néha két, igen ritkán pedig több cukoregység váltakozó kapcsolódása a jellemző.

Biológiai jelentőségük az alábbiakban foglalható össze: a sejtek üzemanyagai, polimer formában tartalék energiahordozók (keményítő, glikogén), támasztó- és vázanyagok, a növényi sejtfalak építőelemei (cellulóz), bakteriális és állati sejthártyák alkotórészei, fehérjékkel kapcsolódva glikoproteint képeznek, alkotórészei a nukleotidoknak, az alkaloidoknak, a mukopoliszacharidoknak és sok más egyéb vegyületnek, elemei a sejtek közötti felismerésnek, a vírusok sejthez való kapcsolódásának, a sejtek felületét és a fehérjéket károsító anyagokkal szemben védenek, komponensei az antibiotikumoknak, tumorellenes anyagoknak. Tehát rendkívüli fontossággal bírnak az élő szervezetek kialakulásában, annak ellenére, hogy szemben a fehérjékkel és polinukleotidokkal, nem információs makromolekulák.

1.4.1. Monoszacharidok (egyszerű cukrok)

Aszerint, hogy aldehid- vagy ketocsoportot tartalmaznak, a monoszacharidok lehetnek aldózok vagy ketózok. A természetben a hat szénatomos hexózok a legelterjedtebb monoszacharidok, amelyek szabad állapotban is előfordulnak (glükóz). A pentózok (ribóz, dezoxiribóz) a nukleotidok és a nukleinsavak alkotórészei. A többi egyszerű cukor szabad állapotban csak ritkán található meg a természetben.

A cukrok kristályos, édes ízű anyagok, vízben jól, apoláros oldószerekben nem oldódnak. A természetes cukrok D konfigurációjúak, abszolút konfigurációjuk a D-glicerinaldehidből vezethető le. A D és az L jelölés a karbonil szénatomtól legtávolabb eső aszimmetriás szénatom konfigurációját jelöli.

A természetben előforduló cukrok L konfigurációjú alakjai a D konfiguráció tükörképei. A cukrok optikailag aktívak, azaz a poláros fény síkját jobbra vagy

balra forgatják el. A természetben előforduló D-glükóz jobbra forgató, míg a D-fruktóz balra forgató. A D-glükóz (más néven szőlőcukor vagy dextróz) polimer formában a növényi és állati poliszacharidok (glikogén, keményítő, cellulóz) építőeleme. A D-mannóz a mannánok alkotórésze. A D-galaktóz a tejcukor, a glikozidok és a galaktán alkotórésze. Az agyban és az idegsejtekben előforduló szfingolipidek cukorkomponense a D-fruktóz (más néven levulóz vagy gyümölcscukor), a szacharóz egyik komponense. Fruktózegységekből épül fel az inulin, a fészkesvirágzatúak tartaléktápanyaga.

A monoszacharidok reakcióképes vegyületek, melyeket figyelembe kell venni az élelmiszer-előállítás során. A monoszacharidok oxidációjával különféle savak, savszármazékok és laktonok keletkeznek. Az egyszerű cukrok enyhe reduktív hatásra gyengén savanyú közegben polialkoholokká, ún. cukoralkoholokká redukálódnak. A glikozidképződés során a cukor glikozidos hidroxilcsoportja alkohollal, fenollal, tioalkohollal, tiofenollal vagy aminnal lép kondenzációs reakcióba; az új molekulában a cukor részt glikonnak, a nem cukor részt aglikonnak hívjuk.

Alkalmas körülmények között az egyszerű cukrok hidroxilcsoportjai éteresíthetők, melyek közül legfontosabbak a metil-éterek. A cukrok szerves és szervetlen észterei egyaránt előállíthatók; a szervetlen észterek közül különösen a foszfát- és szulfát-észterek a jelentősek. A cukrok savas, illetve bázikus közegben is átalakulhatnak, melynek során sok illat- és ízanyag is keletkezhet, sőt a glükóz az antioxidáns hatással bíró aszkorbinsavnak is kiindulóanyaga.

A kristályos cukrot vagy vizes oldatát hevítve jellegzetes aromájú, barna színű termék, a karamell keletkezik. A folyamat különösen 130 °C felett intenzív, de már 100 °C alatt is elkezdődik. A karamellizálódáskor jönnek létre a különféle barna színű vegyületek, melyek összetételére jellemző a nagy reduktontartalom, ezért erősen redukáló hatásúak. A karamellt az élelmiszeriparban színezékként és aromának is használják. Színének mélysége és aromája a készítés körülményeivel befolyásolható. Közülük néhány 1500-szoros hígításban is jó színező hatású, ezért a karamell cukorkák, italok ízesítésére és színezésére is használható.

A monoszacharidok, általánosságban pedig a redukáló szénhidrátok szabad aminocsoporttal reagálva, megfelelő körülmények között, bonyolult, többirányú reakcióból álló változáson mennek keresztül, amelynek során aromakomponensek és barna színű pigmentek, melanoidinek keletkeznek. A folyamatot nem enzimes barnulásnak nevezzük. Az így keletkezett vegyületek számos élelmiszerben, különösen szárított gyümölcs- és zöldségfélében, valamint tejporban is kimutathatóak. A vegyületben kötött aminosavak az emésztőenzimek számára nem hozzáférhetők, ezért rontják az élelmiszer fehérjeértékét.

A nem enzimes barnulási folyamatoknak az ad nagy jelentőséget, hogy minden olyan élelmiszerben végbemegy, ahol jelen van redukáló szacharid és szabad aminocsoport. A reakció megindulásához kedvező, ha a karbonil és az aminovegyület mólaránya 3:1. Az átalakulásokat a rendszer hőmérsékletének emelkedése

rendkívül felgyorsítja. A nem enzimes barnulás sok élelmiszer-technológiai folyamat (kávépörkölés, kenyérsütés) során előnyös, más esetben viszont (szárított, pirított élelmiszerek tárolása) hátrányos a szín- és aromaváltozás, amelyet minden esetben fehérjeveszteség is kísér. A nem enzimes barnulási folyamat nagy moltömegű termékei még a patogén mikroorganizmusok szaporodását is gátolják.

1.4.1.1. A táplálkozási szempontból fontosabb monoszacharidok

A monoszacharidok színtelen, szagtalan, többnyire kristályos vegyületek. Általánosságban jellemzi őket, hogy vízben nagyon jól oldódnak. Általában édes ízűek, de van közöttük íztelen és édes-keserű ízű is.

A hexózok

A hexózok csoportjába tartoznak a legfontosabb egyszerű cukrok. Részben szabadon, főként azonban oligo- és poliszacharidok összetevőiként fordulnak elő. A hexózok legfontosabb képviselői a glükóz, a mannóz, a galaktóz, a fruktóz és a szorbóz.

A glükóz fehér színű, kristályos anyag. Oldata a poláros fény síkját jobbra forgatja, ezért a glükózt dextróznak is nevezik. Édes ízű, de édesítőképessége nem éri el a répacukorét. Szabad állapotban édes gyümölcsökben, egyéb növényi részekben és a mézben fordul elő, valamint a vérnek is állandó komponense. Szőlőcukornak azért nevezik, mert a szőlő nagy mennyiségben tartalmazza, és a must bepárlásával kristályosan is kinyerhető belőle. A D-glükóz sokkal nagyobb mennyiségben található kötött állapotban, mivel a két legelterjedtebb poliszacharidnak, a keményítőnek és a cellulóznak az építőköve. Az emberi és az állati szervezetben fontos szerepet betöltő glikogén D-glükózból polimerizálódik, és D-glükózt tartalmaz a szacharóz, a maltóz és a tejcukor is.

A D-glükózt nagyipari méretekben keményítőből, savas vagy enzimes hidrolízissel, ritkábban cellulózból savas hidrolízissel állítják elő. A tiszta szőlőcukrot felhasználják a gyógyászatban, cukoráruk készítésére, gyümölcskonzervek, gyümölcsszörpök ízesítésére. A glükóz számos erjedési folyamat, így a szeszgyártás, a tejsavas erjedés, a propionsavas erjedés és a butanol-acetonos erjedés alapanyaga. A D-glükóz élettani szempontból is nagyon fontos vegyület, mert számos anyagcsere-folyamatban vesz részt. Az ember glükózszükséglete naponta 110-130 g, amely a szervezetben anaerob vagy aerob módon bomolhat le. A szervezet glükózháztartását a máj szabályozza, hisz a glükózfölösleg a májban raktározódik, glikogén formájában. Alacsony vércukorszint esetén a glikogénből glükóz szabadul fel.

A galaktóz D és L formája egyaránt előfordul a természetben, a D-galaktóz jelentősége azonban nagyobb. A D-galaktóz kötött állapotban igen elterjedt, az oligoszacharidok közül előfordul többek között a laktózban és a raffinózban, megtalálható ezenkívül a poliszacharidokban (galaktánokban), a cerebrozidokban és

a mannóz mellett egyes szénhidráttartalmú fehérjékben. Az L-galaktóz a karragén poliszacharidban mutatható ki.

A D-fruktóz (levulóz, gyümölcscukor) balra forgatja a poláros fény síkját, amiért a levulóz elnevezést is kapta. Gyümölcscukornak is nevezzük, mert a növényvilágban különösen a gyümölcsökben nagyon elterjedt, de megtalálható csaknem minden növényi részben, és nagy mennyiségű fruktózt tartalmaz pl. a méz is. A fruktóz jól oldódó, nehezen kristályosodó, a legédesebb cukorféleség. Kötött formában több oligoszacharid (szacharóz, raffinóz) építőköve, és fruktózmolekulák alkotják a fruktozánoknak nevezett poliszacharidokat is, amelyek legismertebb képviselője az inulin, ami a fészkesvirágúakban a tartalék szénhidrát szerepét tölti be. A fruktózt korlátozott mértékben a cukorbetegek is fogyaszthatják, és az egészségesek étrendjében is előnyösebb a szacharóznál, mert nagyobb édesítőképessége miatt kevesebb cukorral is elérhető ugyanaz az élvezeti érték. Magyarországon például csicsókából állítják elő; megfelelő hidrolízis és tisztítás után mintegy 50% fruktózt tartalmazó szörpöt kapnak.

1.4.1.2. Monoszacharid-származékok

A monoszacharid-származékok az egyszerű cukrokból levezethető vegyületek, amelyek a cukormolekulák karbonilcsoportjának (glikozidos-hidroxil) vagy alkoholos hidroxilcsoportjának reakciói révén keletkeznek. Ilyenek a dezoxicukrok, az aminocukrok, a cukorészterek, a cukoréterek, a cukoralkoholok, a monoszacharidok savszármazékai és a glikozidok. Ezen utóbbiak a növényvilágban igen elterjedt vegyületek; köztük nagyon sok élettani hatású vegyület, színezék, illatanyag, cserzőanyag van. A természetes glikozidokat az aglikonrész alapján a következő csoportokba soroljuk: alkoholglikozidok, fenol- és enolglikozidok, N-glikozidok, tioglikozidok és cián-hidrogént fejlesztő glikozidok.

1.4.2. Diszacharidok, oligoszacharidok

Az oligoszacharidok olyan glikozid típusú vegyületek, amelyekben az aglikonrész is cukor. Úgy képződnek, hogy egy monoszacharid glikozidos hidroxilcsoportja ugyanolyan vagy más monoszacharid valamelyik hidroxilcsoportjával vízkilépés mellett reagál. Ez a kondenzációs folyamat tovább is folytatódhat, és ily módon tri-, tetra-, penta- és hexaszacharidok képződhetnek. Ha az összekapcsolt monomerek száma 7-10-nél nagyobb, akkor már poliszacharidokról van szó. Az oligoszacharidok képződéséhez a monoszacharidok kétféleképpen kapcsolódhatnak: diszacharid esetében lehetséges, hogy az egyik molekula glikozidos hidroxilja a másik molekula alkoholos hidroxiljával lép reakcióba. Ilyenkor a diszacharidban marad egy szabad glikozidos hidroxilcsoport, ezért a csoport neve redukáló diszacharid. Ha mindkét monoszacharid a glikozidos hidroxilcsoporttal vesz részt a reakcióban, akkor nem redukáló diszacharid a

reakciótermék. A diszacharid elnevezésnél közöljük az egymással kapcsolódó cukrokra vonatkozó adatokat, zárójelben megjelöljük a két monomer közti kötés helyét, és feltüntetjük, hogy O-glikozidról van szó.

Kettőnél több monoszacharid kapcsolásánál ugyanezek az elvi alapok érvényesek. Elméletileg nagyon sokféle oligoszacharid képzelhető el, ha számításba vesszük az összes monoszacharid kapcsolódásának kombinációs lehetőségeit. A valóságban azonban csak néhány hexóz, főként D-glükóz, D-galaktóz és D-fruktóz, nagyon ritkán pentóz, aminocukor vagy dezoxicukor vesz részt az oligoszacharidok képzésében.

A diszacharidok a legfontosabb oligoszacharidok. Mind a redukáló, mind a nem redukáló diszacharidok kristályos vegyületek, vízben jól, alkoholban rosszul, éterben nem oldódnak. A két monoszacharid-egységből felépülő diszacharidok közül a legismertebb a maltóz, az izomaltóz, a cellobióz, a laktóz és a szacharóz. A maltóz szabadon jelentős mennyiségben nem fordul elő, de nagy mennyiségben keletkezhet a keményítő vagy a glikogén amiláz enzimmel való bontása során. A maltóz izomere, a cellobióz, ugyancsak két glükóz kapcsolódása révén kialakult diszacharid. A cellobióz a növényi sejtfalak fő komponensének, a cellulóznak celluláz enzimmel való hidrolízise útján keletkezik.

A glükózmolekulák összekapcsolódhatnak 1-6 kötésekkel is, aminek során alakul ki az izomaltóz. Azok a diszacharidok, amelyekben az egyik anomer szénatom szabad, a redukáló diszacharidok. Ezek közé tartozik a D-galaktózból és a D-glükózból felépülő laktóz vagy más néven tejcukor, amely az élővilágban legnagyobb mennyiségben a tejben fordul elő, és redukáló diszacharid voltának megfelelően szabad anomer szénatomja van.

A növényvilág legelterjedtebb diszacharidja a fruktózból és a glükózból felépülő szacharóz, amelyet más néven répacukornak vagy nádcukornak is hívunk. A kapcsolódó cukrok anomer szénatomjai a szacharózban kötésben vannak, a szacharóz tehát nem redukáló diszacharid.

1.4.3. Poliszacharidok

A poliszacharidok nagy molekulatömegű vegyületek, amelyekben az egyes cukormolekulák glikozidos kötéssel kapcsolódnak egymáshoz. Savas vagy enzimes hidrolízissel monoszacharidokra bomlanak. A poliszacharidok felépítésében az alábbi cukorszármazékok, illetve cukrok vesznek részt: D-glükóz, D-fruktóz, D-mannóz, D-galaktóz, D-glükózamin, D-galaktózamin, L-arabinóz (ritkábban D-arabinóz), D-xilóz, L-fukóz, D-glükuronsav, D-galakturonsav és D-mannuronsav.

A poliszacharidok tulajdonságait három fő tényező határozza meg: milyen monoszacharidból vagy monoszacharid-származékból épülnek fel, a cukorrészek hogyan kapcsolódnak egymáshoz, azaz elágazások nélküli vagy elágazó szénláncú, hány monoszacharid, illetve monoszacharid-származék építi fel a molekulát, vagyis mekkora a polimerizációs fok, mekkora a molekulatömeg.

A poliszacharidok tulajdonságai lényegesen eltérnek a felépítésükben részt vevő monoszacharidok, illetve monoszacharid-származékok tulajdonságaitól. Ízük nem édes, többségük nehezen vagy egyáltalán nem oldódik. Ha oldódnak, akkor is legtöbbször kolloid oldatot alkotnak. Az egyéb szénhidrátokhoz hasonlóan a poliszacharidok is észteresíthetők, éteresíthetők, oxidálhatók és monomerekre hidrolizálhatók. Biológiai szerepük alapján megkülönböztetünk: szerkezeti poliszacharidokat (cellulóz, pektin, kitin stb.), tartalék tápanyagként szolgáló poliszacharidokat (keményítő, glikogén, inulin stb.) és ismeretlen szerepű poliszacharidokat (növényi gumik, mikroorganizmusok poliszacharidjai).

A poliszacharidokat szerkezetük alapján homo-poliszacharidokra és hetero-poliszacharidokra oszthatjuk. A homo-poliszacharidok hidrolizátuma csak egyféle monoszacharidot vagy monoszacharid-származékot tartalmaz. Ezek közé tartoznak: a glükózpolimerek (keményítő, glikogén, cellulóz, dextránok), a fruktózpolimerek (inulin, leván), egyéb cukrok polimerjei (mannánok, galaktánok), az uronsavpolimerek (alginsav, pektinek), a glükózaminpolimer (kitin).

A heteropoliszacharidok hidrolizátuma többféle monoszacharidot vagy monoszacharid-származékot tartalmaz. Ezek közé tartoznak: a két- vagy többféle monoszacharidból felépülő polimerek, a monoszacharidból és uronsavból felépülő polimerek, és az uronsavból és aminocukorból felépülő poliszacharidok. Ismeretesek ezen kívül még fehérjékkel kapcsolt poliszacharidok is.

1.4.3.1. Glükózpolimerek

A keményítő a magasabb rendű növények tartalék tápanyaga, sok élelmiszer alkotórésze, az emberi táplálkozás legfontosabb szénhidrátforrása. A keményítő nem egységes vegyület, hanem két glükózpolimer, az amilóz és az amilopektin keveréke. Az amilóz elágazás nélküli szénláncú, kb. 100-300 glükózmolekulából épül fel. Az amilopektin ugyancsak glükózegységekből épül fel, de elágazó szerkezetű. A különböző eredetű keményítők amilopektin-tartalma eltérő, általában 70-80% között van.

Módosított keményítők, keményítőszármazékok. A keményítő tulajdonságai fizikai és kémiai eljárásokkal változtathatók, a technológiai igényeknek megfelelően javíthatók. A megváltoztatott tulajdonságú terméket módosított keményítőnek nevezzük. Ilyenek a duzzadókeményítő, a hígfolyós keményítő, az oxidációval módosított keményítőszármazék.

A keményítőlebontás fontos terméke a dextrin, amelynek elnevezése gyűjtőfogalom, ami egy kevésbé pontosan meghatározott összetételű és tulajdonságú vegyületcsoportot jelöl. A keményítő lebontásakor különböző hosszúságú poliszacharid lánctöredékek keletkeznek, amelyek molekulatömege tág határok között változik. Jóddal adott színreakciója a dextrin típusától, azaz a polimerizációs foktól függ. A dextrinek lebontása bekövetkezhet enzimek, savak, lúgok, oxidáló anyagok és hő hatására. A keményítő hidroxilcsoportjai megfelelő körülmények

között szervetlen és szerves savakkal észteresíthetők, alkoholokkal reagáltatva pedig keményítő-éter képződik.

A glikogén fehér, íztelen, szagtalan por, az állati szervezetek tartalék szénhidrátja. A glikogén szerkezete az amilopektinéhez hasonló α-D-glükóz részekből épül fel, 10-24 glükózrészenként elágazásokkal.

A cellulóz a legnagyobb mennyiségben található szerves szénvegyület Földünkön. A láncban cellobiózegységek ismétlődnek, a láncon belül az oxigén- és a hidrogénatomok között intramolekuláris hidrogénkötés jön létre. A cellulózt az emberi szervezet nem tudja megemészteni, ezért a táplálékban ballasztanyagként szerepel. A cellulózmolekula hidroxilcsoportjainak éteresítésével és észteresítésével ipari szempontból fontos anyagok állíthatók elő. Glükózegységenként legfeljebb három éter- vagy észterkötés lehetséges. Élelmiszeripari célokra használhatók az éterek, ugyanis az éteresítéssel a cellulóz jól duzzadó vegyületté alakítható.

Az alkil-cellulóz és a hidroxi-alkil-cellulóz készítmények felhasználhatók sütőipari adalékként (öregedéskésleltetés, vízfelvétel-növelés), panírozókeverékbe adalékként (csökkenti a felvett zsiradék mennyiségét), továbbá gyümölcs- és zöldségszárítmányokhoz a rehidratáció javítására. A karboxi-metil-cellulóz, a cellulóz glikolsav-étere olyan ionos vegyület, amely semleges ízhatású, ezért számos élelmiszernél felhasználható konzisztenciajavító adalékként. A cellulózszármazékok közül jelentősek még a cellulóz-észterek (acetátfilm előállítás), a cellulóz-nitrátok (robbanóanyagok) és a cellulóz-xantát (a cellofán alapanyaga).

1.4.3.2. Egyéb poliszacharidok

Az inulin a növényvilág egyik legelterjedtebb poliszacharidja, amely a fészkesvirágzatúak és a liliomfajták (csicsóka, cikóriagyökér) virágzatában, illetve föld alatti szerveiben halmozódik fel. Az inulinmolekula mintegy 30-35 fruktózegységből épül fel, amely a láncvégeken 5-25% glükózt is tartalmaz. A fruktózgyártás fontos nyersanyaga, amelyet a csicsókából kinyert inulinból állítanak elő. Fruktózpolimer még a graminin és a leván.

A mannánok D-mannóz részekből felépülő poliszacharidok; közéjük tartozik a kődiómannán és a konjakmannán. Az uronsavpolimerek közül ismertebbek a pektin és az alginsav. A pektin a növényvilágban rendkívüli módon elterjedt poliszacharid, amelynek alapvázát a pektinsav alkotja. A kitin rovarok, rákok és gombák vázában fordul elő; N-acetil-D-glükózamin részekből épül fel.

1.4.3.3. Kevert poliszacharidok

A xilán főleg xilózt, kisebb mennyiségben L-arabinózt, nyomokban glükuronsavat és annak 4-metil-származékát tartalmazza. A hemicellulózok xilózt, L-arabinózt és hexuronsavat tartalmaznak. A pentozán poliszacharidok és

glikoproteinek keveréke; a szénhidrát rész 50-60% D-xilózt, 30-35% L-arabinózt és 6-7% D-glükózt tartalmaz. A xantán D-glükóz, D-mannóz és D-glükuronsav keverékéből épül fel. A karragént a vörös-tengeri algákból állítják elő. Kevert poliszacharid, amely frakcionált oldással és kicsapással ötféle, eltérő összetételű vegyülettípusra bontható. Az agar fő alkotórésze a D-galaktopiranóz és a 3,6-anhidro-L-galaktopiranóz. Az arab gumi a növényi gumik legismertebb képviselője, amelyet trópusi akácfélék kérgéből állítanak elő. Megtalálható benne az L-arabinóz, az L-ramnóz, a D-galaktóz és a D-glükuronsav.

1.5. A fehérjék

A fehérjék komplex makromolekulák, amelyek mind a növényi, mind az állati sejt citoplazmájában előfordulnak. Az élő sejtek szárazanyagának legalább 50%-át a fehérje teszi ki. A fehérjék nagyrészt szénből, oxigénből, hidrogénből, nitrogénből és kénből felépülő vegyületek. Építőelemeik az aminosavak, amelyek megszabják a fehérje kémiai, fizikai és biológiai tulajdonságait.

1.5.1. Az aminosavak

Az aminosavak szabad állapotban viszonylag kis mennyiségben fordulnak elő a természetben. Legnagyobb mennyiségük fehérjében kötött, a fehérje felépítésében vesznek részt; a fehérjéket húszféle aminosav alkotja. Az anyagcserében energiaszolgáltató szerepük normális életfolyamatokat feltételezve nem jelentős. Minden aminosav egy azonos felépítésű és egy eltérő szerkezeti részből áll.

Az aminosavak az oldalláncuk szerint lehetnek töltés nélküli, nem poláros oldalláncú aminosavak (glicin, alanin, valin, leucin, izoleucin, prolin, fenilalanin, triptofán, metionin), töltéssel rendelkező, nem poláros oldalláncú aminosavak (szerin, treonin, cisztein, tirozin, aszparagin, glutamin), és aminosavak töltéssel rendelkező oldallánccal (aszparaginsav, glutaminsav, hisztidin, lizin, arginin).

Táplálkozásbiológiai szempontból az aminosavak lehetnek esszenciális aminosavak, amelyeket a szervezet nem tud szintetizálni (valin, leucin, izoleucin, fenilalanin, triptofán, metionin, treonin, lizin), félig esszenciális aminosavak, amelyeket egy másik esszenciális aminosavból tud előállítani a szervezet (cisztein, tirozin), és nem esszenciális aminosavak, amelyet a szervezet korlátlanul elő tud állítani (arginin, glicin, alanin, prolin, szerin, aszparagin, glutamin, aszparaginsav, glutaminsav, hisztidin).

A 20 fehérjealkotó aminosavon kívül több mint 150 természetes aminosav ismert, amelyek csak kis mennyiségben, sokszor csak egyes szervezetekben fordulnak elő. Ezek között található a bakteriális eredetű D-glutaminsav, D-aszparaginsav és a D-alanin, a kötőszöveti fehérjékben a prolin és a lizin

hidroxilált származéka (hidroxi-prolin, hidroxi-lizin). Ezek az aminosavak szabad állapotban nem fordulnak elő, hidroxilálásuk a polipeptidlánc kialakulása után posztszintetikusan történik.

Oldhatóság szempontjából vizsgálva az aminosavakat megállapítható, hogy a prolin, a hidroxi-prolin, a glicin és az alanin vízben jól oldható, míg a többi aminosav vízben rosszabbul oldódik. Vízben a tirozin és cisztin oldódik legroszszabbul. Szerves oldószerekben a poláros karakterű aminosavak rendkívül roszszul oldódnak. Savas vagy lúgos közegben az aminosavak oldhatósága a fellépő sóképződés következtében javul.

Az α-helyzetű szénatom aszimmetriás, tehát az aminosavak optikailag aktívak. A glicin kivételével mindegyik aminosav rendelkezik aszimmetriás szénatommal, tehát a poláros fény síkját elforgatják. Az aminosavak közül kettő, a treonin és az izoleucin két aszimmetriás szénatomot tartalmaz, ennek megfelelően az optikai izomerek száma e két aminosav esetében négy. A fehérjeépítő aminosavak, eltekintve néhány speciális fehérjétől és a baktériumok sejtfalát alkotó peptidoglikánokban lévő D-aminosavaktól, L konfigurációjúak. A D és az L konfiguráció forgatásának mértéke azonos, de iránya ellentétes.

Az aminosavak kémiai jellegét a bázikus jellegű aminocsoport, illetve a savas karakterű karboxilcsoport szabja meg. Ha a karboxilcsoportból CO_2 hasad le, akkor a megfelelő amin képződik. Az aminocsoport reakciói redukáló cukrokkal a szénhidrátok fejezetben került tárgyalásra.

Az aminosavak legfontosabb reakciója a peptidek létrehozása. Ennek során az α-amino és az α-karboxilcsoportok egy másik aminosavhoz kapcsolódva, vízkilépéssel alakítják ki a peptidkötést. Két, három, négy vagy több aminosav kapcsolódása során di-, tri-, tetra- és oligopeptidek, ha az aminosavak száma meghaladja a százat, fehérjék keletkeznek. Diszulfidhíd a cisztein SH-csoportjának oxidációjával tud kialakulni. Az így egymáshoz kapcsolódó molekularészek révén igen stabil szerkezet jön létre, amely rendkívüli módon ellenáll az enzimes vagy kémiai ráhatásnak.

1.5.2. A peptidek

A peptidek aminosavakból épülnek fel peptidkötéssel. A részt vevő aminosavak száma szerint megkülönböztetünk dipeptideket, tripeptideket, tetrapeptideket stb. Ha a molekulában tíznél kevesebb aminosav található, akkor oligopeptidekről, tíznél több aminosav esetében polipeptidekről beszélünk. Fehérjének akkor nevezzük a polipeptidet, ha az aminosav-összetevők száma 100 vagy még több.

Két aminosavból, például glicinből és alaninból, attól függően, hogy az amino- vagy a karboxilcsoportjával kapcsolódik az egyik aminosav a másik aminosavhoz, kétféle dipeptid, glicil-alanin vagy alanil-glicin keletkezhet. E két dipeptid, attól függetlenül, hogy mindkettőt ugyanaz a két aminosav alkotja,

fizikai és kémiai tulajdonságaiban lényegesen eltér egymástól. Egy peptid vagy fehérje aminosavsorrendjének leírását mindig azzal az aminosavval kezdjük, amelynek az NH_2-csoportja szabad, és a szabad α-karboxilcsoportot tartalmazó aminosav felé haladunk.

Ha a peptid három aminosavból épül fel, az aminosavak sorrendje hatféle lehet, négy aminosav esetén 24-féle, öt aminosav esetén 120-féle aminosavsorrend képzelhető el. A száznál több, húszféle aminosavból felépülő polipeptidlánc aminosavsorrendje elvileg rendkívül nagy lehet, bár a valóságban ennek csupán csekély része realizálódik.

A peptideknél igen fontos érzékszervi tulajdonság a keserű íz, amelynek kiküszöbölése egyes élelmiszerek előállításánál nagy probléma. A peptidek nagy része, az édes L-aszparaginsav-dipeptidek kivételével, a konfigurációtól függetlenül keserű vagy semleges ízhatást mutat. A keserű íz intenzitása az egyes peptideknél eltérő. Az ízintenzitás jelentősen függ az oldalláncok hidrofobitásától. A peptidek keserű ízének előfordulásával elsősorban azoknál az élelmiszereknél kell számolnunk, ahol fehérjebontó enzimes folyamatok játszódnak le (pl. sajtok érése folyamán).

1.5.3. A fehérjék

A fehérjék igen változatos felépítésű makromolekulák, amelyek a sejtek szárazanyagának kb. 50%-át teszik ki. Feloszthatjuk őket aszerint, hogy hidrolízisük során csak aminosavak keletkeznek (egyszerű fehérjék, proteinek), vagy az aminosavak mellett a hidrolizátum még egyéb alkotórészt (összetett vagy konjugált fehérjék) is tartalmaz. Az egyszerű fehérjék elemi összetétele átlagosan 50% szén, 7% hidrogén, 23% oxigén, 16% nitrogén és 0-3% kén. Az összetett fehérjék emellett egyéb alkotórészeket (pl. fémek, egyéb szerves vegyületek) is tartalmaznak.

Oldékonyságuk alapján osztályozva a fehérjéket, különböző csoportokat alakítottak ki: az albuminok desztillált vízben, híg sóoldatokban, a globulinok híg sóoldatokban, desztillált vízben nem, a hisztonok híg savakban, a prolaminok 50-80%-os alkoholban; tiszta vízben vagy tiszta alkoholban nem, a glutelinek híg savban vagy lúgban oldhatók, a szkleroproteinek pedig semmiféle oldószerben nem oldódnak. A prolaminok és a glutelinek növényi magvakban előforduló tartalék fehérjék. A szkleroproteinek csak tömény savval vagy lúggal főzve, bomlás közben oldódnak fel.

A fehérjék funkció szerinti felosztása tájékoztatást ad biológiai szerepükről. Az enzimek közé sorolt fehérjékkel a későbbiek folyamán többször találkozunk. A transzportfehérjék feladata a szervek közötti szállítás; a határfelületeken keresztüli membrántranszport útján biztosítják a sejt és környezete közti kapcsolatot. A védőfehérjék a szervezet fertőzéssel vagy sérülésekkel szembeni védekezését teszik lehetővé. A hormonok a neurohormonális szabályozásban vesznek részt,

míg a struktúrfehérjék a mozgáshoz biztosítanak szilárd vázat, és a külső védelmet is szolgálják. A tartalék fehérjék az embrionális fejlődés első szakaszában fehérjeraktárként szolgálnak.

A globuláris fehérjéknek a tér egyik irányában sincs kitüntetett méretük, nagyjából gömb alakúak, bennük a polipeptidlánc tömör gombolyaggá állt össze. Általában olyan, biológiailag aktív, dinamikus funkciókat betöltő fehérjék tartoznak ide, mint például az enzimek és a transzportfehérjék. A statikus feladatokat betöltő fibrilláris fehérjék polipeptidlánca általában megnyúlt, kettesével, hármasával sodort fonalat alkot. Ez utóbbiak vizes közegben rosszul oldódnak vagy oldhatatlanok, szerkezeti, mechanikai vagy védőfeladatokat látnak el.

A fehérjék nagyon lényeges tulajdonsága, hogy más fajba jutva ellenanyagképzést indítanak meg; a fehérjék tehát immunaktív anyagok. Az összetett fehérjék a nemfehérje komponens összetételét illetően is igen sokfélék lehetnek. A szervezetben nagy mennyiségben fordulnak elő lipoproteinek, amelyekben a fehérje lipidekkel kapcsolódik. A glikoproteinekben a szénhidrát rész a fehérjével kovalensen kapcsolódik, a szénhidrát a fehérje integráns része; kapcsolódásuk sokféle kombinációs lehetőséget tesz lehetővé. A metalloproteinek valamilyen kationt tartalmaznak komplex kötésben, amelynek az esetek nagyobb részében közvetlen szerepe van a fehérje funkciójának kialakításában.

A fehérjék felépítése a rendkívül sokféle feladatnak megfelelően nagyon változatos. Húszféle aminosavból polipeptidlánconként több százat is tartalmazhatnak, és az aminosavak kapcsolódásának sorrendje is rendkívül változatos lehet. Az aminosavak kapcsolódásának sorrendje jelenti a fehérjék elsődleges szerkezetét. A peptidláncok nem maradnak meg fonal alakúnak, hanem egyes szakaszaikon kisebb-nagyobb, periodikusan rendezett szakaszok (csavarmenet vagy zegzugos rendeződés) alakulnak ki. A periodikusan rendezett szakaszok alkotják a fehérje másodlagos vagy szekunder szerkezetét.

Globuláris fehérjék esetén a rendezett és rendezetlen szakaszokat tartalmazó peptidlánc összegombolyodik, és tömör, gombolyagszerű szerkezetet hoz létre, amelyben a poláros oldalláncok többsége a külső felületen, míg az apoláros oldalláncok jelentős hányada a polipeptidgombolyag belsejében helyezkedik el. Ez a fehérjék harmadlagos vagy tercier szerkezete. Végül rendszerint páros számú polipeptidgombolyag egymással nem kovalens kölcsönhatásokkal összekapcsolódik, és két vagy négy polipeptidláncból (alegységből) álló molekulák alakulnak ki. Ez a fehérjék negyedleges vagy kvaterner szerkezete.

Az egyes fehérjék oldhatóságában jelentős eltérések mutatkoznak, amelyek egyrészt a hidrofil és a hidrofób csoportok eltérő számából és térbeli elrendeződéséből, másrészt a molekula nagyságából, alakjából és az oldószer minőségéből adódnak. Az oldhatóság alapján megkülönböztetünk oldódó és nem oldódó, csak duzzadó fehérjéket. A fehérjék csak poláros oldószerekben oldódnak, mint pl. a víz. Duzzadási folyamat indulhat meg olyan fehérjéknél, amelyekben sok szabad karboxil- és aminocsoport található, ezekhez ugyanis a poláros oldószerek

elektrosztatikus kötőerőkkel kapcsolódhatnak. Az oldószer ionerősségének növelésével az oldhatóság nő. Semleges sók kis koncentrációban növelik az oldhatóságot, azonban egy meghatározott koncentráción túl az oldhatóság csökken, és bekövetkezhet a fehérje kicsapódása.

A fehérjék oldataikból szerves oldószerekkel, nehézfémsókkal, ásványi és bizonyos szerves savakkal kicsaphatók. A fehérjék számos színreakciója egy meghatározott aminosav jelenlétére vezethető vissza. E színreakciók közül több felhasználható a fehérjék mennyiségi, illetve minőségi meghatározására.

A víz különböző állapotban tud a fehérjékkel kapcsolódni. A szerkezeti és a fehérje belsejében lévő víz vagy a felületen erősen abszorbeált, vagy a fehérje speciális felületi helyein kötött vizet jelenti, amely 0,3 g lehet 1 g vízmentes fehérjére számolva. A fehérjék a vízzel a peptidkötéseken keresztül vagy az aminosav-oldalláncokon keresztül létesítenek kapcsolatot.

A fehérje oldhatósága a 0–40 C° közötti tartományban a hőmérséklet emelkedésével nő. Ha 40 C° felett a másodlagos és harmadlagos szerkezetet tartó erők szétesnek, denaturálódás következik be, ami folytatódhat aggregációval; ez a fehérjék oldhatóságát csökkenti. A fehérjék és a lipidek közötti kapcsolódás igen gyakori az élővilágban (pl. a fehérjék és a foszfolipidek között). A fehérje és a lipid viszonylagos aránya széles határok közt változhat. A fehérje-lipid kapcsolódás védi a fehérjét a hődenaturációtól, egyrészt a lipid nagy hőkapacitása, másrészt a víz relatív távolléte miatt.

A denaturálódáson a fehérje natív szerkezetének reverzibilis vagy irreverzibilis változását értjük, amely változatlanul hagyja a peptidkötéseket, de a diszulfidhidak felszakadása előfordulhat. A denaturáció megváltoztatja a fehérje tulajdonságait: csökken az oldékonyság, megváltozik a vízkötő kapacitás, elvész a biológiai aktivitás, megnövekszik az érzékenység a fehérjebontó enzimekkel szemben, növekszik a belső viszkozitás, megszűnik a kristályosodási készség. Denaturáció történhet fizikai és hőhatásra, hűtés hatására, mechanikai behatásokra, hidrosztatikus nyomásra, valamint ultraibolya és γ-sugárzás hatására. A denaturációt előidéző kémiai anyagok lehetnek savak és lúgok, a réz, a vas, a higany és az ezüst vegyületei, valamint szerves oldószerek.

1.5.3.1. A fehérjék funkcionális tulajdonságai

A fehérjék funkcionális tulajdonságait azok a fizikai-kémiai tulajdonságok adják, amelyek hozzájárulnak az élelmiszerek megfelelő jellemzőinek kialakításához. A funkcionális tulajdonságoknak három fő csoportja van: hidratációs tulajdonságok, fehérje-fehérje kapcsolódások és felületi tulajdonságok. Az első csoportba olyan tulajdonságok tartoznak, mint a vízadszorpció és a vízvisszatartó képesség, a nedvesedés, a duzzadás, az adhéziós kapcsolódás, a diszpergálhatóság, az oldhatóság és a viszkozitás. A második csoportba azok a tulajdonságok tartoznak, amelyek bizonyos szerkezetek létrejötténél és stabilizálásánál fontosak

(gélképződés, tésztaszerkezet kialakulása, szálas szerkezet). A harmadik csoport tulajdonságai a felületi feszültség, az emulzióképződés és a fehérjék habképző tulajdonságainak kialakításában játszanak szerepet.

1.5.3.2. A fehérjék csoportosítása

Csoportosíthatjuk a fehérjéket oldhatóságuk vagy kémiai összetételük alapján is; ezek szerint egyszerű fehérjék azok, amelyeknek savas vagy enzimes hidrolizátumában csak aminosavak találhatók, összetett fehérjék pedig azok, amelyek hidrolizátuma az aminosavak mellett más anyagokat is tartalmaz. Az egyszerű fehérjék lehetnek protaminok, hisztonok, albuminok, globulinok, prolaminok, glutelinek vagy vázfehérjék, az összetett fehérjék pedig a prosztetikus csoport szerint lehetnek foszfoproteinek, mukoproteinek, kromoproteinek, nukleoproteinek és lipoproteinek.

1.5.3.3. Egyszerű fehérjék

A protaminok nagy mennyiségben tartalmaznak bázikus aminosavakat. A hisztonok bázikus karakterű fehérjék, triptofánt egyáltalán nem, és cisztint is csak kis mennyiségben tartalmaznak, vízben és híg savakban oldódnak, nukleoproteinek formájában nukleinsavakhoz kapcsolódnak. Az albuminok desztillált vízben és híg sóoldatban oldhatók, ammónium-szulfát telített oldatából kicsapódnak. Igen elterjedtek mind állati, mind növényi szervekben (vérben, nyirokrendszerben, izomban, tojásban, tejben, hüvelyesekben, gabonafélék magjaiban). Az albuminok csaknem valamennyi fehérjealkotó aminosavat tartalmazzák.

A globulinok az albuminokkal általában együtt fordulnak elő, szétválasztásuk a molekulatömeg alapján lehetséges. Ismertebb globulin a fibrinogén a vérplazmában, a fazeolin a babban, az amandin a mandulában, az ovoglobulin és a lizozim a tojásfehérjében, a livetin a tojássárgájában, a legumin és a vicilin a borsóban, a miozin az izomban és a β-laktoglobulin a tejben.

A prolaminok aminosav-összetételére jellemző a prolin és a glutaminsav nagy koncentrációja, lizint nem tartalmaznak. A gliadin a gluteninnel együtt képezi a sikér (glutén) komplex fehérjéjét, amely a búzatészta előállításának kulcsfehérjéje. Az árpában a hordein, a kukoricában a zein található. A glutelinek jellegzetes növényi fehérjék. Aminosav-összetételükben dominál az arginin, a prolin és a glutaminsav. Ismertebb a búzában található glutenin, a rozsban a hordenin, a rizsben az orizein és a kukoricában a zeanin.

A vázfehérjék a keratinok és a kollagének csoportjára oszthatók. A keratinokat oldhatóságuk alapján feloszthatjuk eukeratinokra, amelyek oldhatatlanok oldószerekben, és nagy mennyiségben tartalmaznak cisztint; a tripszin és a pepszin sem képes lebontani őket. A pszeudokeratinok jobban oldódnak, és az enzimek is képesek megtámadni őket. A kollagének a bőrben, a kötőszövetekben

és a csontokban találhatók. Hosszabb ideig főzve zselatinná alakulnak, aminosavösszetételükre jellemző a glicin, az alanin, a prolin és a hidroxi-prolin nagy koncentrációja. A zselatinnak jelentős szerepe van az élelmiszergélek előállításánál.

1.5.3.4. Összetett fehérjék

A foszfoproteinek közül ismertebb a tojássárgájában található vitellin és foszvitin, továbbá a tej jellegzetes fehérjéje, a kazein. Ezek a fehérjék kalciumsóik formájában léteznek, feladatuk az embrió, illetve a fiatal szervezet táplálása. A mukoproteinek nemfehérje része szénhidrát. A mukoidok 4%-nál több, a glikoproteinek 4%-nál kevesebb hexózamint tartalmaznak. A kromoproteinek fémet nem tartalmazó és fémtartalmú vegyületekre oszthatók. A fémet nem tartalmazó kromoproteinek képviselője a rodopszin, a sárga színű flavinenzimek, melyek izoalloxazin vázú riboflavint tartalmaznak. A fémtartalmú kromoproteinek csoportjába tartozik a vér színezőanyaga, a hemoglobin, az izom színezőanyaga, a mioglobin, a zöld növények színanyaga, a kloroplasztin, melynek forbinvázában magnéziumatom található.

A nukleoproteinek a nukleinsavaknak hisztonokkal, protaminokkal vagy más fehérjékkel képzett, sószerű vegyületei. A lipoproteinek olyan összetett fehérjék, amelyeknek prosztetikus csoportja a lipidekhez tartozik. A lipovitellinben főként a lecitin és a kefalin található.

1.5.3.5. Fontosabb természetes fehérjék

A fehérjék eredetét vagy funkcióit tekintve a fontosabb természetes fehérjéket az alábbiak szerint csoportosíthatjuk: izomfehérjék, plazmafehérjék, légzőfehérjék, tejfehérjék, tojásfehérjék, szkleroproteinek, protaminok, hisztonok, növényi fehérjék és toxikus fehérjék.

Az izomfehérjéket szarkoplazma-fehérjékre és fibrillafehérjékre oszthatjuk. A szarkoplazma-fehérjék közül legjelentősebb a miogén, amely albumin jellegű tulajdonságokkal rendelkezik. A fibrillafehérjék közé tartozik a miozin, az aktin és az aktomiozin. A plazmafehérjék közé tartoznak az albumin, a fibrinogén és a globulinok. A légzőfehérjék azok, amelyek képesek a molekuláris oxigénnel laza kapcsolatot létesíteni, majd azt a kisebb parciális nyomáson a szövetekben átadni. Ilyen a hemoglobin és a mioglobin. A hemocianin réztartalmú fehérje, amely képes a molekuláris oxigén megkötésére, bár az oxigénnel szemben mutatott affinitása gyengébb, mint a hemoglobiné.

A tejfehérjéket két csoportra oszthatjuk; kazeinfehérjékre és savófehérjékre. A tehéntejfehérje mintegy 77-79% kazeint tartalmaz, amely a foszfoproteinek csoportjába tartozó, összetett fehérje. A tejben a savófehérjék mennyisége 0,6-0,7%, amely albumin- és globulinfrakcióból áll. A tejfehérje legfontosabb feladata az újszülött és a fiatal állat aminosavakkal való ellátása, illetve a kolosztrum,

magas immunglobulin-tartalmának köszönhetően, hozzájárul a passzív immunitás kialakításához. A savófehérjék esszenciálisaminosav-tartalma nagyobb, mint a kazeiné, ezért a savófehérjék biológiai értéke mintegy 20-30%-kal több a kazeinénél.

A különböző háziszárnyas- és madártojások közül étkezésre a tyúktojást használjuk; ezt nevezzük egyszerűen tojásnak. A tojás két jellegzetes részből áll, a tojásfehérjéből és a tojássárgájából. A tojásfehérje átlagosan 86,6% vizet, 0,2% zsírt és 13-14% fehérjét tartalmaz. Az ovalbumin a tojásfehérje fő komponense; az összes fehérjetartalom 65%-át teszi ki. A konalbumin az összes fehérje mintegy 13%-a, a lizozim jellegzetes bázikus fehérje, az ovomukoid pedig a glikoproteinek csoportjába tartozó, összetett fehérje. A tojássárgája víztartalma 50%, lipidtartalma több mint 30%, fehérjetartalma pedig 17% körül van. A legfontosabb fehérjefrakció a foszvitin és a livetin.

A vázfehérjék vagy szkleroproteinek szálas szerkezetű vegyületek; olyan, állati szervezetben található, vázat alkotó, védő tulajdonságokkal rendelkező fehérjék, amelyek csak aminosavakból épülnek fel, és ellenállók a kémiai és enzimes behatásokkal szemben. Közéjük tartozik a kollagén, a zselatin, az elasztin, a keratin és a selyemfibroin.

A protaminok és a hisztonok erősen bázikus jellegű fehérjék, amelyek a sejtmagban dezoxiribonukleinsavakhoz kötve találhatók. A protaminok csak a spermában vannak jelen, a hisztonok viszont igen elterjedtek az élő szervezetekben. A triptofán kivételével valamennyi aminosavat tartalmazzák.

A növényi fehérjék általában albumin-, globulin-, prolamin- és glutelinfrakciókat tartalmaznak, amelyek vízzel, sóoldattal, 70%-os alkohollal vagy híg savakkal és lúgokkal nyerhetők ki a növényekből. A gabonafehérjék közül a búzafehérjéket eltérő oldékonyságuk alapján négy frakcióra bonthatjuk, amelyek közül az albumin vízoldható, a globulin híg sóoldattal, a prolaminok 70%-os alkohollal, a glutelinek pedig alkáliákkal nyerhetők ki. A gliadin és a glutenin egy-egy arányú komplexe a sikér (glutén), ami a tésztakészítés elengedhetetlen komponense. A sikér összetett fehérje, amelyből a különböző búzafajták különböző mennyiséget tartalmaznak: a lágy búzában 8-10%, a kemény búzában 9-11%, a durumbúzában pedig 17% szárazsikér van.

A búzához hasonló összetételű fehérjék találhatók a rozsban, az árpában, a zabban és a rizsben. A kukoricafehérjék hasonló fehérjefrakciókra bonthatók szét, mint a búzafehérjék. Legfontosabb fehérjéjük, a zein, a prolaminok csoportjába tartozó, 92%-os alkoholban jól oldódó, heterogén anyag. A kukorica fehérjéi közé tartozik még a glutelin, a mayzin és az edesztin. A kukoricafehérjében limitáló aminosav a lizin, amely a fehérje 2,6-2,8%-át teszi ki.

A hüvelyesek fehérjéi közül legnagyobb jelentőségű a szójafehérje, amely a szójanövény szemtermésének 40%-a. A szója fehérjetartalmának 80%-át a glicinin teszi ki, amely globulin típusú vegyület. A szójafehérje aminosav-összetétele a növényi fehérjék közül az egyik legkedvezőbb, mert az összes esszenciális

aminosavat az optimálishoz közelítő arányban tartalmazza. A babfehérjék az érett étkezési babban 20-25%-os arányban fordulnak elő. Fő komponensük a globulinokhoz tartozó fazeolin. A lencse- és a borsófehérjék fő komponense az ugyancsak a globulinokhoz tartozó legumin.

Az olajos magvak fehérjéi közül a napraforgó-fehérjék a jelentősebbek, amelyek a szójafehérjénél kisebb metionin- és lizintartalmúak. A burgonya fehérjetartalma rendkívül alacsony, a legfontosabb, globulintípusú tuberin fehérjéjének aminosav-összetétele azonban rendkívül kedvező. A friss zöldségfélék fehérjetartalma általában 1% vagy kisebb. A levélzöldségekben 1,7%, a gyökerekben 0,6%, a zöldségfélék termésében pedig 0,4% a fehérjetartalom.

1.5.3.6. Az élelmiszer-fehérjék átalakulása a feldolgozás és tárolás során

A legtöbb élelmiszer-fehérje már mérsékelt hőhatásra denaturálódik, ami jelentős változást eredményez mind a biológiai, mind a funkcionális tulajdonságok alakulásában. A főzés inaktiválja az enzimeket, előidézhet nemkívánatos szín- és ízváltozásokat, textúraváltozásokat, valamint csökkentheti a vitamintartalmat. A legtöbb fehérjetoxin és antinutritív anyag viszont hőhatásra denaturálódik, és ezáltal inaktiválódik. Az inaktiválás nedves állapotban végezve hatékonyabb; a hőkezelés módja lehet autoklávozás, sterilezés, sütés és extrúziós főzés.

A fehérjék hőkezelése az egyes aminosavak deszulfurálódásához, dezaminálódásához, izomerizációjához és egyéb kémiai átalakulásához vezethet. Oxigén jelenlétében a hőkezelés során számolni kell a kéntartalmú aminosavak oxidációjával és a triptofán indolcsoportjának hasadásával. A 200 C° feletti vagy lúgos közegben való hőkezelés az L-aminosavak kisebb-nagyobb mértékű racemizációját okozhatja, amelynek során D-aminosavak keletkezhetnek. Ezek nemcsak csökkentik a fehérje emészthetőségét és rontják biológiai értékét, hanem egészségkárosodást is okozhatnak.

Hőkezelés során létrejövő inter- és intramolekuláris kötések a lizin-, a ciszteinoldalláncok és a ciszteinből keletkező dehidroalanin között jönnek létre, kondenzációval. A keresztkötéseket az emésztőenzimek rendkívül nehezen tudják lebontani, ezért az ilyen fehérjék biológiai értéke kisebb, mint a natív, kezeletlen fehérjéé. Erélyesebb hőkezelés hatására a lizin 15%-a képes így reakcióba lépni, ami jelentősen csökkenti a fehérje biológiai értékét. A fehérjék oxidálóanyagokkal is reagálhatnak a termék előállítása során. Az aminosavak közül a kéntartalmú cisztin, cisztein és metionin, valamint a triptofán a legérzékenyebb az oxidációra. Az oxidált származékok egy része felhasználhatatlan az ember számára.

A fehérjék szénhidrátokkal is kapcsolatba léphetnek a feldolgozás és a tárolás során. Ilyen kapcsolat lehet a korábban már tárgyalt nem enzimes barnulás. A reakció során létrejött termékek biológiai értéke kisebb. A reakció végtermékei,

a melanoidinek, nehezen emészthető, nagy móltömegű komplexek, amelyek még mutagén hatást is mutatnak.

A feldolgozás és a tárolás során jelentős változások mehetnek végbe a funkcionális tulajdonságokban is. A funkcionális tulajdonságokra leginkább a fehérje másodlagos, harmadlagos és negyedleges szerkezetében bekövetkező változások vannak hatással. A víz részleges eltávolítása következtében fehérje-fehérje, fehérje-só és fehérje-szénhidrát kapcsolódások alakulhatnak ki, amelyek ugyancsak megváltoztatják a funkcionális tulajdonságokat. Enyhe alkalikus kezelés hatására proteinátok (fehérje-sók) jönnek létre, amelyek vízben jól oldódnak, vízmegkötő képességük igen jó, és felületaktív tulajdonságaik is kiválóak.

Mechanikai hatásokra a részecskék fajlagos felületének megváltozása következtében eredeti anyaghoz viszonyítva megnő a víz- és zsíradszorpció, a fehérje oldhatósága és habképző tulajdonsága. Hőkezelés hatására megváltozik a fehérjék szerkezete, bekövetkezhet a peptidkötés hidrolízise és az aminosav-oldalláncok módosulása. Az oldalláncban bekövetkező változások és az ezt követő kondenzációs reakciók jelentős mértékben csökkenthetik a biológiai értéket.

Jelentős változások jöhetnek létre a funkcionális tulajdonságokban enzimek hatására is. Az élelmiszeriparban a legtöbb esetben fehérjebontó enzimeket alkalmaznak a kedvezőbb fizikai és kémiai tulajdonságok elérése céljából. Ilyen módszer pl. a hús érlelése papainnal, a kazein kicsapása kimozinnal és a vízoldható fehérjekészítmények előállítása növényi és állati fehérjékből. Részleges proteolízissel javítani lehet a hődenaturált fehérjék emulgeáló- és habképző tulajdonságait, valamint a fehérjék emészthetőségét.

Főleg lúgos kezelés hatására a fehérjét alkotó aminosavak izomerizációja is bekövetkezhet, ami D-aminosavakat eredményezhet. A száraz fehérje hevítése (pl. pörkölés) szintén okozhat izomerizációt, ami legnagyobb mértékben az aszparaginsavnál, a glutaminsavnál, az alaninnál és a lizinnél tapasztalható. Hosszabb hőkezelés során kisebb molekulatömegű peptidek és D-aminosavak is keletkezhetnek. Ezek az átalakulások általában gátolják a proteolízist és rontják a fehérje biológiai értékét.

A polipeptidláncok reakcióképes csoportjai révén lehetőség van a fehérjék közötti reakciók, kölcsönhatások fellépésére is. A reakciók révén kialakuló keresztkötések gátolják a proteolízist, és ezen keresztül csökkentik a fehérjék táplálkozási értékét. A fehérje-fehérje keresztkötések a fehérjék előállítása és feldolgozása során is kialakulhatnak. A plazmaalbumin hevítésekor a glutamil- és a lizil-oldallánc között ammónia felszabadulása közben keresztkötés alakul ki, amely csökkentheti a lizin hasznosíthatóságát. A fehérjék lúgos kezelése során keletkező új származékok közül legnagyobb gazdasági jelentőséggel a lizinoalanin bír: az első ízben szójaizolátumban kimutatott vegyület prekurzora a cisztein lebomlásából keletkező dehidroalanin.

A lipidek szabad gyökei a fehérjékkel különböző módon reagálhatnak. A gyök általában az α-szénatomon, ritkábban pedig a cisztein kénatomján alakul

ki. A szabad fehérjegyökök lipidmentes fehérjepolimerizátumokat eredményezhetnek, amelynek során a molekulatömeg jelentősen növekedhet. E reakciók során veszteség lépett fel a metionin-, a cisztein-, a hisztidin- és a lizintartalomban, és a peroxidok hatására a fehérjében láncszakadások is előfordulhatnak.

Az oxidált polifenolok fehérjékkel kölcsönhatásba lépve lényegesen csökkentik a hozzáférhető lizin mennyiségét, és ezen keresztül jelentősen rontják a fehérjék biológiai értékét. Különösen igaz ez alkalikus közegben végbemenő változásokra, de semleges közegben a lizin oldalláncai közvetlenül is kapcsolódhatnak az aromás gyűrűhöz.

A fitinsav és sói a növényi magvak állandó természetes összetevői, amelyek szerepe elsősorban a foszforsav és az inozit tárolása. A fitinsav azonban kapcsolatba léphet a fehérjékkel is, mind savas, mind lúgos közegben, fitinsav-fehérje komplexeket létrehozva. Többértékű kation jelenlétében hármas fitinsav-fém-fehérje komplexek is keletkezhetnek, amelyben a kölcsönhatás jellege savas közegben ionos.

1.6. A lipidek (zsírok)

A lipidek közé sokfajta, igen változatos felépítésű anyag tartozik. Közös bennük az, hogy vízben nem, csak apoláros oldószerekben (petroléter, kloroform, éter, benzol) oldódnak. Ezekkel a különböző szövetekből extrahálhatók. A szervezetben betöltött funkcióik alapján az alábbiak szerint csoportosíthatók: raktározott üzemanyagok, a fehérjékkel közösen membránok alkotórészei, a sejtmembrán borító védőanyaga, bioaktív vegyületek.

A klasszikus kémiai csoportosítás szerint két nagyobb csoportra oszthatjuk a lipideket. Lúggal főzve az elszappanosítható lipidek több komponensre hidrolizálnak. A hidrolízis termékeként zsírsavak és más komponensek szabadulnak fel. Az el nem szappanosítható lipidek lúg hatására nem hidrolizálnak; idetartoznak többek között a terpének, a szteroidok és a prosztaciklinek.

A lipidek egyéb anyagokkal kapcsolódva lipoproteineket, proteolipideket, foszfatidopeptideket, lipoaminosavakat, glikolipideket vagy liposzacharidokat hoznak létre. A köznapi értelemben vett zsírok (olajok) zömmel glicerin-zsírsav észterek, melyek táplálkozási jelentősége nagy energia- (39 kJ/g), esszenciális-zsírsav- és zsíroldható vitamintartalmukban van. Speciális tulajdonságaik (olvadás, kenhetőség, zsíros-olajos íz, oldhatóság, illatanyagok) révén az élelmiszerelőállítás fontos komponensei. Segítségükkel jellegzetes konzisztencia, aroma, aroma-visszatartó képesség és zamatérzet alakítható ki.

1.6.1. A zsírsavak

A természetes zsiradékok hidrolízisével alifás monokarbonsavak keletkeznek, amelyek a szénlánc hossza, a kettős kötések száma és helye, valamint konfigurációja és a funkciós csoportok szerint csoportosíthatók. A legismertebb zsírsavaknak triviális nevük is használatos, a szerkezetükre utaló kémiai név azonban egyre gyakoribb a szakirodalomban.

1.6.1.1. Telített és telítetlen zsírsavak

A zsírsavak szabad állapotban a sejtekben, a szövetekben csak kis mennyiségben fordulnak elő, az elszappanosítható lipidek (neutrális zsírok, foszfogliceridek, foszfolipidek, koleszterolészterek, viaszok) fő alkotórészei. A zsírokban tömegesen csak néhány zsírsav fordul elő, bár a természetes vegyületekben eddig több mint hetvenféle különböző zsírsavat mutattak ki.

A telített zsírsavak egy karboxilcsoportot tartalmaznak, amihez hosszabbrövidebb, nem elágazó, telített szénhidrogénlánc kapcsolódik. A telítetlen zsírsavak szénhidrogén része egy vagy több kettős kötést tartalmaz. A leggyakrabban előforduló zsírsavak a következők. Telített zsírsavak: laurinsav, mirisztinsav, palmitinsav, sztearinsav, arachidinsav, lignocerinsav. Telítetlen zsírsavak: palmitoleinsav, olajsav, linolsav, linolénsav, arachidonsav.

A természetben előforduló zsírsavak rendszerint páros számú szénatomot tartalmaznak. A szénatomszám általában 14-22 között változik, de az anyatej és különösen a kérődzők tejzsírjában vannak rövidebb láncú C_{4-10} zsírsavak is. Ha a 18 szénatomos zsírsavban egy kettős kötés van, az a C^9-C^{10} szénatomok között helyezkedik el; jelölésük n^9. Az egynél több kettős kötést általában egy vagy néhány CH_2-csoport választja el egymástól. A kettős kötések nem konjugáltak.

Az emberi szervezetben az n^9 helyzetűhöz képest három szénatommal távolabb alakulhat ki kettős kötés. Növényekben is a C^9-hez viszonyítva három szénatomonként alakulnak ki kettős kötések, aminek következtében többszörösen telítetlen zsírsavak jönnek létre. A telítetlen zsírsavak közül a linolsav és az arachidonsav az ember számára esszenciális. A linolénsavat félig esszenciális zsírsavnak tekintjük, mert a szervezet linolsavból elő tudja állítani.

Az állati szervezetben a C_{16} és a C_{18} zsírsavak fordulnak elő legnagyobb mennyiségben. A zsírok olvadáspontja a szénlánc hosszától, valamint a telített és telítetlen zsírsavak arányától függ. Minél nagyobb a telített zsírsavak aránya, annál magasabb a zsír olvadáspontja, minél több telítetlen zsírsavat tartalmaz a zsír, annál alacsonyabb hőmérsékleten dermed meg. A telítetlen zsírsavak közül magasabb rendű szervezetekben legnagyobb mennyiségben az olajsav, a linolsav, a linolénsav és az arachidonsav fordul elő.

A telítetlen kötés jelenléte megváltoztatja a zsírsavlánc térbeli szerkezetét. Míg a telített láncban a kötések mozgékonysága folytán végtelen számú

konfiguráció alakulhat ki (legvalószínűbb a lánc nyújtott konfigurációja), a kettős kötés korlátozza a két szomszédos szénatom forgását, és helyén a lánc meghajlik. A kettős kötés transz konfigurációja nem befolyásolja lényegesen a lánc lefutását, csak a cisz konfiguráció okoz meghajlást. A kettős kötés kialakulásával lehetőség van sztereoizomériára is. Az egy telítetlen kötést tartalmazó C_{18} zsírsavnak két izomerje, az olajsav és az elaidinsav létezik. A természetes zsírsavakban a cisz konfiguráció a labilisabb (a kettős kötésnél a lánc kb. 30°-ban meghajlik), a stabilabb transz alak konfigurációja viszont megegyezik a telítettével.

A telített zsírsavak közül a természetes zsírsavakban legelterjedtebb a mirisztinsav, a palmitinsav és a sztearinsav. A 14 szénatomszámnál kisebb zsírsavak leginkább a tej-, a kókusz- és a pálmamagzsírokban fordulnak elő. A telített zsírsavak szabad formában csak kis mennyiségben találhatók az élelmiszerekben. Jelentőségük az aromaanyagok kialakításában van, hisz vizes közegben az illatküszöbük 1–10 mg/kg közötti. Az illat erőssége függ a rendszer pH-jától, hisz csak a nem disszociált molekula ad illathatást. A 12 szénatomszámnál nagyobb zsírsavak ízetlenek.

A telítetlen zsírsavak a természetes zsiradékokban egy, két vagy három kettős kötést tartalmaznak. Attól függően, hogy a metilcsoport felől számítva hányadik szénatomon kezdődik az első kettős kötés, ω9-, ω6- és ω3-zsírsavcsaládok különböztethetők meg. Az arachidonsav az állati eredetű élelmiszerekben (hús, máj, sertészsír), az öt és hat kettős kötést (eikoza-pentaénsav, dokoza-hexaénsav) tartalmazó C_{20} és C_{22} zsírsavak a halolajokban fordulnak elő. A linolsavat és a többi, ω6-családhoz tartozó zsírsavat az emberi szervezet nem tudja szintetizálni, ezért ezek az esszenciális zsírsavak, amelyeket a táplálékkal kell bevinni a szervezetbe.

A linolsavak egy részében a kettős kötések konjugáltak. A konjugált linolsav (KLS) megnevezés azon szerkezeti és geometriai linolsav-izomerek gyűjtőneve, amelyek a linolsavval szemben nem izolált, hanem konjugált helyzetben tartalmaznak két kettős kötést. A tejtermékek a legjelentősebb konjugált linolsavforrások az emberi táplálkozásban. Általánosságban elmondható, hogy a kérődző állatok termékei több KLS-t tartalmaznak, mint az egygyomrúaké. A bárányhús, a marhahús és a tehéntej kb. tízszer annyi KLS-t tartalmaz, mint a sertéshús, a lazac és a tojássárgája.

1.6.1.2. A zsírsavak fizikai tulajdonságai

A zsírsavak sűrűsége 1-nél kisebb, ami a növekvő szénatomszámmal csökken. A telítetlen zsírsav sűrűsége kisebb az ugyanazon szénatomszámú telített zsírsavénál. A telített, nyílt szénláncú zsírsavak halmazállapota C_4–C_8 között folyékony, a nagyobb szénatomszámúaké pedig szilárd. Az egyenes láncú zsírsavak forráspontja a szénatomszám növekedésével nő. A telített zsírsavak olvadáspontja ugyancsak növekedést mutat a szénatomszámmal. A telítetlen zsírsavak olvadáspontja mindig kisebb, mint a telítetteké.

1.6.1.3. A zsírsavak kémiai tulajdonságai

A zsírsavak kémiai tulajdonságait a karboxilcsoport és az oldallánc reakciói szabják meg. A hidrogénaddíció a telítetlen zsírsavnak telítettekké való átalakítását teszi lehetővé. A telítés több kettős kötés esetén lehet részleges is, amit a hirdogénezés körülményeivel lehet szabályozni. Az oxigénaddíció különböző peroxidok kialakulását teszi lehetővé. Ha a kettős kötéseken vízaddíció játszódik le, hidratációról beszélünk, amelynek során a keletkezett aldehidek kellemetlen, parfümös ízt és illatot adnak a zsiradékoknak, jelentősen rontva azok érzékszervi tulajdonságait. A zsírok jódszámának meghatározása a jódaddíció meghatározásával történik, amellyel a telítetlenséget lehet mérni. Ezzel a reakcióval meg lehet állapítani a zsiradék affinitását a levegő oxigénjéhez, és számszerűsíteni lehet a zsiradék nem száradó, félig száradó, illetve száradó jellegét.

1.6.2. Acilglicerinek, trigliceridek, zsírok

Az acilglicerinek semleges lipidek; a glicerin zsírsavakkal képzett mono-, di- és triacil-észterei. Az étkezési zsírok és olajok túlnyomórészt triacilglicerinekből állnak, monoacilglicerinek és diacilglicerinek csak nyomnyi mennyiségben fordulnak elő. A mono- és diacilglicerinek tárolás során hidroláz enzimek hatására jöhetnek létre a triacilglicerinekből.

1.6.2.1. Az acilglicerinek fontosabb fizikai tulajdonságai

A kristályosodási és olvadási tulajdonságok alakulását az acilglicerinek polimorf jellege döntően befolyásolja. A zsírok konzisztenciája az olvadási tulajdonságok függvénye. Szilárd halmazállapotban a lipidek nagymértékben rendezett kristályszerkezetben vannak, folyékony állapotban azonban a molekulák közötti erők gyengülnek, a molekulamozgás növekedése rendezetlenséghez vezet.

1.6.2.2. Az acilglicerinek kémiai tulajdonságai

Az észterkötések hidrolízise víz jelenlétében enzimekkel vagy hőkezelés hatására következhet be. A zsiradékok romlását egyrészt az észterkötésekben, másrészt az oldalláncok kettős kötéseiben lejátszódó változások okozzák. Az autooxidatív folyamatok alaptípusai a dehidrogénezés, a peroxidképződés és az oxidáció. Dehidrogénezéskor hidrogén szakad le oxigén belépése nélkül; a molekuláris oxigén a lehasadt hidrogénekkel hidrogén-peroxidot képez, amelyek növelik a zsír peroxidszámát, vagy másodlagos reakciók során átalakulnak. A peroxidképződés során az oxigénmolekula peroxid formában épül be az acilglicerinbe, az oxidáció során viszont oxigén lép be a molekulába.

A zsírok romlásakor keletkező jellegzetes bomlástermékek alapján négyféle avasságot különböztetünk meg: savasság, faggyúsodás, aldehides avasodás és ketonavasodás. A savasodás hosszabb tárolás során víz, levegő, fény, hő, oxigén hatására végbemenő hidrolízises átalakulás, amelynek révén glicerin és szabad zsírsavak keletkeznek. A faggyúsodás oxizsírsavak képződésével és azok polimerizációjával kapcsolatos folyamat. A ketonavasság mikroorganizmusok hatására alakul ki. Első lépésben a zsír hidrolizál, majd a szabad zsírsavak β-oxidációval β-ketonsavakká alakulnak, amelyek dekarboxileződéssel metil-alkil-ketonokat eredményeznek. Az aldehidavasság esetén keletkező aldehidek adják a jellegzetes, avas szagot. Az avasodási folyamatot gyakran kíséri a zsír elszíneződése, amelyet sárgás, barnás színű anyagok keletkezése okoz.

Jódszámuk alapján megkülönböztetünk nem száradó olajokat (jódszám <70), félig száradó olajokat (jódszám = 70–150) és száradó olajokat (jódszám >150). A több telítetlen kötést tartalmazó acilglicerinek száradása során elsősorban oxidációs reakciók játszódnak le.

Élelmiszer-zsiradékok vagy zsírtartalmú élelmiszerek előállításánál célszerű olyan anyagokat is adagolni a termékbe, amelyek speciális kémiai tulajdonságaik révén alkalmasak a különféle romlási folyamatok megakadályozására, illetve késleltetésére. Az ilyen anyagokat gyűjtőnéven antioxidánsoknak hívjuk.

Hőhatásra dimerizációs, illetve polimerizációs átalakulások is bekövetkezhetnek. Élelmiszer-besugárzás hatására a szénhidrogének mellett nagyobb mennyiségben keletkeztek metil- és etilészterek, aldehidek és szabad zsírsavak. Ha a besugárzás oxigén jelenlétében történt, meggyorsultak a zsírok autooxidációs folyamatai, és a besugárzás ráadásul még az antioxidánsokat is elbontja.

1.6.3. Foszfo- és glikolipidek

A foszfogliceridek (glicerin-foszfatidok vagy foszfolipidek) a membránok felépítésében vesznek részt. Szerkezetük olyan glicerin-foszfátból származtatható, aminek két hidroxilcsoportja zsírsavakkal képez észtert. A foszfogliceridek egyik vége foszforsav részt és alkoholt tartalmaz, amelyek együttesen a poláros, míg a szénhidrogénláncot tartalmazó rész az apoláros részt alkotja, emiatt a foszfoglicerideket amfipatikus vegyületeknek hívjuk. A foszfogliceridek tehát poláros lipidek. Amfipatikus tulajdonságuk folytán micellaképzésre képesek, ami a foszfoglicerideket membránok kialakítására teszi alkalmassá. A foszfogliceridek fehér, viaszszerű anyagok, amelyek levegőn a telítetlen zsírsav rész oxidációja folytán megsötétednek. Az élővilágban igen széles körben elterjedt a kefalin és a lecitin, melyek a sejtek membránjának fő alkotórészei.

1.6.4. Zsíralkoholok, viaszok, szterinek

A zsíralkoholok szabad és kötött állapotban is gyakran előfordulnak mind a növényi, mind az állati sejtekben. A halolajban az alábbi szabad zsíralkoholok fordulnak elő jelentős mennyiségben: cetilalkohol, sztearilalkohol, oleilalkohol. A viaszok zsírsavak hosszú szénláncú zsíralkoholokkal képzett észterei. A növényi viaszok a levelek és a termések felületét védik a kiszáradás és a mikroorganizmusok ellen. A viaszok nem avasodnak és nem illékonyak.

A szterinek (szterolok) a szteránvázas vegyületekhez (szteroidok) tartoznak, szabadon vagy zsírsavakkal észterezve fordulnak elő. Természetes forrásaik szerint megkülönböztetnek zooszterineket vagy állati szterineket (koleszterin, dehidrokoleszterin, koproszterin, alloszterin), fitoszterineket vagy növényi szterineket (szitoszterin, sztigmaszterin) és mikoszterineket, amelyek elsősorban a gombákban fordulnak elő (ergoszterin, dehidroergoszterin, zimoszterin).

A koleszterin az egyik legelterjedtebb szterin, az állatvilágban szabadon vagy zsírsavészter formájában fordul elő; a foszfolipidekkel együtt részt vesz a sejtfal felépítésében. A dehidrokoleszterin legtöbbször a koleszterinnel együtt fordul elő, míg a koproszterin az állatok ürülékében található. A 7-dehidrokoleszterin a D_3-vitamin, az ergoszterin pedig a D_2-vitamin provitaminja.

1.6.5. Egyéb zsírszerű vegyületek

A lipoprotein-komplexek fehérjékből, poláros lipidekből és trigliceridekből állnak. A karotinoidok izoprén alegységekből felépülő polién szénhidrogének, amelyek mintegy 40 szénatomból állnak. A zsíroldható vitaminok közül az A-vitamin a növényekben előforduló karotinoidokból keletkezik. A karotinmolekulák szerkezetéből következően egy molekula β-karotinból két A-vitaminmolekula, míg egy molekula α- és γ-karotinból egy-egy molekula A-vitamin keletkezik. A természetes gyanták növényi eredetű, vízben nem oldódó, üvegszerű, amorf anyagok, amelyek szerves oldószerekben oldódnak. A lipidek közé tartoznak még zsíroldható vitaminok és a zsíroldható színezékek, amelyeket később ismertetünk.

1.6.6. Természetes zsiradékok

A neutrális zsírok (trigliceridek, triacil-glicerinek) a zsírsavak glicerinnel alkotott észterei. Az állatvilágban a raktározott lipidek fő tömegét a triacil-glicerinek teszik ki, de a szövetekben kisebb mennyiségben diacil- és monoacil-glicerinek is előfordulnak. Ha a glicerin mindhárom hidroxilcsoportját azonos zsírsav észteresíti, akkor egyszerű, ha a glicerin két- vagy háromfajta zsírsavval kapcsolódik, ez esetben kevert triacil-glicerinekről beszélünk. Egyszerű zsír például a trisztearin, a tripalmitin vagy a triolein. Az előzőekből következik,

hogy a természetes zsírok többsége az egyszerű és a kevert triacil-glicerinek elegye. Összetételük a táplálkozás során elfogyasztott zsírok felépítésétől függ.

A zsírok gazdaságosabb energiaforrások, mint a szénhidrátok (keményítő, glikogén), mert oxidáció hatására a zsírokból átlagosan 38 kJ/g energia szabadul fel, míg glikogénből csupán a fele, kb. 17 kJ/g. A zsírok helyigénye is kisebb, mert hidrofób tulajdonságuk következtében nem hidratálódnak. A zsírok sűrűsége a vízénél kisebb. Lúggal főzve az észterkötés felhasad, glicerin és a zsírsavak alkálisói keletkeznek. Ezt a folyamatot hívjuk elszappanosításnak. A lipázenzimek is az észterkötést bontják; hatásukra glicerin, zsírsav és kisebb mennyiségben glicerin-2-acilészter keletkezik.

1.6.6.1. A természetes zsiradékok fizikai és kémiai tulajdonságai

Kémiailag egységes anyag esetében olvadásponton azt a hőmérsékletet értjük, amelynél a szilárd és folyékony fázis egyensúlyban van. Mivel a zsírok acilglicerinek és más anyagok keverékéből állnak, ezért határozott olvadáspontról nem beszélhetünk, mivel a különböző komponensek folyékony halmazállapotúvá válása különböző hőmérsékleten következik be. A fentiek miatt többféle, különbözőképpen értelmezett olvadáspont-meghatározás terjedt el a gyakorlatban: az emelkedéspont, a tiszta olvadáspont, a csúszáspont, a lágyuláspont, a folyáspont, a cseppenéspont, a zavarosodási pont, a megszilárdulási pont, a megszilárdulási görbe, a szilárd és folyékony acil-glicerinek aránya, a füst-, a lobbanás- és az égéspont, a konzisztencia és a plaszticitás.

A zsiradékok kémiai jellemzésére a savszámot, az elszappanosítási számot, a jódszámot, a peroxidszámot és a hidroxilszámot határozzák meg.

1.6.6.2. Fontosabb természetes zsiradékok

A tejzsiradékok zsírsavösszetétele kismértékben függ az évszaktól, a takarmány minőségétől, az állat fajától, korától, valamint a laktációs állapotától is. A tejzsír bonyolult összetételű; egyszerű lipideket, összetett lipideket és lipidszármazékokat is tartalmaz. Lágy konzisztenciája a viszonylag nagy mennyiségben jelen lévő kis szénatomszámú zsírsavaknak tulajdonítható. A vajsav az összes természetes zsiradékot figyelembe véve csak a tejzsírban fordul elő.

A sertészsír és a marhafaggyú összetételére a nagy palmitinsav-, sztearinsav- és olajsavarány a jellemző. A sertészsír összetételét a takarmány minősége és összetétele nagyban befolyásolja. A baromfizsírok összetétele elsősorban a fajtától függ; jellemző rájuk a viszonylag alacsonyabb sztearinsav-tartalom és a rendkívül magas olajsav- és linolsav-koncentráció. A tengeri állatok zsiradékai közül a halolajnak, a halmájolajnak és egyre kevésbé a bálnazsírnak van jelentősége. Jellemző rájuk a C_{14}–C_{22} telítetlen zsírsavak nagy koncentrációja.

A növényi zsiradékokat a nyersanyag jellegétől függően gyümölcshúszsírokra és magzsírokra osztjuk. A gyümölcshúszsírokhoz tartozik a pálmaolaj, amely az

olajpálma termésének húsából nyerhető. 30-50% palmitinsavat, 42-52% olajsavat és mintegy 10% linolsavat tartalmaz. Vöröses színét a karotinok okozzák. Az olívaolaj az olajfa termésének gyümölcshúsából nyerhető ki. 70-85% olajsavat, 7-14% palmitinsavat és 4-12% linolsavat tartalmaz. Halványzöld színű, kellemes illatú, enyhén édeskés ízű, nehezen avasodó, a nem száradó olajok közé tartozó anyag. Az e csoportba tartozó avokádóolaj jelentősége az előző kettőénél kisebb.

A magzsírok a növényi magvak zsírszöveteiben fordulnak elő. Szilárd és félig szilárd magzsír a laurinsavban és a mirisztinsavban dús kókuszzsír és a palmitinsavban és sztearinsavban dús kakaóvaj. A magolajok közül nagy palmitinsav-tartalmú a gyapotmagolaj és a kukoricaolaj, olajsavban és linolsavban gazdag, palmitinsavban pedig szegény a mogyoróolaj és a napraforgóolaj. A hüvelyesek olajai közé tartozik a földimogyoró-olaj és a szójaolaj, a keresztesvirágú növények olajai közé a repceolaj, és e csoportba tartoznak még az étkezési célokra alkalmas növényi olajok is.

A kókuszzsír a kókuszpálma gyümölcsének maghúsából kinyert zsír, amely laurinsavban és mirisztinsavban rendkívül gazdag. A kakaóvaj, a kakaócserje termésének magzsírja, a nagy palmitin- és sztearinsav-összetételű magzsírok csoportjába tartozik. A gyapotmagolaj palmitinsavban gazdag zsír, mert palmitinsav-tartalma 10%-nál nagyobb. Mint étkezési olajnak, a nagy gyapottermelő országokban van jelentősége. A kukoricacsíra-olaj a keményítőgyártás melléktermékéből, a kukoricacsírából nyerhető ki, amelynek 33-36%-a a csíraolaj. A palmitinsavban gazdag zsírok közé tartoznak a gabonafélék csíraolajai is. A búzacsíra olajtartalma 7,5-12%; jellemző rá, hogy linolénsavat egyáltalán nem tartalmaz.

A palmitinsavban szegény, az olaj- és linolsavban gazdag magzsírok csoportjába tartozik a napraforgóolaj, a mandulaolaj, a mákolaj, a mogyoróolaj, az olívamagolaj, a földimogyoró-olaj és a lenmagolaj. A napraforgóolaj a napraforgómagban található, mintegy 42-63%-ban. Préseléssel nyerhető ki a mélysárga színű olaj, amelynek linolsavtartalma 60%-nál nagyobb. A lenmagolaj jelentős mennyiségben linolsavat, linolénsavat és olajsavat tartalmaz. A friss lenolaj sötét aranysárga színű, a gyors oxidáció és egyéb átalakulások miatt étkezési célokra nem nagyon alkalmazzák.

A hüvelyesek zsírjaiban az olajsav és a linolsav mellett arachinsav és lignocerinsav is található. A szójaolaj világos vagy gyengén sárga színű, igen rövid ideig eltartható olajfajta, mivel a különböző oxidációs folyamatok következtében íz- és illatváltozás lép fel. Hidrogénezéssel eltarthatósága növelhető, ezért ipari zsiradékként és margaringyártásra használják fel. Zsírsavösszetételére jellemző az 55% linolsav-, a 24% olajsav-, a 10% linolénsav- és a 10% palmitinsav-tartalom. A keresztesvirágúak zsiradékainak zsírsavösszetételére a 40-50% közötti mennyiségben előforduló erukasav a jellemző. Az e csoportból legjelentősebb olajféleséget, a repceolajat csak erukasavmentes változatban használják étkezési olajként. A hidrogénezett repceolaj mint élelmiszeripari zsiradék vagy mint a margaringyártás alapanyaga jöhet számításba.

1.6.7. A lipidek változásai a tárolás és feldolgozás során

A legegyszerűbb változás a lipidek esetében a triacil-glicerinek hidrolízise lipáz enzim hatására, a foszfolipidek hidrolízise foszfolipázok hatására, de a legtöbb problémát okozó változások a lipidek oxidációja. Ez az oxidáció lehet enzimes eredetű, pl. lipoxigenázok hatására, vagy végbemehet a levegő oxigénjének hatására. Az ipari, illetve a konyhai feldolgozás során a hőhatás is okozhat különböző elváltozásokat, amelyeknek egy része nem oxidatív jellegű bomlás, illetve polimerizáció.

A lipidek hidrolízise lehet enzimhatás következménye, de okozhatják hőhatás vagy egyéb, kémiai jellegű tényezők is. A zsírok tárolása és feldolgozása során fellépő változások közül az oxidációs elváltozások a legjelentősebbek, amelyekre jellemző a peroxidképződés és a láncreakció-szerű lefolyás, ezért ezeket a folyamatokat gyakran autooxidációnak, illetve peroxidációnak hívják. A lipidek peroxidációja (autooxidációja) aktív oxigént tartalmazó rendszerekben a telítetlen zsírsavak nagyfokú instabilitásával kapcsolatos.

A zsiradékok avasodásának gátlása vegyi úton a leghatásosabb, amit természetes vagy mesterséges antioxidánsokkal lehet elvégezni. A leghatásosabb természetes antioxidánsok a zsiradékok el nem szappanosítható részében található α-, β- és γ-tokoferolok, a lipokrómok, a szterinek, a foszfatidok és a glükozidok. A zsiradékok romlásának meggátlására mesterséges antioxidánsok egész sorát próbálták ki, és alkalmazták a zsírtartalmú élelmiszerek tárolásának meghosszabbítása érdekében. Az antioxidánsok lehetnek iniciáló vagy egyfunkciós antioxidánsok, dezaktivátorok, kelátképző anyagok és többfunkciós antioxidánsok.

Az iniciáló vagy egyfunkciós antioxidánsok feladata a szabad gyökök lekötése és ezáltal a láncreakció gátlása. A két leggyakrabban használt antioxidáns a BHA (butil-hidroxi-anizol) és a BHT (butil-hidroxi-toluol). A BHA jól állja a hőkezelést, a sütést, a zsírban pirítást, az esetek többségében 0,01%-os koncentrációban stabilizálja a végtermék zsírtartalmát, és növeli annak eltarthatóságát. A BHT-re is jellemző a hőstabilitás; a jobb stabilizáló hatás érdekében a két antioxidánst együttesen alkalmazzák.

A dezaktivátorok olyan, hatást növelő szinergens anyagok, amelyek feladata az elsődleges antioxidánsok hatásának fokozása. Közéjük tartozik a citromsav, az aszkorbinsav és más hidroxisavak, a savanyú és polifoszfátok, valamint bizonyos foszfolipidek. Amennyiben valamely élelmiszerben a fém mennyisége meghaladja a nyomnyi koncentrációt, az antioxidáns hatás csak kelátképző anyagokkal együtt való alkalmazástól várható. Az élelmiszerekben használatos kelátképző anyagok legismertebbje, az etilén-diamin-tetraecetsav (EDTA) segítségével a szabad fémion-koncentráció igen alacsony szintre csökkenthető.

1.7. A vitaminok

Az emberi lét fenntartásához kis mennyiségben olyan természetes szerves vegyületek is szükségesek, amelyek szerepet játszanak az anyagcsere és az energiaforgalom szabályozásában, valamint a szervezet megújításában. Ezeket a nélkülözhetetlen anyagokat vitaminoknak hívjuk.

1.7.1. A vitaminok általános jellemzése

A vitaminok táplálkozás-élettani jelentőségét a múlt század elején ismerték fel, amikor vitaminhiányos táplálkozás miatt egyes vidékek lakossága között tömeges halálozás fordult elő. Az egyik ilyen betegség a korábbi évszázadokban a skorbut volt, amely a tartós tengeri úton részt vevőket tizedelte, a másik súlyos betegség a beriberi, amely Ázsiában, a hántolt rizs fogyasztására való áttérés miatt alakult ki, ekkor ugyanis a maghéjban lévő vitaminok elmaradtak az étrendből. A tapasztalat rávezette az embereket arra, hogy az egyoldalú táplálkozás következtében fellépő betegségek az étrend kiegészítésével (pl. a matrózok esetében C-vitamin-tartalmú fenyőtűből készült kivonat vagy citrusfélék fogyasztása) megelőzhetők.

1.7.1.1. A vitaminok fogalma

1896-ban, Jáva szigetén a hántolt rizzsel táplált foglyok tömegesen betegedtek meg beriberiben. Felismerték, hogy ez a betegség bizonyos tápanyagok hiányának következtében lép fel. Kimutatták, hogy a rizs korpájából készített kivonat hántolt rizshez keverve megakadályozza a beriberi kifejlődését. Mivel ez a hatóanyag (amit ma B_1-vitaminként ismerünk) kémiai szempontból az aminok tulajdonságait mutatta, ezért az ilyen életfontosságú aminok elnevezésére a vitamin kifejezést javasolták.

A vitaminok nagy része nem amin, mégis általánosan használjuk ezt az elnevezést mindazokra a természetes anyagokra, amelyeknek hiánya betegséget okoz. Mai ismereteink szerint a vitaminok olyan szerves vegyületek, amelyeket az emberi szervezet nem tud elegendő mennyiségben szintetizálni, energiát nem szolgáltatnak, de kis mennyiségben az anyag- és energiaforgalomhoz nélkülözhetetlenek. A vitamin fogalom relatív, ugyanis egy anyag lehet az egyik élőlény számára nélkülözhetetlen, más élőlények szervezete viszont ugyanezt az anyagot elegendő mennyiségben tudja előállítani. A C-vitamint az ember, a majom és a tengerimalac kivételével minden állatfaj képes glükózból szintetizálni, tehát az aszkorbinsav csak az ember és e két állatfaj számára vitamin.

A vitaminok elnevezésére nincs nemzetközileg elfogadott ajánlás; legszélesebb körben a latin ábécé szerint nevezik el a vitaminokat. A hasonló élettani hatású, de más eredetű, illetve kémiai szerkezetű vitaminokat az azonos betű

mellé tett számindexszel különböztetjük meg. Célszerűbb lenne a biológiai hatáson vagy a kémiai szerkezet alapján való elnevezés.

1.7.1.2. A vitaminok fiziológiai hatása

A vitaminok egy része a szervezetben fehérjékhez kapcsolódik, és enzimként vesz részt a biokémiai folyamatokban. Ezeket a vitaminokat prosztetikus vitaminoknak nevezik, mivel ezek az enzimek koenzimjébe vagy prosztetikus csoportjába beépülve fejtik ki hatásukat. A vitaminok másik csoportját induktív vitaminoknak hívják, amelyek szintén nélkülözhetetlenek az élő szervezet számára, élettani szerepük azonban még nem mindenben tisztázott. A napi vitaminszükséglet függ a kortól, az egészségi állapottól és a végzett munka jellegétől. Hipovitaminózisnak nevezzük azt az állapotot, ha a táplálékból valamelyik vitamin hosszabb ideig hiányzik. A hipovitaminózis súlyosabb változata az avitaminózis, amikor a vitaminhiány már betegséget okoz. Különösen a zsíroldható vitaminok sokszoros túladagolása hipervitaminózishoz vezethet, ami kóros tünetekben nyilvánulhat meg.

1.7.1.3. A vitaminok felosztása

A vitaminokat a biológiai hatás és a kémiai szerkezet szerint rendszerezni lehet, azonban csak a vitaminok oldhatósága az egyetlen olyan tulajdonság, amely két fő csoportba való sorolásukat lehetővé teszi. Eszerint az egyik csoportba a zsiradékban oldódó vagy zsíroldható vitaminokat (A-, D-, E-, K-vitaminok), a másik csoportba pedig a vízoldható vitaminokat (B_1-, B_2-vitamin, nikotinsavamid, B_6-vitamin, pantoténsav, folsav, biotin, B_{12}-, B_{15}-vitamin, U-vitamin, C-vitamin) sorolják.

Provitaminoknak hívják azokat a biológiai aktivitás nélküli vegyületeket, amelyek a szervezetben vitaminokká tudnak alakulni. Az antivitaminok ezzel szemben azok a vegyületek, amelyek a vitaminok antagonistái, és amelyek a koenzimként működő vitaminok hatását korlátozzák pl. úgy, hogy hasonló molekulaszerkezetük révén az enzimből kiszorítják a vitamint.

1.7.2. Zsíroldható vitaminok

Feltételezések szerint a zsíroldható vitaminok egyes fehérjék bioszintézisét szabályozzák. A zsíroldható vitaminokat a szervezet tárolni tudja, ezért a velük kapcsolatos avitaminózis ritkábban fordul elő, a hipervitaminózis veszélye azonban elsősorban az A- és D-vitaminnál nagyobb.

A-vitamin

A-vitamin hiányában szürkületi vakság vagy farkasvakság alakul ki, mivel csökken a szem sötétséghez való alkalmazkodási készsége. Hiányában a

hámsejtek fokozottan elszarusodnak, a bőrfelület kiszárad, ezért hámvédő vitaminnak is nevezik, amely a bőr és a nyálkahártya ép állapotban tartásához szükséges, és védi a szervezetet az itt behatoló kórokozókkal szemben. A tengeri halak májából származó A_1-vitamin és az édesvízi halak májában található A_2-vitamin mindössze egy kettős kötéssel különbözik egymástól, ennek ellenére az A_2-vitamin élettani hatása csak mintegy 30-40%-a az A_1-vitaminénak. Az A-vitaminok valójában 20 szénatomos telítetlen alkoholok, amelyek β-jonongyűrűt és a hozzá kapcsolódó izoprénekből álló oldalláncot tartalmaznak, amelynek végén egy alkoholos hidroxilcsoport található. Az alkoholos hidroxilcsoport oxidációjával A-vitamin-aldehidet és A-vitamin-savat is elő lehet állítani. A biológiailag aktív molekulák közül az aldehid gyakorlatilag egyenértékű az eredeti vitaminnal, a sav viszont csak korlátozottan hasznosul a szervezetben. Az A-vitamin alkoholos hidroxilcsoportja gyakran észterkötést képez valamelyik zsírsavval (palmitinsav), amelynek során az észter megtartja, esetleg felülmúlja az A-vitaminok biológiai hatását.

Az A_1-vitaminban a kettős kötéshez kapcsolódó szubsztituensek mind transz helyzetűek, ezért a molekula nyújtott és egy síkban helyezkedik el. A-vitamin csak az állati termékekben található, elsősorban a tengeri halakban és azok májában, a tejben, a vajban, a tojássárgájában, a vesében, a tüdőben és a májban. Növényekben csak az A-vitamin provitaminjai fordulnak elő. A_1-vitamin mintegy 12 karotinoid típusú vegyületből keletkezhet, amelyek közül az α-, a β- és a γ-karotin, továbbá a kriptoxantin a legfontosabbak. Az ember napi A-vitaminszükséglete 0,8-1,5 mg A-vitamin, illetve 5-9 mg β-karotin. Élelmiszereink közül rendkívül sok A-vitamint tartalmaz a csukamájolaj, a csirke-, liba- és sertésmáj, és jelentős lehet a tojás, valamint a tej és tejtermékek A-vitamin-tartalma is. β-karotinból sokat tartalmaz a sárgarépa, a rebarbara és a paraj.

Az A-vitaminok és provitaminjaik a hővel szemben ellenállóak, levegőn melegítve azonban oxidálódnak, és biológiai aktivitásukat fokozatosan elveszítik. Az emberi szervezetben a karotinoidok enzimes úton átalakulnak A-vitaminná, és A_1-vitamin zsírsavészterként a májban raktározódnak.

D-vitamin

A D-vitamin (kalciferol) a kalcium és a foszfor felszívódását és a csontokba való beépülését szabályozza. D-vitamin hiányában a rosszul táplált és napfényhiányban élő gyermekeknél az angolkórnak (rachitis) nevezett tünetcsoport alakul ki. Ennek során a csont kalciumtartalma 66% kalcium-foszfát és kalcium-karbonátról 18%-ra csökkenhet, aminek következtében a beteg csontjai megpuhulnak és a test súlya alatt elgörbülnek. A D-vitamin túladagolása hipervitaminózist okoz, aminek következtében a csontok törékennyé válnak, magasabb lesz a vér kalciumszintje, és idősebbekben felgyorsul az érfalak elmeszesedése. Napfényben eleget tartózkodó felnőtteknek nincs szükségük D-vitamin-kiegészítésre. A D-vitaminok a növényi eredetű ergoszterin és az

állati eredetű 7-dehidro-koleszterin provitaminokból keletkeznek az ibolyántúli sugarak hatására.

Az ember D-vitamin-szükséglete 20 éves korig napi 10 μg, felnőtteknél, a terhes és szoptatós anyák kivételével napi 5 μg. Jelentős mennyiségű D-vitamin van a kaviárban és a lazacban, a vajban, a csirke-, liba-, sertés-, marha- és borjúmájban. Mindennapi élelmiszereinkben elsősorban a provitaminok találhatók meg, amelyekből legtöbbet a tej, a vaj, a máj és a tojássárgája tartalmaz. Angliában a tej ibolyántúli besugárzásával, illetve D-vitaminos dúsításával fokozzák annak D-vitamin-tartalmát.

E-vitamin

Az E-vitaminok (tokoferolok, tokotrienolok) antioxidáns hatású vegyületek, az esszenciális zsírsavakat és a membránlipideket védik az oxidációtól. Gyulladásgátló, illetve -mérséklő hatásuk is van, csökkentik a véredények permeabilitását, és befolyásolják a kollagén képződését. Emberen E-avitaminózist vagy hipovitaminózist nem mutattak ki, a hiánytünetek azonban sok állaton jól megfigyelhetők. A tokoferolok antioxidánsként használhatók, mert képesek gátolni a zsírsavak autooxidációját, ezért jelenlétük késlelteti a zsírok avasodását. A legnagyobb antioxidáns hatással a γ- és a δ-tokoferol rendelkezik.

Az ember E-vitamin-szükséglete napi 5-15 mg, és feltételezések szerint az ételekkel elfogyasztott többszörösen telítetlen zsírsavak mennyisége arányosan növeli az E-vitamin-szükségletet. Az emberi táplálék általában elegendő mennyiségű E-vitamint tartalmaz. Különösen sok van belőle a hüvelyesek magvaiban, a gabonamagvak csíraolajában, a vajban és a levélzöldségekben.

K-vitamin

A K-vitaminok (fillokinon) hiánya súlyos vérzékenységet okoz, ami elsősorban a gyomor- és bélrendszerben léphet fel. A vérző sebek nem hegednek be, a véralvadás elmarad, mert a véralvadáshoz szükséges fehérjét, a protrombint a máj nem képes megfelelő mennyiségben szintetizálni. Az állatok és az ember bélflórája elegendő K-vitamint szintetizál, ezért egészséges szervezetben hiánybetegség nem lép fel. A K_1- és K_2-vitaminok 2-metil-naftokinon-származékok.

A K-vitamin-hatás főleg a naftokinonrésznek tulajdonítható, hisz az oldallánc nélküli 2-metil-naftokinon biológiailag éppen olyan aktív, mint a teljes molekula, mert a szervezet szintetizálja az oldalláncot. Szokás ezért ezt a vegyületet K_3-vitaminnak is nevezni. Egy felnőtt ember napi K-vitamin-szükséglete 1-4 mg, amelyet a táplálék és a bélbaktériumok napi K-vitamin-szintézise fedez.

A zsíroldható vitaminok gyakorlatban használatos egységeit és azok egymásba való átszámolását az alábbi összeállítás tartalmazza.

Vitamin	Egység
A-vitamin	1NE = 0,3 µg
E-vitamin	1NE = 1 mg
D-vitamin	1NE = 0,025 µg
K-vitamin	mg/kg; µg/kg
Karotin	mg/kg

1.7.3. Vízoldható vitaminok

A vízoldható vitaminok közül legkorábban a beriberi kialakulását megelőző B-vitamint és a skorbut ellenszerét, a C-vitamint ismerték meg. Kiderült, hogy a B-vitaminnak tartott anyag nem egységes, hanem több, biológiailag aktív komponens elegye. Ezeket az alkotórészeket alsó indexbe tett számokkal különböztették meg egymástól. A később megismert vitaminhatású anyagokat azonban már kémiai szerkezetük alapján nevezték el, ezért ma a B-vitamincsoport komponenseinek egy részét számindexszel (B_1-, B_2-, B_6-, B_{12}-vitamin) jelöljük, az újabban megismert vitaminokat pedig a kémiai nevükön (pantoténsav, folsav stb.) tárgyaljuk.

A B-vitamincsoport tagjaira jellemző, hogy az élesztőben csaknem valamenynyi előfordul. Biokémiai szempontból jellemző rájuk, hogy a biológiai oxidációt katalizáló enzimek koenzimjeinek alkotórészei. A vízben oldódó vitaminok feleslegét a szervezet a vizelettel kiválasztja, ezek nem raktározódnak, hanem rendszeresen fel kell vennünk a táplálékkal. Nincsenek provitaminjaik, és jellemző rájuk, hogy a hiánytünetek gyorsan lépnek fel. Hipervitaminózisos tünetek a vízoldható vitaminoknál nem lépnek fel, túlzott mértékű fogyasztásuk azonban mégsem ajánlható. A napi szükségletnél sokszorosan több C-vitamint szedve (mivel az aszkorbinsav oxálsav formájában ürül ki a vizelettel, és az oxálsav a vesekő alapanyaga) a C-vitamin-túladagolás a vesekő képződését segíti elő.

B_1-vitamin

A B-vitamincsoport első tagja a B_1-vitamin (tiamin, aneurin), amelynek hiánya a beriberi betegséget okozta Kelet-Ázsia hántolt rizst fogyasztó népei között. Az avitaminózis jellegzetes tünete az ideggyulladás, az izomgyengeség, az álmatlanság, a végtagokon kezdődő és végül az egész szervezetre kiterjedő ödémaképződés, majd bénulások, és a szívműködés zavara következtében beáll a halál. A szervezet szénhidrát-anyagcseréje felbomlik B_1-vitamin-hiány következtében, mert a közbenső anyagcseretermékek (piroszőlősav, tejsav) a szövetekben és a vérben feldúsulnak, ugyanis a piroszőlősav lebontásában a B_1-vitamint tartalmazó enzim vesz részt. A B_1-vitamin foszfátokkal kapcsolódva tiaminpirofoszfát

(TPP) koenzimet képez, amely koenzim több enzim (piroszőlősav dekarboxiláz, transzketoláz stb.) prosztetikus csoportja.

A B_1-vitamint szerkezete alapján tiaminnak is nevezik, a molekulában ugyanis egyrészt kén, másrészt aminocsoport található. Antineuritiszes hatása miatt aneurinnak is hívják. Savanyú oldatokban hőtűrő, semleges vagy gyengén lúgos közegben azonban, különösen levegő jelenlétében, hőhatásra bomlik. A B-vitamin-csoport leghőérzékenyebb tagja. Nehézfémsók, oxidálószerek és kénessav jelenlétében gyorsan inaktiválódik.

A gabonamagvak héja és csírarésze különösen gazdag vitaminforrás, ezért a korpamentes lisztből sütött kenyér a barna kenyérrel szemben csak nagyon kevés B_1-vitamint tartalmaz. A különböző szövetek (a vese, a máj és az izomszövetek) állatfajonként változó mennyiségű B_1-vitamint tartalmaznak. Legnagyobb tiamintartalma az élesztőnek van. Az átlagos táplálkozási étrend alig fedezi a felnőtt ember napi 1,5-2,0 mg tiaminigényét.

B_2-vitamin

A B_2-vitamin (riboflavin, laktoflavin) hiánya a száj és a nyelv nyálkahártyáján gyulladásos tüneteket és berepedéseket okoz, valamint általános fáradtság és látási zavarok jelentkeznek. Állatkísérletekben a B_2-vitamin növekedési faktornak bizonyult, amelynek hiányában az állat fejlődése megállt, szőrzete kihullt, és vérszegénység állt elő. A B_2-vitamin a flavinok csoportjába tartozó színes vegyület. Mivel a tejben is előfordul, ezért néha laktoflavinnak is nevezik.

A B_2-vitamin hőre nem érzékeny, fényhatásra azonban könnyen bomlik egy fotokémiai reakció során, amely az oldallánc leszakadásával jár, és aminek következtében biológiailag inaktív alloxazin-származékok keletkeznek. A riboflavin nagyon elterjedt a növényi és állati szövetekben és a különböző élelmiszerekben. Különösen nagy a máj, a vese, a hal, a tojás, a tej és a különféle zöldségfélék B_2-vitamin-tartalma. A szervezetben a flavin-mono-nukleotid (FMN) és a flavin-adenin-dinukleotid (FAD) kofaktora, ezért részt vesz a biológiai oxidációs folyamatokban. Ezeket az enzimeket összefoglalóan flavoproteineknek is hívják. Szubsztráttal reagálva a két nitrogénatomon reverzibilisen két hidrogénatomot köt meg, amelynek során a flavin színtelen leukoflavinná redukálódik. Az ember napi B_2-vitamin-szükséglete 1,5-2,0 mg-ra tehető.

Nikotinsavamid

A nikotinsavamid (PP-vitamin, niacin) hiánybetegsége a pellagra, amely elsősorban azoknál jelentkezik, akik főként kukoricából készült ételeket fogyasztanak. A betegség általános fáradtsági tünetekkel kezdődik, kialakul az emésztőcsatorna működésének zavara, a száj és a nyelv nyálkahártyájának gyulladásos berepedezése, majd a bőrfelületeken jelentkező érdesség, gyulladás és hámlás. A felsorolt tünetek nikotinsavamid adagolására elmúlnak, de rajta kívül még triptofán, tiamin és riboflavin bevitele is szükséges a teljes gyógyuláshoz.

A PP-vitamin kémiai szerkezetét tekintve nikotinsav, amelyet más néven niacinnak is hívunk, a természetes anyagokban pedig a nikotinsavamidot, a niacinamidot találjuk meg. Az élő szervezet a nikotinsavat könnyen tudja amidálni. A niacin nagyon elterjedt a természetben, hisz koenzim formájában minden élő sejtben előfordul. Sok található a gabonamagvak héjában, az élesztőben, a májban, a vesében, az állatok és a halak húsában, a tejben, a tojásban és a zöldségfélékben.

A kukorica nagyon kevés nikotinsavamidot és triptofánt tartalmaz, ezért a kukoricás étrenden élőkön gyakori a pellagra fellépése. A nikotinsavamid a piridinenzimek dinukleotid jellegű koenzimjébe (NAD, NADP) épül be. A piridingyűrű az egyik kettős kötés megszűnésével hidrogént vesz fel, és ily módon részt vesz az enzimhatás kifejtésében. Fontos szerepe van ezenkívül a gyomornedv sósavának képzésében, a vér koleszterinszintjének csökkentésében, és értágító hatással is rendelkezik. A felnőtt ember napi nikotinsavamid-szükséglete 10-20 mg. B_1-, B_2-, B_6-vitamin jelenlétében a máj triptofánból szintetizálni tudja, de az átalakítás hatásfoka nagyon rossz, ugyanis 1 mg niacin bioszintéziséhez kb. 60 mg triptofánra van szükség.

B_6-vitamin

A B_6-vitamin (piridoxin) hipovitaminózisa a fehérje-anyagcserében okoz zavarokat. Hiánya a pellagrára emlékeztető tüneteket idéz elő: a száj és a szem kivörösödik, gyulladás lép fel, a bőr cserepes lesz és hámlik, a szőrzet pedig kihullik. A piridoxin elnevezés három, rokon vitaminhatású vegyületet foglal össze, amelyek a piridoxol, a piridoxál és a piridoxamin; valamennyien szubsztituált piridinszármazékok. A piridoxol növényi, a piridoxál és a piridoxamin állati eredetű élelmiszerekben fordul elő foszfátészterként. A foszforsav az ötös helyzetű, elsőrendű alkoholos hidroxilcsoporthoz kapcsolódik, ezért a B_6-vitamin tulajdonképpen piridoxál-5-foszfát alakjában fejti ki élettani hatását.

A B_6-vitamin forrása a hús, a máj, a tojássárgája, a zöldségek, a hüvelyesek, és a bélben élő baktériumok is termelik. Egy felnőtt ember napi szükséglete 2-3 mg-ra tehető, idősebb korban azonban a szükséglet nagyobb is lehet. Biológiai szerepe az intermedier aminosav-anyagcserében van, ahol foszforsavészterei különböző enzimek (aminotranszferázok, aminosav dekarboxilázok stb.) koenzimjei.

Pantoténsav

A pantoténsav-hiánybetegség az emberben fáradékonyságot, nyugtalanságot, izomgörcsöket és emésztési zavarokat okoz. Állatokon avitaminózisa gátolja a növekedést és a szaporodást, pellagraszerű elváltozást okoz, valamint bőr alatti vérzések és idegműködési zavarok is jelentkeznek. Élesztőgombák számára növekedési faktor. A pantoténsav tulajdonképpen a pantoinsavnak β-alaninnal képzett peptidje. A természetben előfordul még a pantotenol, amely a pantoténsavnak megfelelő alkohol, és a pantetein, ami a pantoténsav és cisztein kapcsolódásából származó pantotenil-cisztein dekarboxilezési terméke. Mindkét vegyület pantoténsav-hatású.

A pantoténsav biológiai hatását a szervezet anyagcseréjében a koenzim-A alkotórészeként tölti be, amelynek során az energiaszolgáltató tápanyagok hasznosításának nélkülözhetetlen közreműködője, a zsírok és a szénhidrátok egymásba alakulásának irányítója. A koenzim-A tulajdonképpen a pantetein és az adenozin-difoszfát (ADP) egyesülésével jön létre. Több mint 70 olyan enzimes reakciót ismerünk, amelyben részt vesz. Legismertebb közülük az acilcsoport átvitele a szénhidrátok, a zsírsavak és az aminosav lebontásánál, valamint a zsírsavak, a porfirin- és a szteroid vegyületek bioszintézisében való részvétel.

Folsavcsoport

A folsav (pteroil-glutaminsav) zöld növények leveleiben fordul elő nagy mennyiségben. Az emberi szervezetben hiánya vészes vérszegénységet okoz, a folsav ugyanis a B_{12}-vitaminnal együtt a vörös- és fehérvérsejtek, valamint a vérlemezkék képződésének a szabályozója. Szerepe van ezentúl az emésztőrendszer nyálkahártyájának kialakításában is. A folsav elnevezést olyan vegyületcsoportra alkalmazzák, amelynek alapvegyülete a pteroesav és az ehhez kapcsolódó 1, 3 vagy 7 glutaminsav-molekula. A pteroesav a para-amino-benzoesavnak és a pteridinnek a származéka. A pteroil-glutaminsavból 5,6,7,8-tetrahidro-folsav keletkezik, amely biológiailag aktív folinsavvá alakul. A folinsav szintetázok, transzferázok és izomerázok koenzimjének felépítésében vesz részt.

Az ember szokásos étrendje általában elegendő folsavat tartalmaz. Leggazdagabb folsavforrások a máj, a vese, a hús, a különböző gombák, a spárga, a kelbimbó és a levélzöldségek. A bélflóra is hozzájárul az emberi szervezet normális működéséhez szükséges napi 0,4 mg szükséglethez.

Biotin

A biotin (H-vitamin) avitaminózisa étvágytalanságot, bőrgyulladást, a szőrzet kihullását és a bőrfelület elzsírosodását idézi elő. Élesztőgombák számára is fontos növekedési faktor. A biotinmolekula kéntartalmú gyűrűs részből és valeriánsav oldalláncból áll. A két öttagú heterogyűrűből álló váz a karbamid és a tioféngyűrű összekapcsolódásából alakul ki. Biológiailag aktív az aldehid változat, a biotinál is, amely képes biotinná oxidálódni. A természetben a lizinnel képzett savamidja, az ugyancsak aktív biocitin is megtalálható.

A biotin hőre nem érzékeny, a növényekben szabadon fordul elő, az állati szövetekben és a mikroorganizmusokban, továbbá a tejtermékekben viszont fehérjéhez kötött állapotban található. Az ember napi igénye 100-300 µg-ra tehető. Az emberi táplálkozás szempontjából legfontosabb forrás a máj, a vese, a tej, a tojássárgája, a szója, a zöldségfélék, a dió és az élesztő, továbbá a bélflóra is képes biotint szintetizálni.

Biológiai funkcióját az enzimek prosztetikus csoportjaként fejti ki oly módon, hogy az enzimfehérjék peptidláncában lévő lizinrészhez kapcsolódik. Biotintartalmú enzimek elsősorban a szénhidrát- és lipidanyagcserében fontos

dekarboxilezési, dezaminálási, karboxilálási és szintetizáló folyamatokban vesznek részt.

B_{12}-vitamin

Az emberi szervezetben a B_{12}-vitaminra (kobalamin) a normális növekedéshez, az egészséges idegállapothoz és a vérképzéshez van szükség. Sok fontos folyamatban (tiaminszintézis, egy szénatomos egységek redukálása, a propionsav metabolizmusa stb.) koenzimként vesz részt. Sok biokémiai folyamatban a folsavval együtt szerepel. Kisebb hiánya idegrendszeri panaszokat, nagymértékű hiánya az ember vészes vérszegénységét okozza.

A B_{12}-vitamin elősegíti a háziállatok növekedését, növeli a tyúkok tojáshozamát, ami a protein-anyagcserére gyakorolt hatásával függ össze. Szerkezetének alapja a porfirinvázhoz hasonló korringyűrű, amely a kobaltatom köré épül. A kobalthoz komplex kötéssel 5,6-dimetil-benzimidazol és vagy egy cianid-, vagy egy hidroxil-, vagy egy nitritgyök kapcsolódik. Mindhárom változat vitaminhatású, mert felszívódás után a májban ezek a gyökök egyaránt 5-dezoxiadenozinnal cserélődnek ki, és a kobalamin ebben a formában (adenozilkobalamin) épül be az enzimbe.

A B_{12}-vitamint kizárólag a mikroorganizmusok állítják elő, növényekben nem található, a növényevő állatok szükségletét a belekben lévő mikroorganizmusok termelik meg. Az ember a nagy fehérjetartalmú állati eredetű táplálékkal hozzájut a szükséges B_{12}-vitaminhoz, amelyből napi szükséglete 3-4 µg.

B_{15}-vitamin

A B_{15}-vitamin (pangaminsav) az élő szervezet fontos metilezőszere. Fiziológiai jelentősége a sejtek és szövetek oxigén-anyagcseréjének elősegítésében, továbbá méregtelenítő és lipotróp hatásában van. Azok az anyagok lipotróp hatásúak, amelyek megakadályozzák egyes szervek (máj) elzsírosodását. Kémiai összetétele: a D-glükonsav dimetil-glicinnel képzett észtere. Ételeink közül a gabonamagvakban, a májban és az élesztőben, továbbá a melaszban fordul elő nagyobb mennyiségben.

U-vitamin

Az U-vitamin (S-metil-metionin) gátolja és gyógyítja a gyomorfekélyt, csökkenti a vérszérum zsír- és koleszterinszintjét, lipotróp hatása pedig hasonló a pangaminsavéhoz. Kémiai szerkezetét tekintve a metionin kénatomon metilezett L-konfigurációjú, bázikus jellegű, reakcióképes szulfóniumszármazéka. A magasabb rendű növényekben S-adenozil-metioninból képződik. A szervezetben részt vesz a kolin és a kreatin szintézisében. Fontos biokémiai metilezőszer, a metionint is helyettesíti.

Az emberi szervezet nem tud metilcsoportot szintetizálni, ezért a zsírok lebontásához szüksége van metildonorokra. Az U-vitamin a káposztában, a

salátában, a paradicsomban, a zöldhagymában, a retekben, a petrezselyemzöldben, a spárgában és a gyümölcsökben fordul elő. Főzés hatására dimetil-szulfidra és homoszerinre bomlik, ezért elsősorban a nyers növények és azok kisajtolt leve tartalmaz sok U-vitamint.

C-vitamin

A C-vitamin- (aszkorbinsav-)hiány okozta skorbut a középkorban félelmetes betegség volt, a vizsgálatok azonban kimutatták, hogy a skorbutot a C-vitamin és egyes bioflavonoidok együttes hiánya okozza. Jellemzői az általános gyengeség, a légszomj, a zavart szívműködés, az izom- és csontfájdalmak, a fogíny nagyfokú vérzékenysége, majd a pontszerű bevérzések az alsó végtagokon, amit az vált ki, hogy a hajszálerek könnyen megsérülnek és véráteresztővé válnak. A csontok törékenyek lesznek, az ízületek megduzzadnak, a fogak meglazulnak és kihullanak, a sebek csak rendkívül nehezen gyógyulnak, és végül bekövetkezik a halál.

A C-vitamin a glükóz oxidációs termékének, a 2-keto-gulonsavnak L-konfigurációjú laktonja. A 2-keto-gulonsav is vitaminhatású, a D-aszkorbinsav biológiai hatása viszont jelentéktelen. Az aszkorbinsavra jellemző a dienolcsoport, amely diketocsoportra oxidálódhat, ezért az aszkorbinsav erős redukálószer; jellemző tulajdonsága, hogy reverzibilisen oxidálódik dehidro-aszkorbinsavvá, amellyel redoxrendszert képez. Mindkét forma vitaminhatású, azonban az aszkorbinsavat tartják értékesebb terméknek. Az aszkorbinsav oxidációval diketogulonsavvá alakul, ami oxálsavra és L-treonsavra bomlik, amely átalakulások már irreverzibilisek. Az aszkorbinsav nemcsak a levegő oxigénje vagy vegyszerek, hanem egyes enzimek hatására is oxidálódik. A vitamin inaktiválódását melegítés, fény és fémnyomok is katalizálják.

Aminosavak jelenlétében az aszkorbinsav, a dehidroaszkorbinsav és különböző bomlástermékei barna színű termékké alakulhatnak. Az aszkorbinsav sztereoizomerjei (D-aszkorbinsav, D-izoaszkorbinsav, L-araboaszkorbinsav) vitaminhatás nélküli antioxidánsok. Különösen sok C-vitamint tartalmaz a zöldpaprika (150 mg/100 g), a paradicsom (10-25 mg/100 g), a káposzta (45-55 mg/100 g), a fekete ribiszke (160-180 mg/100 g), a friss és szárított csipkebogyó (400-1000 mg/100 g), a burgonya (10-20 mg/100 g) és a különböző déligyümölcsök (40-50 mg/100 g). Az állati szövetek közül csak a belsőségek rendelkeznek nagyobb (20-40 mg/100 g) C-vitamin-tartalommal, és a tehéntej C-vitamin-tartalma is csekély (15 mg/kg).

Az aszkorbinsav biológiai hatása oxidációs-redukciós képességével függ össze. Az emésztőcsatornában elősegíti a vas és a kalcium felszívódását, a sejtek biokémiai folyamataiban a redukált állapot fenntartásával és hidrogéndonorként vesz részt. Közreműködik a kötőszövetek kollagénjének képződésében, a mellékvese hormonjainak szintézisében, a szerotonin nevű szöveti hormon termelésében és a tirozin oxidatív lebontásában.

A felnőtt ember átlagos napi C-vitamin-szükséglete a munkavégzéstől függően mintegy 80-100 mg. A C-vitamin-felesleg a szervezetből távozik ugyan a vizelettel, de túlzott mértékű fogyasztása (a vesekő kialakulása miatt) káros az egészségre. A véredények falának nagy permeabilitását, a vérzékenységet csak aszkorbinsav adagolásával nem lehet megszüntetni. Ehhez szükséges a P-vitaminnak elnevezett, permeabilitást szabályozó vitamin. P-vitamin-hatású anyagok a bioflavonoid-glikozidok, amelyek közül a rutin bizonyult biológiailag legaktívabbnak.

A rutin olyan glikozid, amelynek cukorrésze a rutinóz, az aglikonja pedig három gyűrűből álló flavonolvegyület. A rutinóz olyan oligoszacharid, amely D-glükózból és L-ramnózból, β-konfigurációjú összekapcsolódás során jön létre. (A bioflavonoidokat ma már nem sorolják a vitaminok közé.)

1.7.4. Egyéb létfontosságú táplálkozási tényezők

A vitaminokon kívül még számos olyan szerves vegyület van, amelyek fontosak az élő szervezet működéséhez, azonban nem vitaminok. Ezeket a vitaminszerű anyagokat szokták vitagéneknek nevezni. Közéjük tartoznak az esszenciális aminosavak és zsírsavak, az inozit, a kolin, a liponsav, az ubikinon és a bioflavonoidok.

Nélkülözhetetlen (esszenciális) aminosavak

Az esszenciális aminosavakat a szervezet vagy nem képes szintetizálni, vagy nem tudja olyan mennyiségben előállítani, amennyire szüksége lenne. A nélkülözhetetlen aminosavat ezért a táplálékkal kell a szervezetbe juttatni. Az esszenciális aminosavak fogalma relatív, mert a különböző állatok és az ember számára más és más aminosavak a nélkülözhetetlenek, és az esszencialitás esetleg a kortól is függ. Jelenlegi ismereteink szerint az alábbi nyolc aminosav esszenciális egy felnőtt ember számára: fenilalanin, izoleucin, leucin, lizin, metionin, treonin, triptofán és valin. Ezeken kívül az emberi szervezet különböző fejlődési szakaszaiban esszenciális lehet az arginin és a hisztidin. Azokat a fehérjéket, amelyek az esszenciális aminosavakat kellő mennyiségben és megfelelő arányban tartalmazzák, teljes értékű fehérjéknek nevezzük (hús, tojás, tej fehérjéi). A növényi eredetű fehérjék többsége nem teljes értékű, mert belőlük a nélkülözhetetlen aminosavak – elsősorban a lizin, a metionin, a triptofán – kisebb-nagyobb mértékben hiányoznak.

Nélkülözhetetlen (esszenciális) zsírsavak

Magasabb rendű szervezetek normális életműködéséhez olyan, többszörösen telítetlen zsírsavak is szükségesek, amelyeket a szervezet nem képes előállítani. Az esszenciális zsírsavak hiánya (régebben F-vitaminnak nevezték őket) bőrkiütést és bőrgyulladást okoz. Közéjük soroljuk a linolsavat, a linolénsavat és az

arachidonsavat, amelyek közül az első kettő 18, az utolsó pedig 20 szénatomos vegyület. A kettős kötések száma a vázolt sorrendben 2, 3 és 4, és mindhárom telítetlen zsírsavban valamennyi kettős kötés cisz konfigurációjú.

Az esszenciális zsírsavak a több telítetlen kötés miatt oxidációval szemben igen érzékeny vegyületek. Közülük a linolsav és a linolénsav nagyobb mennyiségben a növényi olajokban található, míg az arachidonsav csak az állati zsiradékból mutatható ki. A nélkülözhetetlen zsírsavakból a szervezet valószínűleg prosztaglandinokat, olyan biológiailag aktív lipideket szintetizál, amelyek csaknem valamennyi testszövetben megtalálhatók; izomserkentő, illetve -gátló hatásúak és erős vérnyomáscsökkentők.

Liponsav

A liponsav ciklikus diszulfid, amely valeriánsav-oldalláncot tartalmaz. Magasabb rendű szervezetekben számos enzim kofaktorába épül be. Jelentős szerepet tölt be az α-ketosav dehidrogenáz multienzim komplexben, ahol fehérjéhez kötődik, és átmenetileg gyűrű felhasadásával SH-csoportot tartalmazó dihidro-liponsavvá alakul, amely hidrogénátadásra képes.

1.8. Természetes színezékek

Azokat az anyagokat, amelyek a természetben előforduló növényi és állati szervezetek színét adják, természetes színezőanyagoknak nevezzük. Csoportosításuk jellegzetes kémiai szerkezetük alapján lehetséges. Legismertebbek közülük a karotinoidok, a flavonoidok és a pirrolszínezékek.

1.8.1. Karotinoid színezékek

A karotinoid színezékek nagyrészt magasabb rendű növények lipidjeiben oldva előforduló, sárga, narancssárga, vöröses és ibolyás színeket adó vegyületek. Megtalálhatók virágszirmokban, gyümölcsökben, termésekben, magvakban, levelekben, míg a gyökerek karotintartalma (a sárgarépa kivételével) viszonylag csekély. A szervezetbe a táplálék útján kerülnek be, ahol a zsírszövetekben raktározódnak. A legtöbb karotinoid színezék 40 szénatomos, jellemzően konjugált kettős kötéses szerkezetűek és transz konfigurációjúak. Összetételük alapján megkülönböztetünk karotinoid-szénhidrogéneket, valamint oxigéntartalmú karotinoidokat. Ez utóbbiakat xantofilloknak hívjuk.

A karotinoidok zsírokban és zsíroldó szerekben oldódó konjugált kettős kötéseik révén igen reakcióképes vegyületek. A levegő oxigénjével reagálva az élénk színű vegyületekből színtelen oxidált származékok keletkeznek. Egyes karotinoidok biológiailag aktívak. Az emberi szervezetben A_1-vitaminná alakulnak; legfontosabb provitamin a β-karotin, mivel ebből két molekula A_1-vitamin keletkezhet.

A karotinoid-szénhidrogének közé tartozik a likopin és az α-, β- és γ-karotinok, melyek igen elterjedtek a természetben; minden magasabb rendű növényben megtalálhatók. Az oxigéntartalmú karotinoidok vagy xantofillok közé tartoznak a kriptoxantin, a zeaxantin, a xantofill vagy más néven lutein, a rubixantin, az asztaxantin, a kapszantin, a kapszorubin, a β-karotin-5,6-epoxid, a β-bixin, a krocetin és a krocin.

1.8.2. Kinonok

A kinonszármazékok közül legelterjedtebbek a naftokinonok, amelyek közül egyesek K-vitamin-hatást is mutatnak. Az antrakinonok ritkábbak, elsősorban rovarokban és gombákban találhatók meg. A természetben szabadon, észter- vagy glikozidos kötésben, esetleg fehérjéhez kötve találhatók. Gyakran előfordulnak redukált formában, mint polifenol vegyületek. Elsősorban oxidáz enzimek hatására tudnak átalakulni kinoidális szerkezetté. A nagy molekulatömegű polifenoloknál nagyobb a lehetőség a kinoidális szerkezet kialakítására, így a színtelen polifenolokból sötétebb árnyalatok is létrejöhetnek. Ilyen mechanizmussal megy végbe egyes gyümölcsök, növények sérült felületein az ún. polifenolos barnulás. Ismertebb kinonok a metoxi-benzokinon, a 2,6-dimetoxi-benzokinon, az embelin, a juglon, a lawson és az alkannin. Az antrakinonok közül az alizarin a rebarbarában és néhány más növény gyökerében található. A krizofánsav narancssárga, a digitolutein vörös színű anyag.

1.8.3. Flavonoid színezékek

A magasabb rendű növényekben megtalálható flavonoidok egy része színtelen, azonban számos vegyület tud sárga, narancssárga, piros, ibolya és kék színhatást kifejteni. A flavonoidok fenil-kromán alapvázú, abból levezethető vagy azzal rokon vegyületek, amelyek elterjedtek a növényvilágban. Kémiai szerkezetük alapján az alábbi alcsoportokba soroljuk őket: antoxantinok, antocianidinek, auronok és kalkonok.

Az antoxantinokat további csoportokra oszthatjuk az alapvegyület oxidáltsági foka, illetve jellegzetes funkciós csoportjaik révén. Ezek közül a flavonok, az izoflavonok és a flavonolok adnak sárga színárnyalatot. Szintén sárga színűek a kalkonok és az auronok is.

Az antocianidinek alapváza a fenil-kromán szerkezetből levezethető, pozitív töltést hordozó flaviliumkation. Az antocianidinek színe a hidroxilcsoportok számának a növekedésével a narancsvörös-piros árnyalattól az ibolyáskék felé tolódik el. A proantocianidinek színtelenek, de az élelmiszer-feldolgozás során színessé válhatnak.

Az antoxantinok közé tartozik az apigenin, amely halványsárga, a luteolin, amely sárga, a kvercetin, a rutin és a kvercitrin, amelyek szintén sárga, sárgásfehér

színű vegyületek. A kalkonok közé tartoznak az izolikviritin és a butein sárga színű vegyületek, és ugyancsak sárga az auronok közé tartozó aureuzidin. Az antocianidinek közé tartozik a vörös színű apigenidin, a vörösbarna pelargonidin és cianidin, a barna peonidin, a sötétbarna delfinidin és malvidin, valamint a szürkésbarna petunidin.

1.8.4. Pirrolszínezékek

A pirrolszínezékek a magasabb és alacsonyabb rendű állati és növényi szervezetekben is megtalálhatók. A sárga, vörös, zöld és kék szín kialakításában vesznek részt. Kémiai szerkezetüket tekintve gyűrűs és lineáris tetrapirrol szerkezeteket különböztetünk meg. Ismeretesek olyan lineáris elrendezésű származékok is, amelyek két vagy három pirrolgyűrűt tartalmaznak. A pirrolszínezékek fizikai, kémiai és érzékszervi tulajdonságai függnek a speciális szerkezettől, valamint az alapvázon lévő helyettesítőktől, esetleg más vegyületekhez való kötődéstől.

A gyűrűs tetrapirrolszármazékok fémtartalmúak és fémet nem tartalmazók lehetnek. A fémmentes tetrapirrolszínezékek alapváza a porfinváz, amely négy pirrolgyűrűből épül fel, metinhidakkal összekötve. A porfirinvegyületek a porfinvázból vezethetők le. A fémtartalmú tetrapirrolvegyületek porfinvázas és forbinvázas vegyületek csoportjára oszthatók. A porfinvázas vegyületek közül legnagyobb jelentősége a porfirinvázas komplexeknek van. A vasion két- vagy háromértékű formában kapcsolódhat be a porfinvázba. A protohem két összetett fehérjének, a hemoglobinnak és a mioglobinnak a prosztetikus csoportja. A hemoglobin a vér, a mioglobin pedig jellegzetesen az izomszövet színezőanyaga. Az izomszínezékek között meg kell még említeni a citokrómokat, amelyek vörös hemszínezékek, vasat tartalmazó porfirin-fehérje komplexek, a B_{12}-vitamint, amelyben a porfiringyűrűbe kobaltatom kapcsolódik, a flavinokat vagy más néven sárga koenzimeket, amelyek a citokrómokkal a sejtek elektrontranszportját végzik.

A mioglobinmolekulák reverzibilisen oxigént kötnek meg a hemcsoport segítségével. A mioglobin és a molekuláris oxigén között kialakult kovalens kötés eredményeképpen létrejön az oximioglobin, amelyben a vasion redukált, kétértékű formában van jelen. A vasion oxidációjával a metmioglobin alakul ki, amely ferriiont tartalmaz. A mioglobin kialakulásakor kovalens kötések jönnek létre, amelyek szép, piros árnyalatú hússzínek kialakításához vezetnek, mivel az oximioglobin világospiros színű. Ezzel ellentétben a metmioglobin barna színű vegyület, amely rontja a hús érzékszervi tulajdonságait. Összefoglalva tehát, a friss húsok színét három színezék, a mioglobin, az oximioglobin és a metmioglobin befolyásolja.

A forbinvázas vegyületek képviselői a klorofillok, a növények zöld színanyagai. A kloroplasztin összetett fehérje, amelynek prosztetikus csoportjai a klorofill-a és a klorofill-b. A forbinvázban a pirrolgyűrűk nitrogénatomjaihoz fő- és mellékvegyértékkel magnéziumatom kapcsolódik. Savas közegben a

magnéziumatom könnyen kilép a klorofillmolekulából, miközben feofitin keletkezik. A feofitin-a és -b barnászöld színű.

A lineáris pirrolszínezékek közé tartoznak a biliverdin és a bilirubin, amelyek narancssárga színű hemoglobin-bomlástermékek.

1.8.5. Egyéb természetes színezékek

Az egyéb természetes színezékek közé tartoznak a melaninok, amelyek az állatok szőrének, tollának, a szemnek, a bőrnek barna vagy fekete színt adó vegyületek. A betalainok az antociánvegyületekkel mutatnak hasonló színező hatást. Ennek megfelelően megkülönböztetünk sárga színű betaxantin- és vörös színű betacianin-vegyületeket. A tanninok a tölgy barkájában található színtelen, sárga vagy barna színű vegyületek. A hidrolizálható tanninok a galluszsav és az ellagsav polimerjei, a nem hidrolizálható tanninok pedig a katechinek éterkötésű dimerjei. A tanninok az egyes élelmiszereknek jellegzetes, fanyar ízhatást adnak. Szerepük van emellett még az enzimes barnulás folyamatában is.

1.9. Íz- és aromaanyagok

1.9.1. Ízanyagok

Az ízérzet különböző anyagok oldatainak ingerkeltő hatására jön létre az agyközpontban, a nyelven, illetve a hátsó szájüregben elhelyezkedő idegvégződések, ízlelőbimbók közreműködésével. A szagérzet az orrban elhelyezkedő speciális idegvégződéseken egyes gáz állapotú anyagok hatására bekövetkező ingerek agyközpontban keletkező tudata. A szaglás és az ízlelés egymást befolyásolja; az együttes észlelésből keletkezett érzetet zamatnak hívjuk. A zamatérzetet is befolyásolják más olyan tényezők is, mint pl. a látás, továbbá olyan külső hatások, amelyek a fogyasztás során érvényesülnek. Azt a legkisebb koncentrációt, amelyet még észlelni tudunk, ingerküszöbnek nevezzük.

Négy alapízt különböztetünk meg: az édes, a keserű, a savanyú és a sós ízeket. Az umami (japánul finom íz) a négy alapíz melletti ötödik íz, mely több élelmiszerben, spenót, paradicsom, sajtok, halételek stb. is megtalálható. A japánok, illetve kínaiak által készített ételek íze egészül ki a négy alapíz mellett az umamival, melynek kiváltására leginkább a glutaminsav nátriumsója, a nátrium-glutamát képes, melyet ízfokozóként is használnak. A keleti konyhában az umami íz alapvető fontosságú, a világ nyugati részén kellemes ízként, húsízként vagy kínai ízként említik.

Az édes ízhatást korábban a hidroxilcsoportok jelenlétével magyarázták, mivel a cukormolekulákban ezek vannak jelen kiemelkedő mennyiségben. Mivel

azonban más kémiai szerkezetű anyagok is mutatnak édes ízhatást, olyan, közös jellemző tulajdonságokat kellett keresni, amelyek valamennyi édes ízű anyagban megtalálhatók. Ezért az édes ízt adó vegyületek ízadó egységére vagy ízténye-zőjére felállították az ún. AH/B-elméletet, amely szerint az ízadó egység egy hidrogénkötést létesítő proton és egy, a protontól kb. 0,3 nm távolságban lévő elektronegatív, kovalensen kötődő atom.

A természetes édesítőanyagokat kémiai összetételük alapján az alábbi csoportokba oszthatjuk: szénhidrátok, cukoralkoholok és a triterpének. Általában az jellemző rájuk, hogy nagy az energiatartalmuk, ezért bizonyos megbetegedések esetén előírt diéta tartása céljából mesterséges édesítőszereket is kifejlesztettek. Ezek az anyagok a szervezet számára nem szolgáltatnak energiát, de igen nagyfokú édes ízhatást adnak. Ezek közül legrégebben ismert a szacharin, illetve Nasója, a kristályos szacharid. Az édes ízhatás számszerű kifejezésére a természetes édesítőanyagokkal való összehasonlítás céljából több fogalmat vezettek be. Ezek az édességi fok, a molekuláris édességi fok és az édességi egység. A szintetikus édesítőszerek édesítőképessége lényegesen nagyobb, mint a természetes anyagoké; ha a szacharóz édesítőképessége 100, akkor a szachariné 55 ezer, a kristályos szacharidé pedig 44 ezer.

A keserű ízhatás hasonlít az édeshez, ami az ingert okozó molekulák sztereokémiai szerkezetével függ össze. E szerint a keserű és édes íz közötti eltérést a molekula térbeli elhelyezkedése fogja eldönteni a receptorokban. Ez az elmélet különösen érvényes az aminosavakra, amelyeknél a D-izomerek édesek, az L-izomerek pedig keserűek.

Az élelmiszerekben előforduló keserű ízanyagok közül az egyik legjellegzetesebb a kreatin, amely egyes levesek keserű ízét adja. A kinin alkaloid a keserű ízérzékelés alapvegyülete. A kakaó, a kávé és a tea keserű vegyületei, a koffein és a teobromin, purinvázas alkaloidok. A komló zamatanyagai, a humulon és a lupulon, a sör ízét kiemelkedően befolyásolják. A citrusféléknél a limonin, egy keserű ízű triterpén-dilakton vegyület fordul elő. Másik jellegzetes keserű ízanyag a naringin, amely flavonon-glikozid. A fehérjehidrolizátumok, a pácolt és érett sajtok nemkívánatos keserű ízét elsősorban a peptidekben lévő hidrofób oldalláncú aminosavak idézik elő.

A sók keserűsége nagy valószínűséggel a kationok és az anionok ionátmérője összegével mutat kapcsolatot. Ha a sóban lévő kation ionátmérője 0,6 nm alatt van, tiszta sós ízt érzünk. A nátrium-klorid 0,556 nm-rel, valamint a lítium-klorid 0,498 nm-rel sós ízű, a magnézium-klorid viszont 0,85 nm átmérővel kimondottan keserű. A tiszta sós ízt a nátrium-klorid adja, amelyhez nagyon hasonló ízhatást mutat a lítium-klorid is. A többi só komplex ízű, mivel az édes, a keserű, a savanyú és a sós ízek keverékeit alakítják ki. Tiszta sós ízt a Na- és Li-ionok idéznek elő, a K-ion édes-keserű, a Mg-ion keserű, az Al-ion édes-fanyar sós ízhatást ad.

Savanyú ízhatást az élelmiszeripari gyakorlatban leginkább elterjedt különböző savak, a citromsav, az ecetsav és a tejsav okoznak. A savanyú ízhatás

nemcsak a savkoncentrációtól, hanem a disszociáció fokától is függ. Lehetséges, hogy a molekulatömeg, a molekulaméret és a polaritás is nagy jelentőségű a savanyú ízérzet kialakításában.

Ízfokozó anyagoknak hívjuk azokat a vegyületeket, amelyek a kimutatási küszöb alatti koncentrációban valamely más ízanyag hatását a szájban fokozzák, és az élelmiszereknek kellemes vagy kellemetlen zamatot adnak. Legismertebb ízfokozók a Na-L-glutamát és az 5'-inozin-monofoszfát.

A fanyar ízhatás során a szájüreg szöveteinek erős összehúzódásával száraz érzet alakul ki a szájban. A fanyar ízérzet általában akkor keletkezik, ha a tanninok vagy polifenolok fehérjékkel kapcsolódva a nyálban csapadékot vagy aggregátumokat képeznek. Bizonyos élelmiszerekben a fanyar ízhatás kellemes és kívánatos, mint pl. a tea és a vörösbor esetében. A tanninok (cserzőanyagok) igen elterjedtek a természetben. Jellegzetes kémiai szerkezetük alapján lehetnek depszidek, amelyek fenolkarbonsavaknak fenolkarbonsavakkal képzett észterei. A klorogénsav közülük a legjelentősebb, amely a pörkölt kávé ízkialakításában játszik szerepet. Ismert tanninok még a gallotanninok, az ellagén cserzőanyagok és a katechinek.

A csípős ízhatást bizonyos növényekben, fűszerekben előforduló olyan vegyületek okozzák, amelyek éles, égető, szúrós érzetet, összefoglalóan csípős ízérzetet keltenek. Hűsítő érzet akkor keletkezik, amikor bizonyos vegyületek az orr vagy a száj szöveteivel érintkezve mentaszerű zamattal társuló hatást stimulálnak. Legjellegzetesebb ezek közül a (-)-mentol és a kámfor, amelyek még jellegzetes illatot is adnak a hűsítő hatás mellett.

Valamely élelmiszer ízét legtöbbször nem egy, hanem több ízanyag vagy más, ízhatást befolyásoló anyagok együttes fellépése és egyéb külső körülmények (pl. hőmérséklet) is befolyásolják. A NaCl-nak a sós ízhatás mellett fontos szerepe van a fehérjék kellemes, telt ízének kiemelésében, ezzel szemben az édes vagy savanyú ízeket jelenléte keserűvé tudja változtatni. A külső tényezők közül legjelentősebb a hőmérséklet, ugyanis vannak olyan élelmiszerek, amelyek csak melegen, és vannak olyanok, amelyek inkább csak hidegen adják a kívánt zamathatást. Így a gyümölcslevek és a borok aromája pl. alacsony hőmérsékleten teljes, a feketekávét, a teát és a fűszeres készítményeket pedig melegen fogyasztják.

1.9.2. Aromaanyagok

Aromaanyagoknak vagy illatanyagoknak nevezzük azokat a vegyületeket, amelyek az élelmiszerek vagy élelmiszer-nyersanyagok szagérzetét keltik. Az aromaanyagok egy része nemcsak a szagérzet, hanem az ízérzet kialakításában is részt vesz. Az aromaanyagok illékony vegyületek, amelyeknek azon koncentrációját, ami még elegendő a szagérzet felismerésére, küszöbkoncentrációnak nevezzük.

Az élelmiszerek illatának, illetve zamatának kialakításában igen nagyszámú vegyület vesz részt. Az Allium-félék kéntartalmú illóanyag-komponensei közé

tartozók erős, átható aromaanyagok. Idetartoznak a vöröshagyma, a fokhagyma, a póréhagyma és más hagymafféleségek illóanyagai. Az ép növényekben a jellegzetes aroma nem mutatkozik, mivel az illatprekurzorok nem tudnak átalakulni aromaanyagokká. A hagymaillat prekurzora az S-(1-propenil)-L-cisztein-szulfoxid, amely a póréhagymában is megtalálható. A vegyületet az alliináz enzim gyorsan hidrolizálja, amelynek eredményeképpen piroszőlősav mellett szulfénsav és ammónia keletkezik. A szulfénsav a továbbiakban átrendeződik tiopropanal-S-oxiddá, amely könnyeztető hatású.

A fokhagyma illata azonos módon keletkezik, azzal az eltéréssel, hogy a prekurzor vegyület itt az S-(2-propenil)-L-cisztein-szulfoxid. Az allicin vagy más néven diallil-tioszulfinát szintén hozzájárul a friss fokhagyma illatának kialakításához. Könnyeztető hatást kifejtő, S-oxid típusú vegyület itt nem keletkezik.

A keresztesvirágúak, mint a káposzta, a kelbimbó, a retek és a torma, valamint az ernyősvirágzatúakhoz tartozó petrezselyem kéntartalmú illóanyagai alakítják ki jellegzetes aromájukat. A zsírsavak enzimes bontása során keletkező illatanyagok fontos szerepet töltenek be a gyümölcsök és zöldségfélék jellegzetes illatanyagainak kialakításában. A lipoxigenáz enzimes reakciók hatására érő gyümölcsökben vagy sérült szövetekben gyakran keletkeznek telítetlen zsírsavakból aromaanyagok. Így pl. linolénsavból lipoxigenáz hatására a friss paradicsom és uborka jellegzetes aromaanyagai képződnek. A reakció során keletkező aldehidek és ketonok a megfelelő alkohollá tudnak redukálódni, amelyek észlelési küszöbértékei magasabbak a kiindulási vegyületekénél. A hosszú szénláncú zsírsavak β-oxidációjából származó illó komponensek kellemes, gyümölcs jellegű aromák, amelyek az érés során fejlődnek ki. A reakció során közepes lánchosszúságú, illékony molekulák alakulnak ki, és karboxisavak is keletkeznek, amelyekből gyűrűzáródással γ- és δ-laktonok jönnek létre. Az acilglicerinek hidrolízises bontásával kellemetlen illatú szabad zsírsavak keletkeznek. Keményített illat a hidrogénezett szójaolajban, illetőleg a tengeri állatok olajaiban hosszabb tárolás után érezhető.

Zsírbontó enzimek hatására is keletkezhetnek illatanyagok, amikor a lipáz enzimek az acilglicerin molekulákat két lépésben hidrolizálják. Az endogén lipázok jelentősek a zamatképződés szempontjából, mivel a triacilglicerinek hidrolízisével kellemes vagy kellemetlen illatanyagok keletkezhetnek. Az elágazó láncú aminosavakból is keletkeznek illatanyagok, hisz ezek prekurzorai a gyümölcsérési folyamat során lejátszódó aromaanyag-képződési reakcióknak. Ennek során a leucinból több lépésben a banán jellegzetes illatanyaga, az izoamil-acetát keletkezik. Egy másik reakció során az alma jellegzetes illatanyaga, az etil-3-metil-butirát jön létre.

A különböző gyümölcsök és fűfélék jellegzetes aromáját adó terpénvegyületek kis koncentrációban ugyan, de elterjedten fordulnak elő a növényvilágban. Tejsavas-etanolos erjedéssel jelentős mennyiségű illatkomponens (acetaldehid, diacetil, acetoin, alkohol) keletkezik az erjedéssel készített termékekben.

A zsírokban és olajokban autooxidációs folyamatok hatására kellemetlen illatanyagok keletkeznek. A folyamat fő termékei az aldehidek és a ketonok, amelyek faggyús, zsíros és fémes, kellemetlen ízeket okoznak.

Az élelmiszerekben jelentősek az izomszövetek illóanyagai is. A kérődzők fajspecifikus zamatanyagai a húsokban szoros kapcsolatban vannak a lipidfrakció egyes vegyületeivel. A birka- és bárányhúsok illatanyagai, az édeskés zamat kialakulása szoros kapcsolatban van a közepes lánchosszúságú zsírsavakkal. A sertéshúsban nagy mennyiségben vannak jelen a laktonok, amelyek nagy valószínűséggel a hús édeskés ízét okozzák. Párolt csirkében elsősorban a linolénsavból és arachidonsavból keletkező illatanyagok járulnak hozzá a jellegzetes zamat kialakításához.

A hal jellegű aroma alapvegyülete a trimetil-amin és a dimetil-amin, amelyek enzimes hasítással keletkeznek a tengeri halakban nagy mennyiségben található trimetil-amin-oxidból. A nagyon friss halakban egyáltalán nincs a halcsarnokok jellegzetes szagát adó trimetil-amin. A hőkezelés hatására is jelentős mennyiségben keletkeznek illatanyagok, amelyek nagyon hasonlóak a redukáló cukrok és az aminosavak reakciói során keletkező barnulási reakciótermékekhez. Főzés hatására pl. a cisztein lebontódása során kén-hidrogén, ammónia és acetaldehid keletkezik. Az acetaldehid reakcióba lép az acetoin merkapto származékával, és a főtt marhahúsra jellemző tiazolin keletkezik.

Karotinoid vegyületek oxidatív hasadással keletkező termékei közül a β-damascenon a borok zamatanyagának kialakításában játszik szerepet. A β-jonon mint kellemes virágaroma-anyag is ismert, a teaspirán pedig a tea kellemes aromájának kialakításában vesz részt, más rokonvegyületekkel együtt.

1.10. Egyéb szerves vegyületek az élelmiszerekben

Az élelmiszerek kis mennyiségben olyan vegyületeket is tartalmaznak, amelyek részt vesznek ízük és illatuk kialakításában, befolyásolják eltarthatóságukat, és köztük speciális élettani hatású komponensek is találhatók.

1.10.1. Alkoholok

Az alkoholokat a szénhidrogénből úgy vezetjük le, hogy bennük egy vagy több hidrogénatomot hidroxilcsoporttal helyettesítünk. A hidroxilcsoportok száma szerint megkülönböztetünk egy-, két- és többértékű alkoholokat. Aszerint, hogy a hidroxilcsoportot tartalmazó szénatom hány másik szénatomhoz kapcsolódik, beszélünk primer, szekunder és tercier alkoholokról.

Az egyértékű alifás alkoholok között vannak az élelmiszeripari szempontból legfontosabb alkoholok, amelyek homológ sort alkotnak. A kisebb szénatomszámú alkoholok vízben és szerves oldószerekben jól oldódó folyadékok,

a 4-12 szénatomszámú egyértékű alkoholok olajszerűek, vízben nem oldódnak. A nagyobb szénatomszámú alkoholok szobahőmérsékleten szilárdak, viaszszerűek.

A metil-alkohol (CH_3OH) a legegyszerűbb egyértékű alifás alkohol, amely nagyon mérgező; a megivott és a gőz alakban belélegzett metil-alkohol egyaránt életveszélyes. A természetben észterek és éterek alakjában fordul elő. A metilészter legnagyobb mennyiségben a pektinben található. Éterkötésben tartalmazza a fa ligninje, sok növényi illóolaj és alkaloid. Előfordul a gyümölcspálinkákban is, amelyekben a gyümölcs erjesztése során a pektin-metilészterből képződik. A borban általában 38-200 mg/dm^3 mennyiségben fordul elő. A direkt termő szőlők sok pektint tartalmaznak; az erjedést kísérő enzimatikus lebontás során a pektin-metilészteráz enzim hatására az ilyen szőlő bora már az egészségre ártalmas mennyiségben tartalmaz metil-alkoholt.

Az etil-alkohol színtelen, víztiszta, kellemes szagú és égető ízű folyadék. Hidegen vagy melegen számos illóanyagot jól old, minden élő szervezet számára erős méreg. Az etil-alkohol-képződés legrégebben ismert módja a szeszes erjedés, amelynek során glükózból alkohol és szén-dioxid képződik.

Az alkoholgyártás legáltalánosabban ismert alapanyagai a cukortartalmú növényi nedvek, a cukorgyártásnál visszamaradó melasz, a keményítőtartalmú mezőgazdasági termékek és a cellulóztartalmú növényi hulladékok. Hazánkban főleg melaszból és kukoricából gyártanak ipari méretekben alkoholt. Az erjesztéshez használt élesztősejtek 15-20%-nál több alkoholt tartalmazó közegben elpusztulnak, ezért ennél töményebb alkohol csak desztillációval érhető el. Az így elérhető legnagyobb töménység 96%, amelyből a vízmentes alkohol gyártásához a vizet azeotropos desztillációval el kell távolítani.

Élelmiszeripari szempontból jelentősek az alkoholtartalmú italok. A borok etil-alkohol-tartalma az évjárattól és a fajtától függően 5,5-13,5% lehet, a sörben 1,0-5,5% közötti az etil-alkohol mennyisége, míg a tömény szeszes italokban az etil-alkohol-tartalom 30-55% között van. Az emberi szervezet számára a kis mennyiségben fogyasztott alkoholtartalmú ital előnyös hatású, étvágygerjesztő, emésztést elősegítő és szorongást oldó lehet, nagy mennyiségben azonban rendkívül káros.

A propil-alkohol, a butil-alkohol és a nagyobb tagszámú alifás alkoholok a nonanolig bezárólag szabad és észter formában, különböző gyümölcsökben és szeszes italokban fordulnak elő. A borban az erjedés során kis mennyiségben képződik amil-, hexil-, heptil- és nonil-alkohol is.

A többértékű alifás alkoholok közül a két- és háromértékűek között vannak az élelmiszerek szempontból legjelentősebbek. A kétértékű alkoholoknak a hidroxilcsoportok egymáshoz viszonyított helyzetétől függően három típusuk lehet: geminális, vicinális és diszjunkt diolok. Közéjük tartoznak az etilénglikol, a propándiolok és a 2,3-butándiol.

A glicerin primer hidroxilcsoportjai reakcióképesebbek a szekundernél, oxidációval, az oxidáció mértékétől függően, glicerinaldehid, dihidroxi-aceton, glicerinsav, oxálsav és glioxálsav képződhet belőle. Fontos vegyületek a zsírsavakkal alkotott észterei, amelyek a zsírok és olajok alkotói, valamint foszfátészterei, amelyek a biológiai oxidációban kulcsfontosságúak.

Az aromás alkoholokban a hidroxilcsoport az aromás gyűrűhöz kapcsolódó telített vagy telítetlen oldalláncban található. A benzil-alkohol enyhén aromás illatú, olajszerű folyadék, amely megtalálható a málnában, a teában, a dohányban, a szegfűben és a jázminban. Észterei a balzsamfákban fordulnak elő. A β-feniletil-alkohol színtelen, rózsa- és enyhén mézillatú, égető ízű folyadék. A fahéjalkohol színtelen, édeskés-balzsamos, jácintillatú, kristályos vegyület, amelynek oxidációs termékei a fahéjaldehid, a fahéjsav és a benzaldehid.

1.10.2. Fenolok, fenol-éterek, fenol-alkoholok

A fenolok olyan aromás hidroxiszármazékok, amelyekben az aromás gyűrű egy vagy több hidrogénjét hidroxilcsoporttal helyettesítjük. Savas jellegű vegyületek; lúgokkal sókat alkotnak, amelyeket fenolátoknak hívunk. Savakkal észtert, alkoholokkal étert képeznek, általában könnyen oxidálódnak, amit színváltozás kísér.

A fenol átható szagú, füstre emlékeztető aromájú, erősen égető, maró ízű, színtelen, kristályos anyag, amely a levegőn megpirosodik. Előfordul a tea- és a dohánylevél olajában, a füstölt húsokban, az alkoholtartalmú italokban, a pörkölt kávéban, a pörkölt földimogyoróban és a paradicsomban. A krezol 3 izomer módosulata közül a meta- és para-krezol fordul elő élelmiszerekben. Az etil-fenol megtalálható a tejben, a szójamártásban, a paradicsomban és a pörkölt mogyoróban. A vinil-fenol fanyar, füstös aromájú, a sörben, a tejben és a pörkölt földimogyoróban előforduló vegyület. A karvakrol (2-metil-5-izopropil-fenol) antiszeptikus hatású, a majorannában és a szurokfűben megtalálható, fertőtlenítésre és aromaanyagként szolgáló vegyület.

A timol (5-metil-2-izopropil-fenol) fűszeres, kakukkfűillatú, égető ízű, kristályos vegyület. Antiszeptikus hatású; megtalálható az illóolajokban, és különösen nagy mennyiségben fordul elő a kakukkfűolajban. Az anizol fenil-metil-éter, különböző illatanyagok szintézisénél közbülső termék. Az anetol (p-propilénanizol) az ánizsolaj és az édeskömény illóolajának alkotórésze.

A kétértékű fenolok és származékaik igen elterjedtek a növényekben; a zöldségek és gyümölcsök tárolásánál van fontos szerepük. Könnyen kinonokká oxidálódnak, majd a további enzimes reakció során részt vesznek a barnulást okozó színanyagok kialakulásában. Idetartoznak a pirokatechin, a rezorcin, a gvajakol, az eugenol és az izoeugenol.

1.10.3. Oxovegyületek

Az oxovegyületek jellemzője a karbonilcsoport, amely attól függően, hogy az oxocsoport láncvégi vagy láncközi C-atomhoz kapcsolódik, lehet aldehid vagy keton.

Az aldehidek a legreakcióképesebb vegyületek közé tartoznak, amelyek primer alkoholokból keletkeznek enyhe oxidációval; tovább oxidálva őket karbonsavakat kapunk. Az élelmiszerekben az aldehidek az aminosavak bioszintézise során, az aminosavak enzimes dezaminálásánál vagy transzaminálásánál, az aminosavak és a karbonilszármazékok közti reakció során, a telítetlen zsírsavak autooxidációjánál, a linol- és linolénsav enzimes lebontásánál és a karotinoidok átalakulása során képződhetnek. Jellemző illatuk révén a különböző élelmiszerek aromaanyagainak összetevői, és részt vesznek az élelmiszerek nem enzimes barnulási folyamataiban is. Az aldehidcsoport odorofor, azaz szagadó. A C_1-C_7 aldehidek szúrós, penetráns, avas szagúak, a C_8-C_{11} vegyületek kellemes illatúak, a C_{14}-nél nagyobb szénatomszámúak pedig szagtalanok.

Az alifás telített aldehidek közé tartozik a formaldehid, mely kis mennyiségben előfordul a tejben, a sajtban és a szeszes italokban, az acetaldehid, mely kis koncentrációban gyümölcsillatú, az alkoholos erjedés és az ecetsavgyártás fontos köztiterméke, a propionaldehid, az izo-butiraldehid, a n-valeraldehid, a 2-metil-butanal, a kapronaldehid, az önantaldehid, a kaprilaldehid, a 2-etil-hexanal, a nonilaldehid, a decilaldehid, az undecilaldehid és a dodecilaldehid.

A hidroxi-aldehidek mind az alkoholok, mind az aldehidek kémiai tulajdonságait mutatják. A glikolaldehid az élő szervezetek biokémiai folyamatainak közbenső terméke, a D-glicerinaldehidnek a szénhidrát-anyagcserében van fontos szerepe, de részt vesz biológiailag jelentős vegyületek bioszintézisében is.

A telítetlen aldehidek egyszerre mutatják az aldehidek és a telítetlen vegyületek tulajdonságait, ezért nagyon reakcióképes vegyületek. A kettős kötés miatt hajlamosak a polimerizációra, amely hosszabb állás esetén spontán is végbemegy. Legjelentősebb képviselőjük az akrilaldehid, a krotonaldehid és a 2-nonenal, az uborkaillat fő hordozója.

Az aromás aldehidek általában átható illatú vegyületek, amelyek többnyire illóolajokban fordulnak elő. A benzaldehid a keserű mandulában, a fahéjaldehid a fahéjlevélolajban és a levendulaolajban előforduló folyadék, a kuminaldehid pedig többek között az eukaliptuszolajban és a fahéjban mutatható ki. A fenil-acetaldehid a kenyér aromaanyagai között előforduló, jácintillatú vegyület. A szalicilaldehid keserűmandula-szagú, égető ízű folyadék, amely az illóolajokban és a dohányban fordul elő. Az ánizsaldehid galagonyavirág-illatú; jelentős mennyiségben megtalálható az ánizs- és csillagánizsolajban, valamint a dohányban. A vanillin a vanília hüvelytermésében, a szegfűolajban, a feketegyökér virágjában, a burgonyavirágban, a tejben és a borban fordul elő. Az etilvanillin a vanillinnél 3-4-szer zamatosabb, a vanília fűszernövény terméséhez közel álló illatú vegyület.

Az egyéb aldehidekhez sorolható a furfurol, a hidroxi-metil-furfurol és a metional.

A ketonokban a karbonilcsoport mindkét vegyértékével szénatomokhoz kapcsolódik. Reakcióik hasonlítanak az aldehidekéhez, de azoknál nehezebben oxidálhatók, aminek során láncszakadás következik be. Többségük jellegzetes, de nem kellemetlen illatú vegyület.

Az alifás ketonok közé tartozik az aceton, mely az élő szervezetben az acetecetsav dekarboxileződésével képződik. Hidroxi-keton az acetoin, amely kellemes illatú, az állati és az emberi szervezet természetes alkotója. A diacetil az acetoin vagy a 2-butanon oxidációjával képződik, mely a vaj legjellegzetesebb aromaanyaga.

Az aromás ketonok közül az acetofenon számos élelmiszer és illóolaj aromaanyaga. A 4-metil-acetofenon a borsban és a brazíliai rózsafaolajban fordul elő, a zingeron a gyömbér csípős ízű komponense. A makrociklikus ketonok közül a muszkon mósuszillatanyag, a cibeton undorító szagú vegyület, nagy hígításban azonban kellemes, mósuszra emlékeztető illatú. A heterociklusos ketonok közül jelentősebb a maltol, amely kellemesen karamell-, frissen sült kalácsra emlékeztető illatú anyag.

1.10.4. Szerves savak és származékaik

Az élelmiszerek fontos összetevői a szerves savak és származékaik, amelyek közül a legjelentősebbek az észterek és a laktonok.

1.10.4.1. Szerves savak

A szerves savak karboxilcsoportot (–COOH) tartalmazó, szerves szénvegyületek. Az ásványi savaknál gyengébbek, a dikarbonsavak a monokarbonsavaknál erősebbek. Legjellemzőbb tulajdonságuk, hogy az alkoholokkal észtert képeznek, fontos átalakulásuk a dekarboxileződés, és megfelelő körülmények között alkohollá redukálhatók. Mind a növényi, mind az állati szervezetekben az intermedier anyagcsere-folyamatok metabolitjaiként fordulnak elő. Az élelmiszerekben a szerves savak részt vesznek az íz- és illatanyagok kialakításában. A pH változtatásával szabályozzák egyes, technológiai szempontból fontos reakciók sebességét, és védelmet nyújtanak a mikrobiológiai romlás ellen.

A telített monokarbonsavak közül legjelentősebb az ecetsav, amely áthatóan savanyú ízű és szagú, vízgőzzel desztillálható illósav. A propionsav gyenge sav, amelyet a propionsav-termelő baktériumok hexózokból állítanak elő. Fontos szerepe van a sajt érésében, mert részt vesz az aromaanyagok kialakításában. Az n-vajsav kellemetlen, átható szagú, az ecetsavnál gyengébb sav. A vajsavtermelő baktériumok szénhidrátokból és tejsavból, anaerob körülmények között állítják elő.

Az izovajsav a sörben, a teában és a zellergyökérben előforduló, a vajsavnál kevésbé kellemetlen szagú folyadék. Az n-valeriánsav a kávékivonatban, a 2-metil-butánsav a dohány levelében, egyes sajtféleségekben és a macskagyökérben, az izovaleriánsav a szamócában és a búzakenyér tésztájában, a kapronsav a tejben, a sajtban, a sörben, a teában és a málnában, az izokapronsav a tea és az ananász aromakomponensei között, az önantsav a sörben, az almahéjban, a sajtban, a savanyú káposztában, a teában és a kávéban, a kaprilsav metilésztere az ananász aromakomponensei között, a pelargonsav a tea, a spenót, a narancshéj és a bor komponensei között található meg. A kisebb szénatomszámú telítetlen monokarbonsavak közül a krotonsavnak és az izokrotonsavnak van jelentősége, amelyeket a dohány leveléből mutattak ki.

A telített dikarbonsavak molekulájában két karboxilcsoport található. Az oxálsav erősen savas kémhatású, számos alacsonyabb és magasabb rendű növényben szabad állapotban kalcium vagy savanyú kalciumsó alakjában előforduló vegyület, amely a sejtnedvekben alacsony pH-t idéz elő. 4-5 g szabad oxálsav az ember számára halálos méreg. A malonsav számos enzim aktivitását kompetitíve gátolja. Megtalálható a dohányban, a gombában, az árpában, a rozsban és a borban. A borostyánkősav számos növényi és állati termékben megtalálható. A glutársav és az adipinsav az éretlen cukorrépában és a cigarettafüstben fordul elő. A malonsav, a glutársav és az adipinsav diammóniumsói a konyhasóhoz hasonló ízűek, ezért Na-szegény diétában ízesítőként felhasználhatók.

A telítetlen dikarbonsavak közül az etiléndikarbonsavnak két sztereoizomer formája van: a cisz-etiléndikarbonsav maleinsav néven ismert, a transz izomer pedig a fumársav. A maleinsav a dohányban és a gombában, a furmársav viszont, mivel részt vesz a citrátkörben, gyakorlatilag minden olyan sejtben megtalálható, ahol a citrátkör lejátszódik. A citrakonsav a szamócában fordul elő.

A telítetlen trikarbonsavak közül az akonitsavnak ugyancsak két sztereoizomer formája, a cisz- és a transz-akonitsav létezik. A transz-akonitsav a cukornádban, az árpában és a kölesfélékben fordul elő, a cisz-akonitsav pedig a citromsav ciklus közbülső terméke. A glikolsav vagy hidroxiecetsav telített monohidroxi-monokarbonsav, amely az oxálsav biológiai átalakulásának a terméke. Az éretlen szőlő erősen savanyú ízét okozza. A tejsav víztiszta, „tiszta” savanyú ízű vegyület. A tejsav kellemes, savanyú íze miatt különböző élelmiszerek ízesítésére alkalmas.

A glicerinsav a szénhidrát-anyagcsere folyamán képződik a növényi és az állati szervezetben. Az almasavból különösen sok található az éretlen almában, az egresben és a szőlőben, és előfordul még a vérben, a mézben és a borban is. A borkősav a természetben széles körben megtalálható a különféle növényekben: a szőlőben, a galagonyában, a meggyben és a berkenyében.

A citromsav kellemesen savanykás ízű, nagyon reakcióképes vegyület, amely minden élőlényben megtalálható, hisz a sejtlégzésben a citrátciklus előtagja. A citrom különösen sok citromsavat tartalmaz, az ipar is ebből állítja

elő. Kellemes savanykás íze miatt az élelmiszeripar széles körben felhasználja. A Cu- és a Fe-ionok komplex alakban való megkötése miatt a zsírokhoz adagolt antioxidáns mellett szinergetikus hatása van.

Az aromás karbonsavak közül a benzoesav és származékai, a p-hidroxi-benzoesav és a p-hidroxi-benzoesav-észterek, valamint a szalicilsav baktericid és fungicid hatásúak. Néhány aromás karbonsav a különböző élelmiszerekből is kimutatható; az íz- és aromaanyagok részei. A protokatechusav szabad vagy észteresített formában a levelekben, a virágokban és a növények fás részeiben található. A vanillinsav a lignin oxidatív lebontásakor képződik. A gentizinsav in vitro erős fungicid hatást fejt ki. A galluszsav a tannin és más cseranyagok alkotórésze. A sziringasav a növényvilágban gyakran megtalálható; a cukornád nedvéből mutatták ki.

1.10.4.2. Észterek

A szerves savak észterei rendkívül fontos aromaképző vegyületek, ugyanis a szerves savak alifás alkohollal képzett észtereire jellemző, hogy kis szénatomszámú képviselőik gyümölcsillatúak. A hangyasav-etil-észter gyümölcs- és éteres illatú folyadék, amely megtalálható számos gyümölcsben, ezenkívül a kávéaromában és a borban. Gyümölcsaromák előállítására használják. Az etil-formiát mellett mindig előfordul a metil-formiát is. A metil-acetát és az etil-acetát kellemes, friss gyümölcsillatú folyadék; az utóbbi a gyümölcsökben leggyakrabban előforduló észter.

Az 1-propil-acetát körtére emlékeztető illatú, a butil-acetát pedig erőteljes gyümölcsillatú folyadék, amely az almaaromában is megtalálható. Az izobutil-acetát egyes sörökben képződik, a pentil-acetátok pedig, különösen az 1-pentil-acetát, a sör bukéanyagainak összetevője, de előfordul ezenkívül a kakaóban és az almakivonat aromaanyagaiban is. A 3-metil-butil-acetát számos gyümölcs aromájának kialakításában vesz részt, a banánaroma fő komponense, a banán érése során képződik. A hexil-acetátot és az ecetsav-transz-2-hexenil-észtert gyümölcsaromaként használják.

A vajsav alkil-észterei kellemes gyümölcsillatú vegyületek, az n- és izovajsav-észterek egy-egy gyümölcsre emlékeztető illataroma hordozói. A vajsavészterek előfordulnak a gyümölcsökben, a szeszes italokban, a sajtokban, felhasználják gyümölcs- és likőraromák, eszenciák készítéséhez, továbbá az illatszeriparban. A kapronsav-etil-észter ananászra emlékeztető illatú vegyület, amelyet szintetikus gyümölcsaromák készítésekor alkalmaznak. A kaprilsav-etil-észter számos gyümölcsben és szeszes italban megtalálható, és ugyancsak gyümölcsaromák előállítására használják.

Az alifás savak aromás alkohollal képzett észterei vízben nem, de éterben és alkoholban jól oldódnak. Jellegzetes aromahordozók a következők: benzil-acetát, 2-fenil-etil-izobutirát, -izovalerát és a fahéj-acetát. Az aromás savak alkil

alkoholokkal képzett észterei általában intenzív illatúak, közéjük tartozik a fenilecetsav-metil-észter és -etil-észter, amelyek mézre emlékeztető illatú vegyületek, valamint a fahéjsav-metil-észter, a fahéjaroma összetevője, amely édeskés, balzsamos gyümölcsre hasonlító illatú. A fenol-karbonsav-észterek közé tartoznak pl. a szalicilsav észterei, amelyek között több illatanyag található, és amelyek néhány gyümölcs aromaanyagainak és illóolajainak összetevői. A szalicilsav-metil-észter édeskés, fenolos illatú vegyület, az illóolajokból és kis mennyiségben a gyümölcsökből is kimutatható. A szalicilsav-izoamil-észter orchideaillatú folyadék, néhány gyümölcs aromaanyaga.

1.10.4.3. Laktonok

A laktonok a hidroxi-karbonsavak belső észterei, amelyek γ- és δ-hidroxisavakból spontán képződnek. A γ-lakton öttagú, a δ-lakton hattagú, gyűrűs vegyület. A laktonok élelmiszerekben is előfordulnak, és mivel néhányuknak kicsi az ízküszöbértéke, ezért jelentős élelmiszeraroma-komponensek. A γ-laktonok inkább a növényi, a δ-laktonok pedig főként az állati eredetű élelmiszerekben fordulnak elő. A γ- és δ-laktonokon kívül az élelmiszerekben még makrociklusos és biciklusos laktonok is előfordulnak.

1.10.5. Illóolajok

Az illóolajok általában kellemes illatú, olyan olajszerű termékek, amelyek részben optikailag aktívak, részben inaktívak, papírra cseppentve olajfolt visszahagyása nélkül elpárolognak, nem szappanosíthatók el, és vízgőzzel desztillálhatók. Az illóolajok a gyakorlatban különböző kémiai szerkezetű vegyületek keverékei. Eddig több mint 500 összetevőjük ismert, amelyekből egy-egy illóolajban legalább 50 fordul elő. Az alkotórészek 90%-a terpén és terpénszármazék, ezenkívül tartalmaznak aromás vegyületeket, főként fenolt és származékait, alifás származékokat (aldehidek, alkoholok, alkánok, alkének, észterek, ketonok, savak), és kimutathatók belőlük nitrogén- és kéntartalmú vegyületek is. Egyes növények az illóolaj-komponenst glikozid alakjában tartalmazzák, amelyből enzimes hidrolízissel szabadul fel.

Az illóolaj-összetevők több mint 90%-a a terpének közé tartozik. Az izoprén (C_5H_8) polimereinek tekinthető szerves vegyületek, amelyek két vagy több izoprén összekapcsolódásával építhetők fel. A molekulát alkotó izoprénrészek száma szerint lehetnek monoterpének, szeszkviterpének, diterpének, triterpének, tetraterpének és politerpének. A terpének közé nemcsak szénhidrogének tartoznak, hanem az ezekből levezethető alkoholok, éterek, aldehidek, ketonok, savak, észterek, epoxi- és hidrogénezett származékok is. A monoterpének közé tartoznak az ocimén és a mircén, amelyek kellemes illatú folyadékok, a citronellol, amely kellemes, rózsához hasonló illatú, autooxidációra hajlamos folyadék, a geraniol, a nerol, a linalool, a geranial, a neral és a citronellal.

A monociklikus monoterpének csoportjába tartozik a limonén, az α- és β-fellandrén, a terpinének és a terpineol. Az idetartozó mentolnak négy izomer módosulata van, amelyek közül az L-mentol kellemes, hűsítő illatú, a D-izomer viszont csak enyhén hűsítő, dohos pince- és káposztaszagú vegyület. E csoport képviselője még a karvon, a menton, a pulegon, az eukaliptol és az aszkoridol. A biciklikus monoterpének gyűrűs szénhidrogének származékai; közéjük tartozik az α- és β-pinén, az α-tuján és a szabinén. A biciklikus monoterpén ketonok nagyon jellegzetes aromahordozók. Közéjük tartozik a tujon, a kámfor és a fenchon.

A szeszkviterpének három izoprén egységből álló vegyületek, melyek közé tartozik a farnezén, amely színtelen, gyümölcsillatú folyadék, hajlamos az autooxidációra, kimutathatók az alma és citrusfélék aromaanyagai között, és számos illóolaj összetevői. Aciklikus szeszkviterpén alkohol a farnezol, a gyöngyvirágra emlékeztető illatú, olajszerű folyadék. Monociklikus szeszkviterpén szénhidrogén a zingiberén és a humulén. A zingiberén a gyömbérolajban és kurkumaolajban, a humulén pedig a komló és a szegfű éteres kivonataiban található meg. A biciklikus szeszkviterpének közé tartozik a kadinén, a szelinén, az eudezmol, a (+)nutkaton és a kariofillén.

A diterpének négy izoprént tartalmazó vegyületek, amelyek legjellegzetesebb képviselője a fitol, amely mint a klorofill lipofilalkotója, minden zöld növényben előfordul. A triterpének közül a szkvalén cápamájolajból izolálható.

Az aromás vegyületeknek szerepük van az illóolajok jellemző aromájának létrehozásában. A legfontosabb fenolszármazék illóolaj-komponensek az alábbiak: anetol, ánizssav, eugenol, vanillin, timol, karvakrol, benzil-alkohol, benzaldehid, fahéj-alkohol és fahéjaldehid. Alifás illóolaj-komponens között főként észter formában előfordulnak karbonsavak, ketonok és aldehidek. A heterociklusos vegyületek is gyakran részt vesznek az illóolajok jellegzetes illatának kialakításában. Legfontosabb képviselőik a kumarin és kumarinszármazékok, mint pl. a bergaptol, a bergapten, az indol és a szkopoletin.

1.10.6. Alkaloidok

Az alkaloidok a növényekben található erős élettani hatású, nitrogéntartalmú, bázikus tulajdonságú, többnyire heterociklikus vegyületek, ezért rendszerezésük alapja a vegyületben előforduló heterociklikus alapváz. Az agy különböző központjainak működését befolyásoló, jelentős élettani hatás miatt gyógyszerként is használatos vegyületek. Egy részük élénkítő, serkentő hatású, más részük fájdalomcsillapító, de egyben bódító, a kedélyállapotot befolyásoló vegyület. Ez utóbbiak gyakran eufóriát (megokolatlan jókedv, kellemes közérzet), víziót és hallucinációt is előidézhetnek, megváltoztatva az egyén közérzetét, hangulatát és magatartását. Egyes alkaloidokat tartalmazó növényi részek és készítmények a mindennapi életben élvezeti cikké váltak, rendszeres fogyasztásuk gyakran függőséget idéz elő, és számos káros hatásával együtt kábítószer-szenvedély

alakulhat ki. A mindennapi életben elterjedt az alkaloidokat tartalmazó növények (kávé, tea) vizes kivonatának fogyasztása, amely italokban mindig többféle alkaloida található.

A purinvázas alkaloidok közé tartozik a xantin és annak n-metilezett származékai, a koffein, a teobromin és a teofillin. A koffein (az egyik legszélesebb körben fogyasztott alkaloida) a kávécserje magjában, a teacserje leveleiben és a kólafa termésében található. A kávéban 1,0-1,5%, a szárított feketeteában 5% koffein van. A koffein élettani hatása függ a szervezetbe juttatott adagtól. A mérsékelt mennyiségű kávé (kb. 250 mg koffeinnel) serkenti a szívműködést, az anyagcserét és a légzést, javítja az agy vérellátását, aminek következtében gyorsítja az agyműködést, csökkenti a fáradtságot, fokozza a munkateljesítményt, viszont kedvezőtlenül befolyásolja a gyomor vérellátását, ezért közvetlenül az étkezés után előnytelen a kávéfogyasztás. Nagyobb adag koffein (300 mg fölött) kézreszketést, szétszórtságot, erős álmatlanságot, szívtáji nyomást, a fejben pedig vértódulást idéz elő. Halálos adagja 5 g fölött van.

A teobromin fokozza a központi idegrendszer működését és a harántcsíkos izmok teljesítőképességét, erősebb szívhatásokat nem vált ki. Az artériákat tágítja, ezért jó a fejfájás ellen, és értágító hatása következtében jó vízhajtó. A kakaóbab fő alkaloidja, amely mintegy 1,8%-ot tartalmaz belőle. A tejcsokoládé 0,15-0,20%, a keserűcsokoládé pedig 0,9% teobromint tartalmaz. A teofillin a központi idegrendszerre gyakorolt élénkítő hatása szerint a koffein és a teobromin közé esik, bár a három vegyület közül a legerőteljesebb vízhajtó. A xantin központi idegrendszert izgató hatása lényegesen kisebb az előzőekben tárgyalt purinvázas alkaloidokénál, de a szívizmot károsítja, és így bénulást okoz.

Kondenzált piridingyűrűs alkaloidok. A morfin fenantrénvázas, szagtalan, keserű ízű, vízben rosszul oldódó vegyület, amelynek vizes oldata lúgos kémhatású. Jobban oldódik etil-alkoholban, metil-alkoholban és éterben, jól oldódik kálium- és nátrium-hidroxidban, továbbá savakban, amelyekkel sót képez. Élettani hatását tekintve először a nagyagykérget, majd az agyalapi központokat, a nyúltagyat és a gerincvelőt bénítja meg. Emberben az agykéreg fájdalomérző területét bódítja, a kellemetlen testi és szellemi érzések megszüntetésével jó közérzetet, a gondolatok csapongását, álmodozást, majd elalvást okoz. Euforizáló hatása is van, amiért kábítószerként alkalmazzák. A gyógyászatban az erős fájdalom enyhítésére, a súlyos sérülések okozta sokk és a halálfélelem enyhítésére, műtéteknél a beteg megnyugtatására használják.

Az ópium a mák levegőn megszáradt tejnedve, amelyben mintegy 25-féle alkaloida, közülük legnagyobb mennyiségben a morfin van jelen. A morfin a mákgubóban található; régebben az ópiumból, ezt követően az üres mákgubóból állították elő. A heroin a morfin félszintetikus származéka (diacetil-morfin), keserű ízű, vízben jól oldódó vegyület, amely erősen hat a légzőközpontokra, és jól csillapítja a fulladást, a köhögést. A szervezetben gyorsan morfinná alakul, ezért

az utóbbi évtizedekben kábítószerként rendkívül elterjedt, többek között azért is, mert a kívánt hatás eléréséhez jóval kevesebb kell belőle, mint az ópiumból.

A kodein a morfin metilszármazéka (metil-morfin), amely a morfingyűrű ellenére a szervezetre lényegesen ártalmatlanabb, mint a morfium, ugyanis kisebb a veszélye annak, hogy szedése szenvedéllyé válik. A köhögési központot narkotizálja, ezért szamárköhögés és görcsös köhögés enyhítésére, valamint fejfájás, influenza és neuralgiák gyógyítására alkalmazzák. Az (-)-α-narkotin izokinolinvázas alkaloid, a morfin hatását fokozza, önmagában enyhe altató, a légzést izgatja, a szív működését gyengíti, és a bél simaizmait elernyeszti.

A papaverin ugyancsak az ópiumban található, izokinolinvázas alkaloida. Alig van központi fájdalomcsillapító és altató hatása, és nem okoz eufóriát, valamint hozzászokást.

A kinin (kinolinvázas alkaloid) és sói több mikroorganizmust már kis töménységben is elpusztítanak, ezért alkalmazzák pl. a malária gyógyítására. Az agy hőszabályozó központjára gyakorolt hatása révén lázcsillapító. A gyógyszeripari alkalmazáson túl felhasználják limonádék és frissítő üdítőitalok ízesítésére, amelyek kinintartalma 30-60 mg/dm^3. Ízanalíziseknél a keserű íz etalonjaként alkalmazzák.

Piridinvázas alkaloidok. A nikotin a dohány fő alkaloidja. Tiszta állapotban színtelen, kábító szagú folyadék, savakkal jól kristályosodó sókat alkot; főként szerves savakhoz, elsősorban citromsavhoz kötött állapotban fordul elő. A nikotin optikailag aktív; a poláros fény síkját balra forgatja. A perifériás és a központi idegrendszerre egyaránt hat. A nikotin a vérnyomást kezdetben emeli, majd egy idő után csökkenti, emeli a pulzusszámot, szűkíti az ereket, és a szív koszorúereinek szűkítő hatása miatt hozzájárul a szívinfarktus kialakulásához. Szájon át vagy a vérbe kerülve már 25-30 mg nikotin halálos lehet az emberre. A kisebb dózis hatására jelentkező nikotinmérgezés főbb tünetei a fejfájás, a szédülés, a csökkent látás és hallás. A nikotin elsősorban a dohányban fordul elő, a közönséges dohánylevelek 0,6-8,0% nikotint tartalmaznak, de vannak 15%-os nikotintartalmú és nikotinmentes dohánylevelek is. A hazai cigaretták szálanként mintegy 0,7-1,3 mg nikotint tartalmaznak. A dohányban a nikotin kísérői a nornikotin, az anabazin, a nikotirin és a nikotellin.

Indolvázas alkaloidák. Az anyarozsban található fő alkaloidok, a lizergsavszármazékok tartoznak ebbe a csoportba. Közülük a D-(+)-lizergsav-dietilamid az LSD néven ismert kábítószer, amely hallucinogén hatású. Kis mennyiségben is erősen mérgező vegyület, emberben már 0,05-0,20 mg reverzibilis elmezavart okoz, amelyet hallucináció kísér. Az agykéregben megbontja a mozgató- és az érzékelőfunkciók közötti egyensúlyt, pupillatágulást, a normálisnál magasabb vércukorszintet és szapora szívverést válthat ki. Kellemes közérzetet, gondtalan álomvilágot nyújtó hatása miatt kábítószerként terjedt el. Az LSD alapvegyülete, a lizergsav, indolvázas alkaloid, az anyarozs fő alkaloidja.

1.11. Az élelmiszer-tudomány szempontjából legfontosabb enzimek

Az enzimek az élő sejtekben keletkeznek, és meghatározott kémiai reakciókat katalizálnak. Minden növényi és állati szervben megtalálhatók, ahol az anyagcsere-folyamatokat irányítják; a szervezet biokatalizátorai. Nagymolekulájú, szerves vegyületek, amelyek az élő szervezeten kívül is megtartják katalizáló hatásukat.

Az élelmiszer-technológiában fontos szerepet töltenek be, mert egyrészt felhasználhatjuk őket sok élelmiszer előállításához, másrészt meg kell akadályoznunk a működésük következtében fellépő romlási folyamatokat. Az alapanyagok nagy része enzimtartalmú növényi, illetve állati termék, amelyek feldolgozásához további enzimdús segéd- és járulékos anyagot használnak. A legtöbb élelmiszer-technológiai művelet megértése és irányítása ezért az enzimek ismerete nélkül lehetetlen.

A Nemzetközi Biokémiai Unió Enzimológiai Albizottsága szerint az enzim elnevezésekor figyelembe kell venni a folyamatot, amelyet az enzim katalizál, és a szubsztrátot, amelyre az enzim hat. Például a tirozin oxidációját katalizáló enzimet nem elegendő tirozináznak nevezni, hanem az oxidációra is kell utalni; tehát a helyes elnevezés tirozin oxidáz. Az enzimeket a Nemzetközi Biokémiai Unió javaslata szerint a következő 6 főcsoportra oszthatjuk: oxidoreduktázok, liázok, transzferázok, izomerázok, hidrolázok és ligázok.

1.11.1. Oxidoreduktázok

Az oxidoreduktázok hidrogén- vagy elektronátvitelt, esetleg oxigénbevitelt katalizáló enzimek. Elsősorban az energiafelszabadító folyamatokban vesznek részt. Az élőlények az oxidációt fokozott hidrogénátadással végzik, amelynek vége a hidrogén oxidációja vízzé. Ezeket a reakciókat az oxidoreduktáz enzimek katalizálják, amelyek egy része a szubsztrátról, a hidrogéndonorról hidrogént hasít le. Az enzimek a hidrogéndonort oxidálják, a hidrogénakceptort pedig, amelynek a lehasított hidrogént átadják, redukálják. Az oxidoreduktázok ezen képviselőit dehidrogenázoknak is nevezik. Vannak olyan enzimek is, amelyek a szubsztrátról lehasított hidrogént a molekuláris oxigénnek adják át, amely reakció során víz keletkezik. Ezeket az oxidoreduktázokat oxidázoknak nevezzük, amelyek csak az aerob anyagcserét folytató élő szervezetekben fordulnak elő.

Az oxidoreduktázok további, kisebb csoportja a szubsztrátok oxigénfelvételét katalizálja, ezeket oxigenázoknak hívjuk. Más enzimek a hidrogénezést segítik elő, ezért ezek a hidrogenázok. Mivel az oxidoreduktázoknak ismert összetételű, a hordozófehérjékhez lazán kötött kofaktoruk van, ezért kémiai összetételük alapján az alábbi alcsoportokra oszthatók fel: piridinenzimek, flavinenzimek, heminenzimek.

1.11.1.1. Piridinenzimek

A piridinenzimekben a nikotinsavamid-adenin-dinukleotid (NAD^+) és a nikotinsavamid-adenin-dinukleotid-foszfát ($NADP^+$) koenzimek fordulnak elő. Az alkohol dehidrogenáz az első- és másodrendű alkoholok oxidációját katalizálja megfelelő alkoholokká és ketonokká, illetve elvégzi az ellentétes irányban végbemenő folyamat katalízisét is. A glicerinaldehid-foszfát dehidrogenáz a 3-foszfo-glicerinaldehid oxidációját és foszforilálását katalizálja 1,3-difoszfo-glicerinsavvá, a tejsav dehidrogenáz a piroszőlősavból tejsav kialakítását katalizálja. Az aldehid dehidrogenáz a zsírsavak aldehidekké való átalakításánál játszik szerepet. A sör erjesztésénél keletkező és ízhibát okozó diacetilt az Aerobacter aerogenesből kivonható butándiol dehidrogenáz íztelen 2,3-butándiollá redukálja.

1.11.1.2. Flavinenzimek

A flavinenzimek koenzimjei a flavin-mono- és dinukleotidok. A mononukleotid (FMN) valójában a riboflavinfoszfát, amelyből a riboflavin azonos a B_2-vitaminnal. A flavinenzimek rendszerint a biológiai oxidáció második lépcsőjében játszanak fontos szerepet, amikor a redukált piridinenzimektől átveszik a szubsztrátból származó két hidrogénatomot. A piridinenzimeket tehát oxidálják, miközben önmaguk redukálódnak. A redukált flavinenzimek eredeti alakjukat a biológiai oxidáció következő szakaszában nyerik vissza.

A redukált piridinenzimeket oxidáló, azaz dehidrogénező flavinenzimek közül a diaforázok és a citokrom reduktázok a legfontosabbak. Ebbe a csoportba tartozik a flavinmononukleotid koenzim-tartalmú sárga enzim, valamint az élesztőben is megtalálható citokrom reduktáz. A nitrátreduktázok szintén FAD-tartalmú enzimek, amelyeket többek között az emberi bélflóra termel, és amelyek a táplálékkal felvett nitrátokat redukálják nitritekké.

A közvetlen oxidációt végző flavinenzimek közül az aminosav oxidázok és a glükóz oxidázok a legjelentősebbek. Az aminosav oxidázok közvetve dezaminálják az aminosavakat, mert a reakció során keletkező iminosavakból a megfelelő ketosav keletkezik. Ezeknél az enzimeknél a molekuláris oxigén a hidrogénakceptor, ezért a reakció eredményeként hidrogén-peroxid keletkezik, ami sejtméreg, ezért gondoskodni kell a gyors elbontásáról. Ezt a feladatot a kataláz enzim végzi, az ilyen enzimmel nem rendelkező szervezetekben pedig egy ketosav segítségével történik meg a hidrogén-peroxid elbontása.

1.11.1.3. Heminenzimek

Az idetartozó oxidoreduktázok kofaktora a hemin (vas-porfirin komplex), amely porfinvázból és a váz nitrogénjeihez kapcsolódó vasatomokból áll. Az

enzimkatalízis alatt a kofaktorban lévő vas oxidációs száma esetleg megváltozik, vagyis a redukált állapotú enzimben Fe^{2+}, az oxidáltban Fe^{3+} található.

A redukált flavinenzimek hidrogénjét a citokrom a, b és c veszi át, amelyek következtében a flavinenzimek visszanyerik eredeti alakjukat. A redukált citokromoktól ezután a citokrom oxidáz veszi át a hidrogént, és levegő jelenlétében reakcióba hozza az oxigénnel, vagyis a szubsztrátról több dehidrogenáz lépcsőn keresztül érkező hidrogén ekkor vízzé egyesül a levegő oxigénjével. A citokrom oxidáz nagy abszolút fajlagosságú enzim, amely a citokromon kívül más redukált dehidrogenázt nem képes oxidálni. Egy molekula kataláz szinte robbanásszerű hevességgel percenként 5 millió hidrogén-peroxidot bont le. A kataláz-aktivitás vizsgálatával a tőgygyulladásos eredetű tejet lehet kimutatni.

1.11.1.4. Oxigenázok

Ide olyan oxidoreduktáz enzimek tartoznak, amelyek szubsztrátukba oxigén beépülését katalizálják. Az enzimek egy része két atom oxigén bejuttatására képes, ezért ezeket dioxidázoknak, az egy oxigént bejuttatókat monooxigenázoknak vagy hidrolázoknak hívjuk.

A fenol oxidázok közül élelmiszer-technológiai szempontból a monooxigenázokhoz tartozó tirozináz, más néven polifenol oxidáz a legfontosabb. Ez az enzim idézi elő a friss vágási vagy sérülési, ütődési felületek elsötétedését, megbarnulását a gyümölcsökön. A tirozináz ekkor a polifenolokat több lépcsőben sötét színű termékekké, melaninokká oxidálja, amely folyamathoz a levegő oxigénje is szükséges. Az enzimes barnulást a rendszer pH-értékének csökkentésével gátolni, sőt megállítani is lehet; a 0,5%-os citromsavoldatba vagy ecetes vízbe helyezett gyümölcs-, illetve burgonyaszeletek színtelenek maradnak.

A lipoxigenázok a dioxigenázokhoz tartozó olyan enzimek, amelyek meghatározott telítetlen zsírsavakat monohidroperoxidokká alakítanak át. A lipoxigenázok elsősorban a linol- és linolénsav, valamint az arachidonsav átalakítását katalizálják, az olajsavra teljesen hatástalanok. A lipoxigenázok kedvező hatásai közül a zöldség- és gyümölcsaromák keletkezésének elősegítését kell kiemelni. A lipoxigenázok bizonyos változatai a zsírsavakból illó aldehideket, továbbá alkoholokat állítanak elő, amelynek során jellegzetes íz- és aromaanyagok keletkeznek. A kedvezőtlen hatások közé tartozik a természetes színezőanyagok, a karotinok és az esszenciális zsírsavak elbomlása, valamint a zsiradékok avasodásának elősegítése. Az aszkorbinsav oxidáz olyan réztartalmú enzim, amely az aszkorbinsavat molekuláris oxigénnel dehidro-aszkorbinsavvá alakítja, ami könnyen tovább oxidálódik hatástalan termékekké.

1.11.2. Transzferázok

A transzferázok különböző atomcsoportok, gyökök átvitelét katalizálják a szubsztrátról egy másik molekulára. Az átvitt csoport lehet foszfátgyök, szulfátgyök, metilgyök, cukorrész, aminocsoport, nukleotidrész és egyéb vegyület is. A transzferázok fontos szerepet töltenek be az erjedési folyamatokban, az aromaképződésben, a gyümölcsérésben és sok alapvető biológiai szintézisben. Az élelmiszer-előállítás számára a legfontosabb transzferázok a foszfotranszferázok, a glikozil transzferázok és az aminotranszferázok.

A foszfotranszferázok foszfáttartalmú donorról foszfátcsoportot visznek át a foszfátakceptorra, amely alkohol-, karboxil- vagy nitrogéntartalmú csoporttal rendelkező vegyület lehet. A kinázok olyan foszfotranszferázok, amelyeknek a foszfátdonorja minden esetben az adenozin-trifoszfát. A hexokinázok mind hexózokra, mind foszfátakceptorokra képesek foszfátgyököt átvinni, az általuk katalizált reakciók eredményeként tehát hexóz-foszfát keletkezik. A foszfomutázok olyan foszfotranszferázok, amelyeknél ugyanaz a molekula a foszfátdonor és a foszfátakceptor is, tehát a foszfátcsoportok átvitele a szubsztrátmolekulán belül történik.

A glikozil transzferázok vagy transzglikozilázok glikozidkötéssel kapcsolódó atomcsoportokat visznek át egyik molekuláról a másikra. Idetartoznak a foszforilázok, amelyek az összetett szénhidrátokat megfordítható reakcióban, foszforsav kapcsolásával bontják, más szóval foszforilezik. A glükán foszforilázok a keményítőt és a glikogént szervetlen foszfátok jelenlétében glükóz-1-foszfáttá bontják le. A teljes lebontásban több foszforiláz is közreműködik. Az emberi és állati szervezetben tartalék tápanyagként felhalmozott glikogént ezek a foszforilázok bontják le.

A transzaminálás egy L-aminosav aminocsoportjának reverzibilis átvitele egy α-ketosavra. Ezeket a reakciókat az aminotranszferázok katalizálják, amelyeknek koenzimje a piridoxál-foszfát (B_6-vitamin). Az állati és növényi szervezetekben, valamint a mikroorganizmusokban sok L-aminosavakra specifikus transzamináz található, amelyeknek a fehérjeképzésben van fontos szerepük.

1.11.3. Hidrolázok

A hidrolázok olyan enzimek, amelyek szubsztrátjuk kovalens kötéseit víz részvételével bontják. Bár a reakciók reverzibilisek, a legtöbb hidroláznál az egyensúlyi helyzet annyira a hidrolízis irányába tolódik el, hogy a folyamat gyakorlatilag irreverzibilis, így a hidrolázok főleg a lebontási folyamatokban vesznek részt.

1.11.3.1. Észterázok

Az észterázok olyan enzimek, amelyek a karboxil- és szervetlen észterek vízfelvétel közben lejátszódó bomlását, tehát hidrolízisét katalizálják. A hidrolízis során az észterekből ismét szerves, illetve szervetlen savak és alkoholok keletkeznek. A lipázok elsősorban a glicerin zsírsavakkal képzett hármas észtereit, a triacil-glicerolokat vagy a trigliceridet hidrolizálják. A lipázok általában relatív szubsztrátfajlagosságú enzimek, így a zsiradékok különbözősége ellenére is képesek mindegyik variáció hidrolízisét katalizálni, a lebontás sebessége azonban esetenként más és más. Minél hosszabb és minél telítetlenebb a trigliceridben lévő zsírsav szénlánca, annál gyorsabb a hidrolízis.

A lipázok fokozatosan bontják le a trigliceridet, tehát a reakció első lépésében diglicerid, majd monoglicerid keletkezik, és csak ezután válik a hidrolízis teljessé. Általában gyengén lúgos közegben maximális aktivitásúak. Eredetüktől függően optimális pH-juk 7,0-8,8, hőmérsékleti optimumuk 30-40 °C között van. Katalizáló hatásukat a kalciumionok fokozzák, mert ezek a felszabaduló zsírsavakat oldhatatlan kalciumsók alakjában lekötik. Katalizáló hatásukat gyakran -30 °C-ig is megtartják, ami a zsírtartalmú húsok és zöldségfélék hűtve tárolásakor lehet jelentős. Technológiai alkalmazásuk elsősorban a kíméletes zsírbontásnál lehetséges; sajtgyártásnál a mikroorganizmusok által termelt lipázt a sajtaroma fokozására lehet hasznosítani. Tejcsokoládé-gyártásnál a tejzsírok csekély hidrolízisével a termék tejes karakterét lehet növelni.

A pektin metilészteráz abszolút szubsztrátfajlagosságú enzim. A pektint pektinsavra és metil-alkoholra bontja. A klorofilláz enzimnek a növények klorofilljának létrehozásában és elbontásában van szerepe. A tannáz a keserű ízanyagokhoz tartozó digallátokat hidrolizálja két galláttá.

A foszfomonoészterázok foszfatázok, amelyek lehetnek alkalikus foszfatázok, amelyeknek pH-optimuma 9,0-10,0 között, és a savanyú foszfatázok, amelyeknek pH-optimuma 2,8-6,5 között van. A nyers tej alkalikus foszfatáza hőérzékeny, ezért forralás vagy pasztőrözés alatt elbomlik, inaktiválódik. Ez alapján ki lehet deríteni, hogy a tejet jól pasztőrözték-e, illetve hogy a pasztőrözött tejet nem keverték-e nyers tejjel.

A fitáz enzim a fitint bontja. Specifikus savanyú foszfomonoészteráz, amely az inozit hidroxiljai és a foszforsav-molekulák által képzett észterkötés hidrolízisét katalizálja. A foszfodiészterázok a foszforsav kettős észtereinek hidrolízisét katalizálják alkoholra és foszforsavas monoészterre. A foszfodiészterázokhoz tartozik a ribonukleáz és a dezoxiribonukleáz is, amelyek a nukleinsavak mono- és oligonukleotidokra való hidrolízisét katalizálják.

1.11.3.2. Glikozidázok

A glikozidázok olyan enzimek, amelyek az O-glikozid, N-glikozid és az S-glikozid szerkezetű szubsztrátokat hidrolizálják. Az O-glikozidokat bontó enzimeket karbohidrázoknak vagy O-glikozidázoknak, az N-glikozidokat bontó enzimeket nukleozidázoknak vagy N-glikozidázoknak, az S-glikozid kötést bontó enzimet pedig tioglikozidázoknak vagy S-glikozidázoknak hívjuk. Az élelmiszerek szempontjából a karbohidrázoknak van a legnagyobb jelentőségük, amelyek az egyszerű cukrokból felépített összetett szénhidrátokat bontják.

A karbohidrázokat szubsztrátjuk összetétele alapján két nagy csoportra osztjuk. Az első csoportba tartozó oligoszacharázok vagy oligázok oligoszacharidokat hidrolizálnak. Elnevezésük a szubsztrátból „-áz" képzővel történik, amely mellett görög betűvel megjelöljük a glikozidos kötés téralkatát is, mert az oligoszacharázok szubsztrátfajlagosságuk miatt nagyon érzékenyek az oligoszacharidoknak erre a tulajdonságára. A karbohidrázok másik nagy csoportja a nem cukorszerű összetett szénhidrátokat, a poliszacharidokat hidrolizálja, ezért ezeket a karbohidrázokat poliszacharázoknak nevezzük. Az oligoszacharázok közül legfontosabb enzimek az α-glükozidáz, a β-glükozidáz, az α-galaktozidáz, a β-galaktozidáz, a β-fruktozidáz és az α-ramnozidáz. A poliszacharázok legfontosabb képviselői a β-amiláz, az amiloglükozidáz, az α-amiláz és az izoamiláz, a celluláz és a pektinázok.

Az α-glükozidáz vagy maltáz az α térállású glikozidos hidroxilt tartalmazó glükóz glükozidjait hidrolizálja, tehát ez az enzim azoknak az oligoszacharidoknak az elbontását katalizálja, amelyekben α-térállású glükóz van. A β-glükozidáz vagy cellobiáz a β térállású glikozidos hidroxilt tartalmazó glükóz glükozidjait hidrolizálja. Mivel az oligoszacharidok közül a cellobióz a legfontosabb ilyen szerkezetű vegyület, a cellobiáz enzim elnevezése is innen ered. Az α-galaktozidáz olyan szubsztrátokat bont, amelyek végükön nem redukáló galaktóz-maradékot tartalmaznak. A β-galaktozidáz vagy laktáz a galaktóznak azokat a glikozidjait hidrolizálja, melyekben a glikozidos hidroxil β térállású. Legfontosabb ilyen oligoszacharid a laktóz, ezért az enzimet laktáznak is nevezik. A laktázt az élelmiszeriparban olyan termékek előállítására használják, ahol a tejcukor jelenléte nem kívánatos. A β-fruktozidáz (szacharáz, invertáz) azokat a glikozidokat hidrolizálja, amelyekben β térállású glikozidos hidroxilt tartalmazó fruktóz van. Ilyen szerkezetű legelterjedtebb oligoszacharid a szacharóz, és mivel legtöbbször ez a cukor a β-fruktozidáz szubsztrátja, az enzimet szacharáznak is nevezik.

A karbohidrázok másik nagy csoportjához a poliszacharázok tartoznak, amelyek közül a keményítőbontó enzimek a legfontosabbak. Ezeket hatásmechanizmusuk alapján két fő csoportra oszthatjuk: az exoamilázok a glükózlánc végén támadnak (β-amiláz, amilo-glükozidáz), az endoamilázok pedig a láncmolekulák középtáján elhelyezkedő kötéseket bontják (α-amiláz, izoamiláz). Valamennyi, előbb említett enzim a glikogént is bontja.

A β-amiláz az amilóz láncmolekuláinak csak a nem redukáló láncvégét tudja megtámadni, tehát azt, amelyikben nincs szabad glikozidos hidroxilcsoport. A keményítőt csak elcsirizesített állapotban lehet β-amilázzal elcukrosítani, mert az ép szemcséket az enzim alig támadja meg. Az amiloglükozidáz vagy más néven glükoamiláz exoamiláz a glükózrészekből felépült poliszacharidok α-1-4-glikozidos kötéseit bontja. A molekulaláncok nem redukáló végeiről egymás után glükózrészeket hasít le. Az α-amiláz az amilóz elágazás nélküli molekulaláncát egymástól távol eső glükozidos kötéseknél egy időben több helyen támadja meg. Az izoamiláz a természetben ritkán előforduló endoamiláz, az amilopektin és a glikogén elágazó glükózláncainak α-1-6-kötéseit bontja.

A cellulázok a ritka enzimek közé tartoznak, mert mindössze néhány baktérium, penészgomba, egysejtű véglény, rovar, valamint az éticsiga emésztőszervei képeznek celluláz enzimeket. A kérődző állatok is az emésztőrendszerükben velük szimbiózisban élő cellulázt termelő baktériumoknak köszönhetik, hogy meg tudják emészteni a takarmány cellulóztartalmát. A cellulázkomplexum a cellulózt nemcsak egyszerűen cukrosítja, hanem a lebontás közben a cellobiózon kívül kis molekulatömegű szerves savakat (hangyasav, ecetsav, propionsav, vajsav) és gázokat (metán, szén-dioxid, hidrogén) is képez. A hemicellulózt a hemicellulázok bontják kisebb molekulájú szénhidrátokra, cukrokra. Az inulin (a fruktozánokhoz tartozó poliszacharid) hidrolízisét az inulináz nevű enzim végzi, amelynek lebontási terméke a fruktóz.

A pektin hidrolízisét a pektin metilészterázok, az endopektinázok és az exopektinázok végzik, amelyeket együttesen pektinázoknak hívunk. Az endopektinázok hatására a pektintartalmú oldat viszkozitása gyorsan csökken. A lizozim a peptidoglikánokat hidrolizálja, azaz a Gram-pozitív baktériumok sejtfalát, az ezt alkotó mureint oldja. A lizozimot a sajtgyártásnál a csíraszám csökkentésére lehet használni, mert vele a clostridiumos puffadás veszélye mérsékelhető.

1.11.3.3. Proteázok

A proteázok az aminosavakból felépített fehérjéket és peptideket bontják az aminosavakat összekapcsoló peptidkötés hidrolízisével. Hatásmechanizmusuk alapján két nagy csoportra osztjuk őket: az első csoportba tartozó peptidázok (exopeptidázok) az aminosavakból felépülő molekulalánc valamelyik végén lévő utolsó vagy utolsó előtti peptidkötését hidrolizálják. A dipeptidázok is az exopeptidázok közé tartoznak, mert ezek az enzimek a dipeptidekben lévő egyetlen peptidkötést bontják. A proteázok másik csoportjába tartozó proteinázok (endopeptidázok) az aminosavláncok belső, középső peptidkötéseinek hidrolízisét katalizálják. A peptidázok tehát a fehérjék és a peptidek molekulaláncának végéről aminosavakat hasítanak le, a proteinázok viszont a szubsztrátok belső, nem terminális peptidkötéseit hidrolizálják. A proteázok további felosztása

egyrészt a megtámadott peptidkötés helye és összetétele, másrészt az enzim aktív centrumában lévő csoportok alapján lehetséges.

A proteázok két fő csoportján belül számunkra a következő enzimek a legfontosabbak: az exopeptidázok közül az aminopeptidázok, a karboxipeptidázok és a dipeptidázok; az endopeptidázok közül a szerinproteinázok, a tiolproteinázok, a savas proteinázok és a fémtartalmú proteinázok. Mind a peptidázoknak, mind a proteinázoknak közös jellemzője, hogy csak olyan peptidek és fehérjék hidrolízisét tudják katalizálni, amelyek a természetben előforduló, α helyzetű aminocsoporttal rendelkező L-aminosavakból épülnek föl. A D konfigurációjú aminosavak peptidjeire a proteázok hatástalanok.

Az ember emésztőrendszerében zajló enzimes fehérjebontást elemezve megállapítható, hogy a peptidkötés hidrolízise a savas kémhatású gyomorban kezdődik, ahol a pepszin tevékenysége a meghatározó. Az emésztés a gyengén lúgos vékonybélben folytatódik, ahol a hasnyálmirigy által inaktív alakban termelt tripszin és kimotripszin tovább bontja a fehérjéket, és itt már aminosavak is keletkeznek. Az aminosavakig való hidrolízis legnagyobb része a vékonybélben termelődő exopeptidázok (amino-, karboxi- és dipeptidázok) hatására megy végbe.

Az alkalikus mikroba proteázok közül a szubtilizin a biológiailag aktív mosószerek fontos alkotórésze. A tiolproteinázok közül számunkra a növényi eredetű papain endopeptidáz a legfontosabb, mely a növényi eredetű fehérjéket bontja.

A kimozin (rennin, oltóenzim) olyan endopeptidáz, amely a fiatal, még szopós emlősök gyomrában található. Elsősorban a tej kazeinjének hidrolízisét katalizálja, amelynek eredményeként a kolloidálisan oldott kazein kalciumsójából oldható glükopeptid és kalcium-parakazein keletkezik. Fontos alkalmazási területe a tejipar, ahol a tej alvasztására (édes alvasztás), a túró és a kazein előállítására a savas kezeléssel együtt is használják.

Az állati szervezetekben nemcsak az emésztőcsatornában, hanem a sejtekben és a szövetekben is találhatók fehérjebontó enzimek, melyek nem egységesek, hanem különböző tulajdonságú endopeptidázok keverékei. Ezeket a proteázokat közös néven katepszineknek hívják. A katepszinek az állat elpusztulása után gyorsan aktiválódnak, és részt vesznek a hús érlelésében, illetve a szervezet elbomlásában.

1.11.3.4. Amidázok és amidinázok

A legismertebb amidáz az ureáz, amely a karbamid ammóniává és szén-dioxiddá való bontását katalizálja. Az aminosav dezaminázok és dezamidinázok egyes bázikus aminosavak nitrogéntartalmú csoportjainak hidrolízises leválását katalizálják. Ilyen enzimek az aszparagináz, a glutamináz és az argináz. A hidrolázok e csoportjába még sok élelmiszer-tudományi és biokémiai jelentőségű enzim tartozik. Közülük néhány: nikotinamidáz, citrullináz, pantotenáz, kreatininász, nitriláz, riboflavináz és tiamináz.

1.11.3.5. Savanhidrid hidrolázok

Az enzimek ezen csoportjába olyanok tartoznak, amelyek szervetlen savmaradékokat hasítanak le a szubsztrátról. Legfontosabb ezek közül az adenozin-trifoszfatáz, amelynek hatására adenozin-trifoszfátból adenozin-difoszfát lesz, és egyidejűleg ortofoszforsav szabadul fel. Az adenozin-trifoszfatáz csaknem minden élő szervezetben megtalálható; kalciumion növeli, magnéziumion csökkenti aktivitását.

1.11.4. Liázok

A liázok a C–C, a C–O és a C–N, valamint egyéb kötéseket bontanak nem hidrolízissel és nem redoxfolyamattal. A reakciótermékek egyike mindig kettős kötést tartalmaz. Ellenkező irányú katalízis esetén telítetlen szubsztrátokba építenek be atomcsoportokat. Segítségükkel biológiailag aktív vegyületek alakulnak ki, és szerepük van az intermedier anyagcserében is.

A C–C liázok közé tartoznak a dekarboxilázok, az aldolázok, az oxosav-liázok és az egyéb C–C-liázok. Élelmiszer-tudományi jelentőségük közülük a dekarboxilázoknak és az aldolázoknak van. A dekarboxilázok közül a legismertebb a piroszőlősav dekarboxiláz, amelynek az alkoholos erjedésben és egyes élelmiszeraromák kialakításában van fontos szerepe. Az aminosav dekarboxilázok élelmiszer-technológiai és táplálkozás-élettani jelentősége az, hogy a nyersanyagokkal bejutva az élelmiszerbe az aminosavakból biogén aminokat hoznak létre. Az aldoláz enzim az alkoholos erjedésben játszik szerepet, és a fruktóz-difoszfátot bontja glicerinaldehid-foszfáttá és dihidroxi-aceton-foszfáttá.

A C–O liázok közé tartoznak a dehidratázok, a poliszacharid liázok és az egyéb C–O liázok, amelyek közül az első kettőnek, ezen belül is a pektint bontó enzimeknek van élelmiszer-technológiai jelentősége. A hidroliázok vagy vizet szakítanak ki kettős kötés kialakításával a szubsztrátból (dehidratázok), vagy telítetlen vegyületekbe vízmolekulát építenek be (hidratázok). Az egyéb liázok közé tartozik az alliin liáz vagy más néven alliináz, amely a vöröshagyma és a fokhagyma felaprításánál érintkezésbe kerül az eredetileg sejtekbe zárt S-allil-L-cisztein-szulfoxidokkal, amelynek során könnyeztető hatású propántial-S-oxidot hoz létre.

1.11.5. Izomerázok

Az izomerázok a szubsztrátmolekulán belül szerkezetváltozást katalizálnak anélkül, hogy ezalatt a szubsztrát összetétele megváltozna. Az izomerizáció típusa alapján vannak racemázok és epimerázok, cisz-transz izomerázok, intramolekuláris oxidoreduktázok, intramolekuláris transzferázok, intramolekuláris liázok és egyéb liázok. Élelmiszer-technológiai szempontból a cukor izomerázoknak van a legnagyobb jelentőségük. A cukor izomerázok szubsztrátjuk aldóz–ketóz

átalakulását katalizálják. A glükóz izomeráz a glükóz fruktózzá alakulását katalizálja, amely enzimet xilóz izomeráznak is hívnak azért, mert az enzim a xilózt nagyobb aktivitással izomerizálja, mint a glükózt. A két cukorizomeráznak az erjedési folyamatokban van fontos szerepük. Az egyéb izomerázok közül a hidroperoxid izomeráz az intramolekuláris oxidoreduktázokhoz tartozik, és a lipoxigenázok által létrehozott zsírsav-hidroperoxidok átalakítását végzi.

1.11.6. Ligázok (szintetázok)

A ligázok két molekula kapcsolódását katalizálják, miközben energiaforrásként az adenozin-trifoszfát vagy más nukleozid-trifoszfátok pirofoszfát kötéseiben lévő energiát használják fel. A ligázok az élő sejtekben lejátszódó anyagcsere kulcsenzimjei, amelyek minden, energiát igénylő szintézis katalízisében részt vesznek. A ligázok csoportokra osztása a létesített kötéstípus alapján történik, eszerint lehetnek: C–O kötést létesítő, C–S kötést létesítő, C–N kötést létesítő, C–C kötést létesítő és foszfátésztereket létesítő enzimek. A ligázok nagy részénél általánosan használatos a szintetáz elnevezés is, amelyet a reakciótermék nevéhez kapcsolnak. A szén-dioxid megkötését katalizáló ligázokat karboxilázoknak hívják, közülük a piroszőlősav karboxiláz oxálecetsavat hoz létre. A ligázokon kívül egyes liázok és transzferázok is katalizálnak molekula-összekapcsolódást. Ezeket az enzimeket szintetázoknak hívjuk. Az általuk katalizált folyamatok nem járnak együtt a ligázokra jellemző energetikai átalakulásokkal.

1.12. Az élelmiszerekben található adalékanyagok

Az élelmiszerek előállításához különféle adalékok használatára van szükség, amelyek lehetnek tartósítószerek, antioxidánsok, ízesítőanyagok, mesterséges színezékek, konzisztenciajavító szerek és tápértéket javító adalékanyagok. Alapvető követelmény velük kapcsolatban, hogy az emberi szervezetre teljesen ártalmatlanok legyenek, és hogy használatuk a fogyasztó szempontjából is előnyökkel járjon. Ilyen kedvező hatás lehet az élelmiszer tápértékének megőrzése, a fogyaszthatósági időtartamnak a növelése, az élvezeti érték és a minőség javítása, valamint az előállítás gazdaságosabbá tétele. Ezen előnyök ellenére törekedni kell az adalékok felhasználásának mérséklésére, azaz csak akkor és annyi idegen anyagot tegyünk a nyersanyaghoz feldolgozás közben, amikor és amennyi feltétlenül szükséges.

1.12.1. Tartósítószerek

A tartósítószerek olyan vegyületek, amelyek a romlást okozó mikroorganizmusok (élesztők, penészek, baktériumok) életműködését már kis koncentrációban is gátolják. Általános szabály az, hogy az alapélelmiszerek (liszt, kenyér, hús, tej,

vaj) általában nem, a kisgyermekek részére készített élelmiszerek pedig egyáltalán nem tartalmazhatnak tartósítószereket. A tartósítószerek közül csak azokat tárgyaljuk, amelyek kémiai szerkezetük alapján fejtik ki hatásukat.

1.12.1.1. A tartósítószerek hatásmechanizmusa

A tartósítószerek általában adszorpcióval megkötődnek a mikroorganizmus felszínén, majd áthaladva a sejtmembránon, a protoplazma enzimfehérjéit módosítják, amivel megzavarják a létfenntartáshoz szükséges anyagcserét a mikrobasejtben. E folyamatok legkritikusabb része a sejtfalon való áthaladás, ezért azok az adalékok és környezeti tényezők, amelyek elősegítik a tartósítószerek bejutását a sejtbe, növelik annak hatásosságát.

A tartósítószerek nagy része savas természetű vegyület, amelyeknél csak a disszociálatlan molekuláknak van csíraölő hatásuk. A nem disszociáló tartósítószerek hatása viszonylag független a pH-tól, ezért ezek semleges közegben is jól használhatók. A kémiai tartósítószereket gyakran kombinálva alkalmazzák, és így már kisebb koncentráció esetén is megfelelő eredmény érhető el.

1.12.1.2. Szervetlen tartósítószerek

A kén-dioxid erélyes redukálószer. A kénessav kén-dioxid leadása közben könnyen bomlik vagy a levegő oxigénjével lassan kénsavvá oxidálódik. Mindkét vegyületet az élelmiszeriparban erőteljes csíraölő hatásuk miatt növényi nyersanyagok és féltermékek tartósítására elterjedten használják. A kénessavas sók közül a nátrium-szulfit, a nátrium-hidrogénszulfit és a kálium-piroszulfit bír csíraölő hatással. Ezek a vegyületek alkalmazásuk során kisebb-nagyobb mértékben kén-dioxidot fejlesztenek, ami a tartósító hatás alapja.

1.12.1.3. Szerves tartósítószerek

A hangyasav az élesztőgombák, a penészek, valamint a baktériumok életműködését gátolja, illetve elpusztítja őket. Mikrobaellenes hatása savanyú közegben nagyobb. Származékai közül nátrium-, kálium- és kalciumsója, valamint glicerinnel képzett észtere használatos. A propionsav elsősorban a penészgombák ellen hatásos, baktériumokkal szemben azonban kisebb a hatékonysága, az élesztőgombákat pedig gyakorlatilag nem gátolja. A propionsavat és sóit valamennyi ország élelmiszertörvénye engedélyezi sütőipari termékek, csokoládékészítmények és egyéb élelmiszerek tartósítására. Egyes sajtokat 8%-os propionsavoldatba mártással tartósítanak. A szorbinsav mikrobaellenes hatása csak az élesztőgombákkal szemben tapasztalható, tehát szelektív tartósítószer. Rendkívüli előnye, hogy a hasznos tejsavbaktériumokra gyakorlatilag nem hat.

A benzoesav és sói mikrobaellenes hatása a baktériumokra, az élesztőkre és a penészgombákra is egyaránt erős. Gátolja a mikroorganizmusok dehidrogenáz enzimjeit és az oxidatív foszforilezést. Mérgező hatása nincs, a szervezetben nem halmozódik fel. Jelenleg a nátrium-benzoát a világon a legnagyobb mennyiségben felhasznált kémiai tartósítószer. A p-klór-benzoesav Magyarországon és a legtöbb országban tiltott tartósítószer. A p-hidroxi-benzoesav és származékai kiváló tartósítószerek. A p-hidroxi-benzoesav észtereinek antimikrobás tulajdonsága jobb, mint az eredeti savé, és antimikrobás hatásuk a pH-tól független.

A szalicilsav és nátriumsója egyaránt hat a baktériumokra, az élesztőkre és a penészgombákra. Disszociáló anyag lévén hatása függ a pH-tól, ugyanis antimikrobás tulajdonsága csak a szabad disszociálatlan savnak van. Csökkenti a vérnyomást és a testhőmérsékletet, és lassítja a pulzust, ezért Magyarországon ipari felhasználása tilos, háztartási célokra azonban a közelmúltban még engedélyezték. A piroszénsavas-észtereket italok, a difenilt és az o-fenil-fenolt citrusfélék tartósítására használják. Vagy a csomagolóanyagot impregnálják, vagy a gyümölcsöt mártják be 0,5-2,0%-os vizes, 11-12 pH-jú nátrium-fenil-fenolát oldatba.

1.12.1.4. Antibiotikumok

Az antibiotikumok olyan anyagok, amelyeket mikroorganizmusok szintetizálnak, és amelyek más mikroorganizmusok fejlődését gátolják. A baktériumok közül a hasadó gombákhoz tartozó Streptomycesek, valamint a Bacillus-félék; a penészek közül az Ascomycetesek közé tartozó Aspergillusok és Penicilliumok a legfontosabb antibiotikum-termelő mikrobacsoportok. Az antibiotikumok gátolják a mikroorganizmusok sejtfalképződését, korlátozzák a riboszóma tevékenységét, permeábilissá teszik, illetve roncsolják a sejtmembránt, és gátolják a nukleinsavak szintézisét. Kémiai szerkezetüket tekintve lehetnek laktongyűrűs vegyületek (penicillin, eritromicin), aminosavak és kismolekulájú peptidek (cikloszerin), polipeptidek (nisin, szubtilin, polimixin), cukortartalmúak (sztreptomicin), poliének és egyéb szerkezetűek (poliacetilének, kinonok, tetraciklinek, szteroidok, heterociklusos vegyületek).

Az élelmiszeriparban az antibiotikumok alkalmazásával óvatosan kell bánni, és csak azokat az antibiotikumokat szabad felhasználni, amelyek nem gyógyszerek. Ellenkező esetben a fogyasztók szervezetében olyan antibiotikum-rezisztens mikrobatörzsek alakulnának ki, ami zavarná az antibiotikumok gyógyító hatását. Magyarországon például élelmiszeripari célra egyedül a natamicin használatát engedélyezik kemény és félkemény sajtok, valamint egyes húsipari termékek felületkezelésére. A Streptococcus lactis törzs által termelt hőrezisztens, polipeptid jellegű nisin alkalmazása terjedt el a sajtgyártásnál, mert ez az anyag a vajsavbaktériumok ellen különösen hatásos.

1.12.1.5. Fitoncidok

A fitoncidok a magasabbrendű növények által termelt antimikrobás anyagok. Jelenlegi ismereteink szerint a boróka, a babérlevél, a fahéj, a bors, a csipkebogyó, az almalevél, a fekete ribiszke, a citrom, a petrezselyem gyökere és levele, a kapor zöld részei és termése, a köménymag, a komló virága, a fokhagyma, a vöröshagyma és a paprika tartalmaz fitoncidokat. A fokhagymából kivonható allicin volt az első tanulmányozott fitoncid, amely az enzimek szulfhidrilcsoportjainak lekötésével fejti ki bakteriosztatikus hatását. A színes gyümölcsökből készített konzervek tartósításához kevesebb hőkezelés szükséges, mint a színtelen alapanyagúakéhoz, amely jelenség a színes gyümölcsökben található antocianidok fitoncid hatásával függ össze.

1.12.2. Antioxidánsok

A természetben a zsiradékokat rendszerint olyan anyagok kísérik, amelyek romlásukat, avasodásukat hosszabb-rövidebb ideig megakadályozzák. Ezek az anyagok az antioxidánsok, amelyek védő hatása részben az oxidációt katalizáló fémnyomok megkötésén, részben a zsiradék oxidációjának gátlásán, illetve késleltetésén alapul. Antioxidánsokként csak olyan adalékok használhatók, amelyek íztelenek, szagtalanok, nem befolyásolják károsan a zsír vagy zsírtartalmú élelmiszer színét, és ártalmatlanok az emberi szervezetre.

A tokoferolok (E-vitaminok) a zsiradékok stabilizálására általánosan használt természetes antioxidánsok. Közülük az α-tokoferolnak van a legkisebb, a γ- és a δ-tokoferolnak a legnagyobb antioxidáns hatása. A tokoferolok antioxidáns hatását citromsav adagolásával fokozni lehet, és más antioxidánsoknál is megfigyelhető, hogy különböző szerves savak befolyásolják védő hatásukat. Az ilyen anyagokat szinergenseknek nevezik, amelyeket a zsíroldhatóság növelése céljából gyakran zsírsavakkal vagy monogliceridekkel észteresítve adagolnak.

A karotinoidok sötét helyen tárolt zsiradékban antioxidáns hatást fejtenek ki, fény hatására viszont erősítik a romlást. Az aszkorbinsav (C-vitamin) és vitaminhatás nélküli sztereoizomerjei (D-aszkorbinsav, D-izoaszkorbinsav, L-araboaszkorbinsav) vízoldható antioxidánsok, amelyeket különféle gyümölcslevekben használnak. Az aszkorbil-palmitátban az aszkorbinsav elsőrendű alkoholos hidroxilcsoportja palmitinsavval van észteresítve. Az így zsíroldhatóvá vált vegyület zsiradékok antioxidánsa lehet, bár hatása viszonylag kicsi, a γ-tokoferollal keverve viszont hatékonyabb.

A mesterséges antioxidánsok használatát Magyarországon az élelmiszerek csomagolásán „antioxidánst tartalmaz” szöveggel deklarálni kell. Antioxidánsként alkalmazható a galluszsav propil-, oktil- és dodecil-észtere, valamint a fenolos antioxidánsok közül a butil-4-hidroxi-anizol (BHA) és a 2,6-dibutil-4-metil-fenol, más néven butil-hidroxi-toluol (BHT). A BHA és a BHT elegy hatásosabb adalék, mint bármelyik külön-külön.

1.12.3. Ízesítőanyagok

Az ízesítő és zamatosító alkotórészek javítják az egyes élelmiszerek élvezeti értékét. Az élelmiszer-termelés sok ágazatában a nyersanyagok eredeti íz- és aromakészletét adalékokkal növelik, esetleg átformálják.

1.12.3.1. Édes ízű adalékok

Ételeink édesítésére elsősorban a szénhidrátokhoz tartozó természetes szerves vegyületeket használjuk. Ilyen édesítőanyag a répacukor, a szőlőcukor, a gyümölcscukor, a malátacukor, az invertcukor, a tejcukor és a méz, valamint a keményítőszörp. A méz a legrégebben ismert természetes édesítőszer, a virágokban található nektár a szacharóz és az invertcukor híg vizes oldata. A keményítőszörp a keményítő részleges lebontásával, savas vagy enzimes hidrolízissel úgy készül, hogy a keményítő egyik részéből glükóz, a másik részéből pedig különböző lánchosszúságú dextrinek keletkeznek.

Édes ízűek a cukoralkoholok is (mannit, szorbit, xilit, maltit), amelyek csak kismértékben növelik a vér cukortartalmát. A cukoralkoholok közül hazánkban a szorbitot a glükóz katalitikus hidrogénezésével állítják elő nagyobb mennyiségben. Édesítőképessége kb. a glükózéval azonos.

A xilitet a xilóz redukciójával állítják elő, amely cukorbetegek étrendjében édesítőként használható. A mannit a természetben a mannakőris nevű fa édes nedvében, továbbá az algákban, a gombákban, a zellerben, az olajbogyóban és más növényekben fordul elő. A mannóz redukálásával mesterségesen is előállítható.

A fogyókúrázók számára inkább a tápérték nélküli édesítőszerek ajánlhatók. A mesterséges édesítőszerek azok a vegyületek, amelyeknek édesítőképessége igen nagy, de tápértékük nincs vagy a kis adagolási arány miatt elhanyagolható. A szacharin és a krisztallóz 1879 óta ismert és a világon legnagyobb mennyiségben előállított mesterséges édesítőszer. Az emésztőcsatornából változatlan formában ürül ki. A ciklamát főzésálló, mesterséges édesítőszer, amely harmincszor édesebb a répacukornál. Az aszpartám az aszparaginsav és a fenilalanin dipeptidjének metilésztere, kémiailag α-L-aszparagil-L-fenilalanin-metilészter. A különböző sztereoizomerek közül csak az L-L-származék α-formája az édes, a többi izomerek nem mutatnak édes ízhatást. Az aszpartám a tápcsatornában aszparaginsavra, fenilalaninra és metanolra bomlik le, ezért fogyasztásától kedvezőtlen élettani hatása nem várható.

Az aceszulfám-K-nak tucatnyi édes ízű, különböző módon szubsztituált származéka van. Ezek közül íze és tulajdonságai alapján az aceszulfám bizonyult a legkedvezőbbnek. Édesítőképessége az aszpartáméhoz hasonló, 130-200-szorosa a répacukorénak. Az eddig ismertetett anyagokon kívül a különböző polipeptidek, továbbá a citrusgyümölcsök glikozidjaiból előállított dihidrokalkonok mesterséges édesítőszerként való alkalmazása még kísérleti szakaszban van.

1.12.3.2. Sós ízű adalékok

A konyhasó (nátrium-klorid) íze jelenti az ember számára a tiszta sós ízt. A konyhasó nagyon intenzív ízkeltő anyag, élelmiszerekben 3-4%-ban már határozott sós ízt okoz. A konyhasónak ízeket kiemelő hatása is van, ugyanis ha sótlan ételt eszünk, nemcsak a konyhasó sós ízét hiányoljuk, hanem gyengébbnek érezzük az étel egyéb ízeit is. Ez az oka annak, hogy az édes sütemények tésztájába is kell sót tenni. A konyhasó felerősíti a főtt és a sült húsok kellemes ízét, és nagyobb töménységben már konzerváló hatása is van. Több országban a jódhiány megelőzésére jódozott konyhasót hoznak forgalomba, amely 5-20 mg kálium-jodidot tartalmaz kilogrammonként. A vízháztartással összefüggő betegségben szenvedők ételeit kálium-citráttal is lehet ízesíteni, és ezen kívül más diétás sók is forgalomba kerülnek, amelyek csökkentett nátriumtartalmúak, ízük azonban jól közelíti a konyhasóét.

1.12.3.3. Keserű ízű adalékok

A keserű ízű szerves vegyületek az alkaloidok, a glikozidok és a cserzőanyagok csoportjába tartoznak. A kinin, a kávé, a tea és a kakaó hatóanyagai, a purinalkaloidák (koffein, teobromin, teofillin) tartoznak ebbe a csoportba. A glikozidoknál a narancsban található heszperidint, a grapefruitban lévő naringint, a cserzőanyagoknál az éretlen, fanyar almában lévő vagy a túlfőzött teában található csersavat említhetjük. A gyanták közül ismert keserű vegyületek a komlóban lévő lupulon és humulon.

1.12.3.4. Savanyú ízű adalékok

A savanyú íz nemcsak a hidrogénion-koncentrációtól, hanem a disszociálatlan sav mennyiségétől is függ, tehát nemcsak a jól disszociáló erős savak, hanem a rosszul disszociáló szerves savak is lehetnek jó savanyítószerek. Az élelmiszeriparban savanyításra elsősorban az ecetsavat, a borkősavat, az almasavat, a citromsavat és a tejsavat használják. Az utóbbi években az üdítőitalok ízesítésére az ortofoszforsavat is alkalmazzák, max. 0,07%-ban.

1.12.3.5. A fűszerek hatóanyagai

Ételeink jellegzetes íze általában a felhasznált fűszerek hatóanyagaitól származik. A fűszereket a fűszernövények megfelelő részeinek (levél, termés, mag) szárításával és aprításával készítik. A hatóanyagok általában illékony vegyületek, amelyeknek a zamatosító tulajdonságaikon kívül gyakran mikrobaellenes (fitoncid) hatásuk is van. Egy-egy fűszer több tucat olyan komponenst is tartalmazhat, amely részt vesz a jellegzetes íz és illat kialakításában. A paprika

jellegzetes ízét elsősorban az éteres olajokban oldott kapszaicin nevű alkaloida okozza, amely a feldolgozott készítményekben 0,05-0,5%-ban található. A paprika legfontosabb színanyagai a kapszantin, az α-karotin, a violaxantin, a kapszorubin, a kriptoxantin, a kriptokapszin, a zeaxantin, a xantofill és a β-karotin.

A bors csípős ízét az 5-10%-ban jelen lévő piperin és kavicin alkaloidoknak köszönheti. A bors fűszeres illatát az 1,5-3,5% illóolaj-tartalma okozza, amely több tucat terpén elegye. Két mustárnövény magját (a fekete- és a fehérmustárét) használjuk fűszerként. Mindkét mustár fő hatóanyagai olyan tioglikozidok (glükozinolátok), amelyekből enzim hatására jellegzetesen csípős ízű mustárolajok szabadulnak fel. Hatóanyaguk a szinalbin, amely vízzel tioglikozidáz enzim hatására nem illó szinalbin-mustárolajra bomlik. A kömény jellegzetes illatát és ízét 5-7% illóolaj-tartalmának köszönheti. A hatóanyagok 50-60%-a a karvon.

A vanília a meleg égövi kúszónövény toktermése, amelyet féléretten szednek le, majd a jellegzetes aroma kialakítása céljából fermentálnak. Legfontosabb aromaanyaga a vanillin, amely 3-4%-ban fordul elő a toktermésben, és amely finom tűk alakjában ki is kristályosodik a termés felületén. A babérlevél fűszeres illatú és keserű ízű. Hatóanyaga az 1-3% illóolaj-tartalomban 50-70%-ban jelen lévő 1,8-cineolból áll. A szegfűszeg a trópusi, örökzöld szegfűszegfa megszárított virágbimbójából álló, barnás színű, 4-5 mm hosszú, kellemes illatú, kissé keserű ízű fűszer. 16-25% illóolajat tartalmaz, amelynek 70-90%-a eugenol, 10-15%-a pedig a jellemző illatot előidéző eugenol-acetát. A jó minőségű szegfűszeg szétnyomva olajat enged, vízbe téve lesüllyed vagy fejjel lefelé úszik.

A majoránna a hazánkban is termesztett egyéves növény szárított, morzsolt levelei és virágzata. Szürkészöld színű, erősen aromás, kellemes illatú, kissé hűtő, keserű ízű anyag, amelynek illóolaj-tartalma 0,5-1%. Keserű íze a csersavtartalomból ered. A fahéj sárgástól sötétbarnáig terjedő színű, aromás-fűszeres illatú, édeskés, esetenként égető ízű fűszer, amelyben 1,0-3,5% illóolaj található. A fahéjolaj fő alkotórésze (65-75%) a fahéjaldehid, amely mellett 5-15% eugenolt is tartalmaz.

A tormanövény frissen reszelve különösen égető ízű és könnyeket fakasztó szagú, mely tulajdonságokat az allil-, a fenil-etil- és a fenil-propil-mustárolajok okozzák. A vöröshagyma jellegzetes alkotórészei a kéntartalmú aminosavakból keletkező S-alkil-cisztein-szulfoxidok, amelyek közül az allilszármazék, az ún. alliin a legfontosabb. A fokhagyma hatóanyagai a vöröshagymáéhoz hasonlóan az S-alkil-cisztein-szulfoxidok, továbbá az alkil-szulfidok, és a jellegzetes hagymaszaghoz a fitoncid-hatású allicintartalom is hozzájárul.

Az ánizs anetolt, valamint ánizsaldehidet, ánizssavat és esztragolt tartalmaz. A gyömbér keserű ízét a zingeron nevű ketonnak, illetve más, nagyobb molekulatömegű ketonoknak köszönheti. Illóolaja főként monociklikus szeszkviterpénekből áll. A koriander kellemes illatát a 0,2-1% illóolaj-tartalmának köszönheti, amelynek fő komponense a linalool, amelyen kívül még számos terpén is van benne. A petrezselyem zöldje illóolajat, karotinoidokat és vitaminokat

tartalmaz. Jellegzetes aromáját a terpénszármazékoknak köszönheti. A szegfűbors a szegfűszeg és a fahéj keverékére emlékeztető illatú, gyengén égető ízű fűszer. Illóolajat, zsíros olajat és gyantát tartalmaz. A szerecsendió erős illata és jellegzetes íze felvágva vagy reszelve azonnal jelentkezik; keményítőt, fehérjét és zsíros olajat, valamint 2-8% illóolajat tartalmaz.

1.12.4. Mesterséges színezékek

Az élelmiszeriparban a nyersanyagok feldolgozása, illetve a termékek tárolása alatt fellépő színveszteségek és színváltozások kiegyenlítésére gyakran használunk színezékeket. Ma már az élelmiszerek színezésére csak az ember számára teljesen közömbös anyagok használatát engedélyezik. A sárga szín intenzitásának növelésére kinolinsárga és tartrazin nevű festékeket, a narancssárga színűre festéskor a gelborange adagolását javasolják. Piros színt amarant (naftolvörös), neukokcin, azorubin és eritrozin nevű színezékek felhasználásával érhetünk el. Színre ható adalék az egyes húsipari termékek pácolására használatos nitrit és a nitrát is. A hosszú érlelési idejű húskészítmények színének kialakításához kálium-nitrátot is lehet használni, amely adalék a húsban lévő mikroorganizmusok hatására nitritté redukálódik, így fejtve ki hatását.

A kék színezésre az indigókarmin és a patentkék V használható. Cukrok fehérítésére engedélyezték az indantrénkéket és az ultramarinkéket is. Élelmiszeripari célokra a fekete szín kialakítására használható a brillantfekete, és néhány élelmiszer fekete színezése szénporral (aktív szénnel) is megoldható. Az előzőekben felsorolt színezékekből az alábbi színkeverékek állíthatók össze: zöld szín sárga és kék színezékkel, ibolyaszín vörös és kék színezékkel, narancssárga szín vörös és sárga színezékkel, csokoládébarna szín vörös, sárga és fekete színezékkel, rumbarna szín vörös, sárga és kék színezékkel.

1.12.5. Állományjavító adalékok

Az élelmiszeripari termékek gyakran nagy víztartalmú, illetve zsírtartalmú anyagok, jellegük azonban esetenként megkívánja, hogy ennek ellenére szilárd vagy félszilárd halmazállapotúak maradjanak. A nagy víztartalmú anyagok konzisztenciájának fenntartására gélképző szereket, a zsiradéktartalmú rendszerek stabilizálására emulgeálószereket használnak. Ezek az állományjavító anyagok lehetnek szénhidrát és fehérje alapú gélképzők, szervetlen állományjavító anyagok, valamint emulgeátorok.

1.12.5.1. Szénhidrát alapú gélképzők

A pektin a legelterjedtebb élelmiszer-állományjavító adalék. Láncmolekulái galakturonsav részekből épülnek fel, amelyeknek egyes karboxilcsoportjait

metil-alkohol észteresíti, illetve kalcium-, nátrium- vagy káliumionokkal kapcsolódik. Adott pektintartalom mellett annál jobb a kocsonyásítóképesség, minél nagyobb a pektin molekulatömege. Az agar olyan heterogén poliszacharid, amely főként β-D-galaktopiranóz és 3,6-anhidro-α-L-galaktopiranóz részekből épül fel. Az agart édesipari zselék, desszertek, lekvárok, fagylaltok, joghurtok és mikrobiológiai táptalajok készítésére használják. Egyes tengeri vörösmoszatok, vörösalgák az agarhoz kémiailag hasonló anyagokat, ún. karragenátokat termelnek. Ezek is galaktánok, amelyeknek öt változatát ismerjük. Valamennyi D-galaktózból és 3,6-anhidro-D-galaktózból épül fel. Élelmiszerek előállításánál a karragenátok gélképző, viszkozitásnövelő, emulgeáló és stabilizáló hatását hasznosítjuk. Mesterséges édesítőszerrel kombinálva diabetikus dzsemek is készíthetők belőle. Az alginátok felépítésében 1-4 kötéssel kapcsolódva β-D-mannuronsav és α-L-guluronsav vesz részt. Az élelmiszeriparban viszkozitásnövelésre és stabilizálószerként, a kalcium-alginátokat pedig kocsonyásító adalékként használják.

A keményítőt állományjavító adalékként tisztítottan vagy természetes kísérőivel együtt használják. A keményítő szobahőmérsékleten vízben nem oldódik, nem duzzad, 60 °C körüli értéken azonban csirizesedés indul meg. A keményítőgélek jellegzetes és nemkívánatos tulajdonsága a retrogradáció, a gél elöregedésére való hajlam. A keményítő eredeti tulajdonságait fizikai, kémiai és enzimes eljárásokkal, illetve ezek kombinációjával módosítani lehet. Így állítják elő a duzzadó keményítőt, mely hideg vízben is oldódik, és kellő koncentráció esetén éppúgy géllé duzzad, a savval módosított keményítőt, mely hideg vízben kevésbé, forró vízben viszont jól oldódik, az oxidált keményítőt, mely gélt nem képez és retrogradációt sem mutat, a keményítő-étereket és -észtereket, valamint a keresztkötésekkel térhálósított származékokat.

A cellulóz-éterekben az alkoholos csoportok képeznek étert alkil-, hidroxialkil- és karboxi-alkil-gyökökkel. Legfontosabb közülük a karboxi-metil-cellulóz (CMC) és nátriumsója, amelyek ionos vegyületek. Elsősorban csökkentett tápértékű, telítettségi érzést keltő termékek előállításához használják. A cellulóz-éterek közül a CMC mellett a nagymértékben szubsztituált metil-cellulóznak is van jelentősége, sőt az élelmiszeriparban állományjavítóként használják a hidroxipropil-cellulózt, a metil-etil-cellulózt és a hidroxipropil-metil-cellulózt is.

Az egyéb, szénhidrát alapú gélképzők a gumiarábikum, mely az élelmiszeriparban testesítő, emulgeáló és stabilizáló adalék, a tragant, a szentjánoskenyérmag-liszt, a guárgumi, a xantán és a dextrán.

1.12.5.2. Fehérje alapú gélképzők

A zselatin lineáris polipeptid, amelynek molekulatömege 10-200 ezer között változik. Felépítésében főként a lizin, a prolin, a hidroxi-prolin, a glutaminsav és az alanin vesznek részt. Az élelmiszeripari célú zselatint tisztított csontokból, inakból és bőrhulladékból állítják elő, a kollagén forró vízzel vagy 5%-os

sósavoldattal való hidrolízise, majd kioldása, besűrítése és szárítása révén. Az élelmiszeriparban húsipari termékek, továbbá aszpikok, fagylaltok, gyümölcszselék készítésére használják. A kazein a tejfehérje fő alkotórésze, lúgos kémhatású vegyszerekkel oldatba vihető. Az oldhatóvá tett kazein sója a nátrium-kazeinát, amely fehér porként kerül forgalomba. Húskészítményekhez 1-3%-ban adagolva javul a vízkötő képesség, és zsíremulgeáló hatása is van. A szójafehérje a növényi eredetű fehérjék közül a legjobb konzisztenciajavító hatású, és aminosav-összetétele is a legkedvezőbb, tehát adagolása táplálkozás-élettani szempontból is ajánlható. Magyarországon például rendszeresen adagolják húskészítményekhez, elsősorban húspép alapanyagú készítményekhez, például párizsihoz, virslihez és krinolinhoz.

1.12.5.3. Szervetlen állományjavító adalékanyagok

A konyhasó az ízhatáson kívül növeli az izomfehérjék duzzadóképességét és vízkötő kapacitását. A kondenzált foszfátok vagy polifoszfátok részben segítik az izomfehérjék vízkötését, másrészt hatásukra a hideg húsból készült pép állománya meglágyul, a meleg húsból készült péphez válik hasonlóvá. A tejiparban az ömlesztett sajtok előállítására sókeveréket használnak, amelynek fontos alkotórésze a nátrium-polifoszfát, valamint a citromsavas, borkősavas és tejsavas nátriumsó. Hatásukra a kalcium komplex alakjában kötődik, és olyan fehérje-zsír emulzió jön létre, amely stabilizált íz és illat mellett kenhető marad.

1.12.5.4. Emulgeátorok

Az emulziók olyan diszperz rendszerek, amelyeket két vagy több, egymással nem elegyedő folyadék oly módon képez, hogy a nagyobb arányban jelen lévő komponens összefüggő fázisában a másik folyadék kisebb-nagyobb cseppek alakjában oszlik el. Az emulziók stabilizálása emulgeátorok segítségével lehetséges. Az emulgeátorokban hidrofil és hidrofób csoportok is találhatók, ezért a határfelületen összekapcsolják a két folyadékot. Ha a diszperziós közeg víz, és benne olaj van eloszlatva, az emulziót olaj/víz jellegűnek, rövidítve o/v-nek nevezik. Fordított esetben víz/olaj, rövidítve v/o, emulzióról beszélünk. A legismertebb o/v emulzió a tej, a tejszín, a majonéz és számos húsipari vörösáru. A v/o emulziók legfontosabb képviselői a vaj és a margarin.

Természetes emulgeátorok a foszfolipidekhez tartozó lecitin és kefalin, és a természetes emulgeálószerekhez tartoznak az egyes fehérjék is, amelyekben a hidrofil rész dominál, ezért főleg az o/v emulziók stabilizálására alkalmasak. A legrégebben ismert mesterséges emulgeátorok a mono- és digliceridek, amelyek a glicerinnek egy vagy két zsírsavval képzett észterei. Lipofil jellegük miatt elsősorban a v/o emulziók stabilizálására alkalmasak. A mono- és digliceridek szabad alkoholos hidroxiljait különböző szerves savakkal, elsősorban

hidroxi-savakkal észteresíteni lehet, melynek következtében o/v emulziók stabilizálására is alkalmassá válnak.

A tejsav, illetve a laktil-tejsav zsírsavakkal képzett észterei is jó élelmiszeripari emulgeátorok. A cukorészterek is jó emulgeátorok; az élelmiszerek előállítása során közülük a szacharóz és a laktóz 14, 16 és 18 szénatomos zsírsavakkal képzett mono- és diészterei terjedtek el. A szorbitán-észterek is jó emulgeálószerek. A mesterséges élelmiszeripari emulgeátorok közé tartoznak még a különböző polioxietilén-vegyületek.

A természetes és mesterséges emulgeátorok oldhatósági viszonyai a bennük lévő hidrofil és lipofil csoportok arányától függően különböznek, ennek megfelelően használati területük is eltérő. A megfelelő emulgeátor kiválasztásának elősegítésére különféle mérőszámokat dolgoztak ki, amelyek közül legismertebb a HLB-skála (hidrofil-lipofil-egyensúly), amelynek értékei 0-tól 20-ig terjednek. A kevésbé poláros molekulák HLB-száma kicsi, a polaritás növekedésével a HLB-szám is növekszik. A 0-9 HLB-értékű emulgeátorok az olajban, a 11-20 közöttiek a vízben oldódnak. A skála közepén a 10-es érték azt jelenti, hogy a hidrofób és a hidrofil csoportok száma közel azonos.

1.12.6. Tápértéket növelő adalékok

A különféle élelmiszerek előállításához az alábbi esetekben használnak fel tápértéket növelő adalékokat:

Az élelmiszer nyersanyaga eredetileg tartalmazza az adalékok komponenseit, de ezek a feldolgozási műveletek alatt elbomlottak vagy elvesztek.

Az egyes élelmiszerek alkalmasak arra, hogy velük speciális céllal nagy tápértékű vagy élettanilag fontos komponenseket vigyünk be az étrendbe.

Vannak olyan élelmiszerek is, amelyekből egyes élettanilag nélkülözhetetlen alkotóelemek (pl. vitaminok) teljesen hiányoznak, de zavartalan emésztésükhöz és hasznosításukhoz ezekre szükség lenne.

A tápértéket növelő adalékok alkalmazását nagy körültekintéssel, az egészségügyi hatóság engedélyének megszerzését követően lehet végezni. A termékek csomagolásán a dúsítás tényét és mértékét fel kell tüntetni, és az adatok valódiságát analízissel rendszeresen ellenőrizni kell.

1.12.6.1. Vitamindúsítás

A vitamindúsításhoz a kiindulási alapot a vitaminszükségleti adatok jelentik, amelyeket a kérdéses élelmiszer várható átlagos fogyasztásával kell egybevetni. Figyelembe kell venni, hogy a vitaminok nagyon reakcióképes és ezért instabil anyagok, tehát a készterméken deklarált értéknél többet kell adagolnunk, hisz a technológiai műveletek és a tárolás alatt elkerülhetetlen a vitaminveszteség. Gyakorlati tapasztalatok alapján A-vitaminból 30%-kal, C-vitaminból

20-30%-kal, B_1-vitaminból 20%-kal, míg a többi vitaminnál mintegy 10%-kal nagyobb mennyiséget kell a szükségletnél adagolni. A vitamindúsításra a technológiai folyamatoknak azt a szakaszát kell kiválasztani, amelyet már nem követnek erőteljes fizikai és kémiai behatások, és a késztermékek csomagolását is úgy kell kialakítani, hogy az védelmet jelentsen a vitamintartalom számára.

Vitaminok élelmiszeripari felhasználásánál figyelembe kell venni, hogy egyes vitaminoknak jellegzetes illata, íze, színe és mellékhatása van. A B_1-vitamin például határozottan élesztőízű és -illatú anyag. A B_2-vitamin keserű ízű, sárga színű vegyület, a nikotinsav pedig érzékeny embereknél bőrpírt és viszketést okoz, ezért az élelmiszerekbe mindig az amidját adagolják, amelynek nincs ilyen másodlagos hatása. Sok országban rendszeresen vitaminozzák a fehér búzalisztet, amely a héjrészek eltávolítása miatt szinte teljesen elveszíti eredeti vitamintartalmát. Egyes vitaminokat nem a tápérték növelése, hanem más technológiai cél érdekében adagolnak az élelmiszerekhez. Így pl. az aszkorbinsav lisztjavító szer, a karotinoidok és a riboflavin pedig természetes színezékek lehetnek.

1.12.6.2. Fehérjekomplettálás

A felnőtt ember fehérjeszükséglete az életkortól és a fizikai megterheléstől függően napi 80-110 g. Vegyes étrend esetén ez a fehérjemennyiség elegendő esszenciális aminosavat tartalmaz, egyoldalú étrend esetén azonban még a kellő fehérjefogyasztás mellett is esszenciálisaminosav-hiány léphet fel. Azokat a fehérjéket, amelyek az esszenciális aminosavakat kellő mennyiségben és megfelelő arányban tartalmazzák az ember számára, teljes értékű fehérjéknek nevezzük. Ilyenek pl. a hús, a tojás és a tej fehérjéi. A növényi eredetű fehérjék azonban nem ilyenek, mivel ezekből a lizin, a metionin, a treonin és a triptofán kisebb-nagyobb mértékben hiányzik. A kevés teljes értékű fehérjét fogyasztók életműködéseiben rendellenességek léphetnek fel, ezért a túlnyomóan növényi eredetű élelmiszereket fogyasztóknál a fehérjetartalom aminosavkészletét komplettálják, azaz a hiányzó esszenciális aminosavakkal kiegészítik.

A komplettálás aminosav-készítmények vagy kedvező aminosavkészlettel rendelkező természetes fehérjék felhasználásával történhet. Bár nálunk ez utóbbi változatot részesítik előnyben, a tiszta aminosavakkal való élelmiszer-kiegészítés céljára az utóbbi időben rendkívüli módon megnövekedett az aminosavak termelése. Ételízesítőkhöz L-glutaminsavból használnak fel legtöbbet, a fehérje biológiai értékének javítására pedig alkalmazzák a metionin-, lizin-, treonin- és izoleucin-kiegészítést is. Az aminosavak előállíthatók kémiai szintézissel, fehérjehidrolizátumokból való izolálással és mikrobiológiai fermentációval. A felhasználásnál figyelemmel kell lenni arra, hogy az L-sztereoizomer aminosavak keserű ízűek, a lizin pedig rendkívül hajlamos redukáló cukrokkal, táplálkozási szempontból értéktelen, barna színanyagok létrehozására. Japánban a rizskészítményekhez lizint

és metionint, a kenyérhez lizint, a szójatermékekhez pedig metionint adagolnak. A tiszta aminosavakból világszerte gyógyászati célra infúziós oldatot készítenek.

Európában inkább a természetes fehérjeforrásokkal való fehérjekomplettálás terjedt el. Erre a célra a különböző szójakészítmények alkalmasak, mert a szójafehérje sok lizint és az átlagosnál több treonint tartalmaz. Hátránya a viszonylagos alacsony metionintartalom. Magyarországon szójával elsősorban a búzalisztből készült termékeket szokták feljavítani. Az állati eredetű fehérjeforrások közül a tejfehérje és a vérsavófehérje a legfontosabb komplettáló adalék. Az izomzat gyors regenerálására szolgálnak az enzimekkel részlegesen lebontott tejfehérjét tartalmazó élelmiszerek.

1.12.6.3. Mikroelem-, makroelem-kiegészítés

Az élelmiszerek általában elegendő mennyiségben tartalmaznak ásványi anyagokat, így a vegyes étrend gyakorlatilag fedezi a szervezet mikroelem- és makroelem-szükségletét. A vérnyomás kedvező szinten tartása érdekében a táplálékban felvett kationoknál az alábbi arányt célszerű elérni: (Na+Ca)/(K+Mg)=1. A jelenlegi étrendi szokások mellett ez az érték a kívánatosnak több mint kétszerese, amelynek csökkentése elsősorban a konyhasó-felhasználás mérséklésével, valamint a zöldség- és gyümölcsfogyasztás növelésével érhető el. Javítani lehet ezt az arányt még a káliummal és magnéziummal dúsított gyümölcs alapú italokkal is. Forgalomban vannak olyan gyümölcsszörpök és -nektárok, amelyekben a kálium és a magnézium általában szerves savakhoz kötve található.

Az utóbbi években forgalomba kerültek olyan izotóniás italok is, amelyeknek fogyasztását sokat izzadó emberek számára ajánlják. Az emberi izzadság literenként 1000 mg nátriumot, 1000 mg kloridot, 300 mg káliumot, 30 mg kalciumot és 3 mg magnéziumot tartalmaz. Ha az izzadsággal elveszített ásványi anyagokat nem pótolják, a fokozódó ásványianyag-veszteség izomgörcshöz vezethet. Ennek megelőzésére alkalmasak az izotóniás italok, amelyek az ásványi anyagokon kívül gyorsan hasznosítható energiaforrásként cukrokat, továbbá vitaminokat is tartalmaznak. Energiatartalmuk 2000 kJ/l, ozmózisnyomásuk megegyezik a vérével, ami elősegíti a vitaminok, illetve a makro- és mikroelemek gyors felszívódását.

Vashiány megelőzésére 50-130 mg/kg vasat tartalmazó lisztet, kenyeret, tésztát, illetve rizst hoznak forgalomba, amelyekben adalékként Fe(II)szulfátot, Fe(II)glükonátot és Fe(II)glicerofoszfátot használnak. A szervezet a szervetlen és a szerves vasvegyületeket egyaránt hasznosítani tudja. Végezetül itt is meg lehet említeni a konyhasó jódozását, a kalciummal és szelénnel kiegészített kenyeret, a szelénnel dúsított tejet és tejtermékeket, a cinkes Túró Rudit és a megnövelt kalciumtartalmú kalcisajtot.

1.13. Mérgező anyagok

Az élelmiszer-tudomány számára ma már nemcsak az élelmiszer-nyersanyagok természetes mérgező komponensei és a megromlott táplálékban lévő toxinok, hanem a környezetből származó idegen, mérgező hatású anyagok is gondot jelentenek. Minden olyan anyag méreg az emberi szervezetre, amely már kis adagban is ártalmas, tehát átmenetileg vagy tartósan kóros állapotot alakít ki, és amely súlyos esetben halált is okozhat. A mérgező anyagok a feldolgozott nyersanyagok természetes alkotórészeiként, a káros mikroorganizmusok toxinjaiként, a vegyszeres növényvédelem maradékaiként, a rosszul alkalmazott technológia során a berendezésről vagy a környezetből eredő szennyezésként a tápcsatornán, valamint a légutakon és a bőrfelületen keresztül juthatnak be a szervezetbe.

Akkor károsak, ha felszívódnak; minél kisebb adagban okoznak mérgezést, annál erősebb mérgek. A mérgező tulajdonság számszerű kifejezésére az LD_{50} érték szolgál, amely azt a milligrammban kifejezett, szájon keresztül beadott méregmennyiséget jelenti testtömeg-kg-ra vonatkoztatva, amelytől a kísérleti állatok 50%-a elpusztul. Az LD_{50} alapján (mg/kg) az egyes mérgező anyagok a következőképpen csoportosíthatók: 1–50 erős méreg, jelölése: +++, 51–500 méreg, jelölése: ++, 501–5000 gyenge méreg, jelölése: +, 5000 felett méregjelzés nélküli anyag.

Vannak azonban olyan méreganyagok, amelyek az LD_{50} értéknél kisebb mennyiségben is olyan irreverzibilis változásokat okoznak, amelyek az anyag kiürülése után is megmaradnak, és ismételt bevitel esetén a károsodás összegződik. Más anyagok a különböző szövetekben elraktározódhatnak, újabb adag felszívódásával a méreg felhalmozódik, és bizonyos szint után mérgezés lép fel.

A méreganyagokkal kapcsolatban kialakultak azok a tűrési határértékek, amelyek az egyes élelmiszerekben a még elfogadható toxintartalmat jelentik. Ez a méregmennyiség országonként különböző. A megengedettnél több mérgező anyagot tartalmazó élelmiszerek detoxikálása (méregtelenítése) csak ritkán eredményes; az esetek többségében az ilyen tételeket meg kell semmisíteni, mert nemcsak élelmezési, hanem takarmányozási célra sem használhatók.

1.13.1. Természetes mérgek

Vannak olyan növényi és állati eredetű élelmiszerek, amelyek természetes összetételükben is tartalmaznak mérgező anyagokat. A toxikus vegyületek kémiai szerkezetük alapján lehetnek alkaloidok, aminosav-származékok, illóolajok, valamint antinutritív anyagok. Ezen utóbbiak nem közvetlenül mérgező hatásúak, de rendszeresen bejutva a szervezetbe, káros elváltozásokat okoznak.

Mérgező alkaloidok. A ricinin a ricinusnövény magjában lévő mérgező, piridinvázas alkaloid, amely ugyancsak a ricinusmagban előforduló mérgező fehérjével, a ricinnel együtt okoz hányást és rosszullétet. A ricinusmagolaj méregmentes, a ricinin és a ricin az olajpogácsában marad vissza. A különböző

csillagfürtfajok magvaiban mintegy húszféle keserű ízű mérgező lupin-alkaloidot találtak. Ezek kis mennyiségben izgatják a simaizmokat, nagyobb mennyiségben viszont bénító hatásúak. Közülük a lupinin, a lupanin, a spartein és az angusztifolin a legfontosabb.

A gombamérgek kémiai összetételük szerint lehetnek alkaloidok, mint amilyen pl. a légyölő galócában és más, mérgező gombákban található muszkarin, iboténsav és muszcimol. A muszkarin az idegrendszerre hat, a mérgezés 20-30 perces lappangási idő után izzadás, hányinger és hasmenés formájában jelentkezik. Az utóbbi évtizedekben felfedeztek olyan pszichotrop hatású gombaalkaloidokat, amelyek hallucinációt idéznek elő. Ilyen indolvázas alkaloid a pszilocin, a pszilocibin, a szerotonin és a bufotenin. A szerotonin (5-hidroxitriptamin) pszichikai stimuláló hatása miatt depresszióellenes gyógyszerek készítéséhez is felhasználható.

Mérgező aminosav-származékok. A mérgező anyagok ezen csoportjába a legveszélyesebb ciklopeptid gombamérgek tartoznak. A fallotoxinok gyorsabban ható, de kevésbé mérgező anyagok, az amatoxinok lassabban ható, de erősebb mérgek. Az ellenük való védekezést megnehezíti, hogy a mérgezési tünetek csak a méreg felszívódása után 6-30 óra múlva jelentkeznek. A mérgezés elsősorban a májat és a vesét károsítja. A fallotoxinok a gyilkos galóca gyorsan ható toxinjai. A falloidin csoportba tartozó gombamérgek a falloin, a falloidin, a fallacidin és a fallin. A falloin kettős gyűrűt alkotó, hét aminosavból álló peptid, amelyek közül azonban csak négy tartozik a fehérje eredetű aminosavhoz, a másik három D-konfigurációjú. Ezek az α-aminosavak önmagukban természetesen nem, csak gyűrűvé kapcsolódva mérgezőek. Mérgező hatására jellemző, hogy az egereken mért LD_{50} értéke 1-2 mg/kg. A mérgező hatást fokozza, hogy a szervezetben való lebontódása rendkívül lassú, hisz az emésztőenzimek a zárt peptidláncot nem tudják megbontani, a toxint hatástalanítani.

Az amatoxinok szintén a gyilkos galócában keletkező, legerősebb gombamérgek, amelyek hatása csak hosszabb lappangási idő után jelentkezik. Kémiai szerkezetüket tekintve közönséges és különleges aminosavból felépített, nyolc tagból álló ciklopeptidek. Mind a falloidinok, mind az amanitinok hőállóak, ezért főzéskor sem inaktiválódnak. Az amatoxinok veszélyességét jellemzi, hogy egyetlen gyilkos galóca elfogyasztása is halált okozhat.

A lektinek olyan növényi eredetű fehérjék, illetve glikoproteinek, amelyek az emberi vérben a vörösvértesteket kicsapják, agglutinálják. Kevés kivételtől eltekintve glikoproteinek, amelyek molekulatömege 20-140 ezer Dalton között van. Az emésztőcsatorna proteázai nem képesek lebontani őket. A toxikus változatok gátolják a tápanyagok felszívódását a bélfal sejtjeiben, akadályozva ezzel a sejtek fehérjeszintézisét (antinutritív hatás). A mérgezés rosszullétet, hasi panaszokat és merevgörcsöt okoz, és súlyosabb esetekben halálos is lehet. A vegyületek hőlabilisak, 10-15 perces főzés vagy sütés hatására denaturálódnak, mérgező hatásukat elvesztik.

A fazin a kertibab magvaiban található toxikus lektin. Akkor okoz mérgezést, ha valaki zöldbabot, babot vagy bablisztet nyersen eszik. A ricin (amely a ricinin alkaloiddal együtt idézi elő a toxikus hatást) két peptidláncból áll, amelyek diszulfid kötésen keresztül kapcsolódnak egymáshoz. Halálos adagja egerekre csupán 12 µg/testtömeg-kg.

Mérgező glikozidok. A ciántartalmú glikozidok savas vagy enzimes hidrolízissel aldehidre vagy ketonra, cián-hidrogénre és egy vagy két molekula cukorra bonthatók. Legismertebb képviselői ennek a mérgező vegyületcsoportnak az amigdalin és a fazeolunatin. Az amigdalin a keserű mandula magvaiban keletkezik, főzve vagy enzimek hatására cián-hidrogénre bomlik. A keserű mandula fogyasztása után fellépő mérgezés az amigdalinból a gyomorsav hatására felszabaduló cián-hidrogén következménye. A fazeolunatin a holdbab, a rangunbab és a len magvában található ciántartalmú glikozid.

A szteránvázas glikozidok csoportjában az aglikon lehet egyszerű szteránvázas vegyület, nitrogéntartalmú szteroid alkaloida vagy a szteránvázzal rokon triterpénváz. Az e csoportba tartozó toxikus vegyületek közül a szolanin, mely az egyes burgonyafélék szerveiben keletkező mérgező anyag, a tomatin, mely a paradicsomnövény gyökerében és levelében található gombaellenes és bakteriosztatikus glikozid, és a szaponinok, melyek felületi feszültséget csökkentő hatásuk miatt szappanszerű habot képeznek, a legismertebbek. A szaponinok a vérbe kerülve a vörösvérsejteket feloldják. Az emésztőcsatornán keresztül kevésbé veszélyesek, mert koleszterinnel oldhatatlan, nem mérgező komplexeket képeznek.

A mustárolaj-glikozidok (szinigrin, szinalbin) olyan glükozinolátok (tioglikozidok), amelyek nagyobb koncentrációban mind az emésztőrendszeren, mind a bőrfelületen keresztül izgató, mérgező anyagok. Néhány glükozinolátból goitrin nevű vegyület szabadul fel, amely gátolja a pajzsmirigyben a jódfelvételt, és ezáltal a hormontartalmú tiroxin képződését.

Mérgező illóolaj-komponensek. A szafrol fanyar illatú folyadék, amely kisebb mennyiségben a csillagánizsban, a babérolajban és a szerecsendióban, nagyobb arányban pedig a kámforolajban található. Az élelmiszerben nem kívánatos, mivel májrákot okoz. A miriszticin a szerecsendió termésében fordul elő nagyobb mennyiségben. A fenoléterek csoportjához tartozik, a szafrol metoxiszármazéka. Mérgező hatását a máj és a vese károsításával, hallucinogén tünetek előidézésével, valamint a biogén aminok lebontásának késleltetésével éri el. A kumarin szénára emlékeztető, kellemes illatú, fényérzékeny, kristályos anyag; a májat károsítja.

Antinutritív anyagok. Az antinutritív anyagok rendszeres fogyasztása az egyéni érzékenységtől függően kisebb-nagyobb mértékű egészségkárosodáshoz vezethet. A hőérzékeny antinutritív anyagok közé tartoznak a tripszin- és kimotripszin inhibitorok, amelyek a vékonybélben inaktív komplexeket képeznek a tripszinnel és a kimotripszinnel, korlátozva ezzel a táplálékkal felvett fehérjék

hidrolízisét, hasznosulását. Jelenlétükkel a hasnyálmirigyet fokozott működésre késztetik, ami végül hasnyálmirigy-megnagyobbodáshoz, majd -gyulladáshoz vezethet. Ezeket az inhibitorokat hőkezeléssel inaktiválni lehet. Termikus stabilitásuk függ a molekula méretétől és a diszulfidhidak számától. A proteázinhibitorok elsősorban a növényvilágban képződnek, de van néhány állati és mikrobiális változatuk is. Közülük legismertebb a tojásfehérjében lévő ovomukoid és ovoinhibitor, amelyek ugyan egyszerű főzésnél megtartják aktivitásuk egy részét, de a humán tripszint nem gátolják. Az inhibitorok egészségkárosító hatásának felismerése szükségessé tette az élelmiszer inhibitortartalmának limitálását.

A hőrezisztens antinutritív anyagok közül a fitinsav azért antinutritív anyag, mert a létfontosságú makro- és mikroelemekkel stabil komplexeket képez, megakadályozva ezzel a fémek felszívódását a tápcsatornából. A hőrezisztens antinutritív anyagok közé tartoznak az α-galaktozil-oligoszacharidok, amelyek az emésztőrendszerből az α-(1,6)-galaktozil-kötéseket bontó enzimek hiánya miatt nem szívódnak fel, a vastagbélben kellemetlen felfúvódást, hasi puffadást okoznak. E csoportba tartoznak még a favizmusfaktorok, melyek hemolitikus anémiát okoznak, és a különböző cseranyagok, amelyek a tápcsatornába jutva fehérjekicsapó tulajdonságukkal gátolják a fehérjék emészthetőségét. A fitoösztrogén anyagok, szójatartalmú ételek rendszeres fogyasztása esetén például befolyásolják a szexuálhormonális egyensúlyt.

1.13.2. A mikroorganizmusok által termelt mérgek

A mikroorganizmusokkal fertőzött élelmiszereket a bennük elszaporodott baktériumok és a penészek toxinjai teszik mérgezővé. A mikroorganizmusok által termelt mérgek lehetnek exotoxinok vagy endotoxinok. Az exotoxinokat a mikrobák életműködésük során juttatják a környezetükbe, az endotoxinok viszont csak a mikrobasejtek elhalása után szabadulnak fel.

Baktériumtoxinok. Az élelmiszerekbe jutott kórokozók kétféle módon veszélyeztetik a fogyasztók egészségét. Az élelmiszer-fertőzést okozó mikrobák a szervezetbe jutva az emésztőcsatornában elszaporodnak, és jellegzetes megbetegedéseket váltanak ki. Élelmiszer-mérgezés esetén az élelmiszerben termelt toxinok okozzák a kóros tüneteket. A botulizmus a legveszélyesebb ételmérgezés, amelyet a Clostridium botulinum törzsei okoznak, melyek az élelmiszerben gyorsan elszaporodva botulotoxin nevű exotoxint termelnek, ami idegméreg. Mérgező hatása igen nagy; 1 μg botulotoxin egy ember halálát okozhatja, ugyanis megbénítja a szívműködést és a légzést. A botulotoxin hőérzékeny fehérje, ezért a házi készítmények alapos főzésével és átsütésével védekezhetünk ellene.

A sztafilokokkuszos ételmérgezést a Staphylococcus aureus törzsek okozzák, melyek összetett méreganyag-tartalmú enterotoxint termelnek. Az enterotoxinok hőálló, hosszabb főzéssel sem hatástalanítható, a gyomorsavnak és az emésztőnedveknek is ellenálló, gyorsan felszívódó polipeptidek. Szalmonellás

ételfertőzés esetén a mérgezést a Salmonella enteritidis által termelt endotoxinok okozzák. A szalmonellás ételfertőzések ellen a tisztasági rendszabályok gondos megtartása az egyetlen védekezési lehetőség.

A proteáztermelő baktériumok hatására az élelmiszerek fehérjetartalma aminosavakra bomlik, amelyek közül egyesek dekarboxileződnek. Ennek során az emberi szervezetben káros biogén aminok keletkeznek. Ezek közül a hisztamin erős értágító, a bőr és főként az arc kipirulását okozó vegyület, amely rosszullétet és erős vérnyomás-ingadozást is kiválthat. A tiramin, amely a tirozinból dekarboxileződéssel keletkezik, vérnyomást fokozó vegyület, egyes sajtok érése közben is keletkezik. A hisztidinből keletkezett hisztamin az állati szövetekben, a parajban és a borban, a tirozinból keletkező tiramin sajtokban és halkonzervekben, a lizinből keletkező kadaverin és az ornitinből keletkezett putreszcin a romlott húsokban, az argininből keletkezett agmatin a sajtokban, a szerinből keletkező etanol-amin a foszfatidokban fordul elő.

Mikotoxinok. A mikotoxinok egyes penésztörzsek másodlagos anyagcseretermékei, amelyek mérgező hatása elérheti a legerősebb mérgekét, és egyeseknek rákkeltő hatásuk is van. A mikotoxinok által okozott megbetegedést mikotoxikózisoknak nevezik. A mikotoxinok kémiai szerkezetük alapján lehetnek kumarin-, malonát-, mevalonát- és acetátszármazékok, továbbá telítetlen laktonok.

Az Aspergillus flavus fajhoz tartozó törzsek által termelt aflatoxin májkárosodást okoz, és rákkeltő hatása is van. Mérgező hatását a sejtekben lejátszódó fehérjeszintézis és az enzimműködés megzavarásával fejti ki. Az Aspergillus flavuson kívül az Aspergillus parasiticus, sőt néhány Penicillium törzs is termel aflatoxinokat. Ezen penészek növekedési optimuma 30 °C körüli, nagy páratartalmú közegben van, ezért az aflatoxin-képződés főleg trópusi környezetben következik be. Elsősorban földimogyoróban, gyapotmagban, rizsben, kukoricában, szójamagban, gabonamagvakban és más növények termésében mutattak ki aflatoxint.

A tejtermelő háziállatok által a takarmánnyal elfogyasztott aflatoxinok néhány százaléka hidroxilált formában a tejben is megjelenik, így az állat tejétől az ember is mikotoxikózist kaphat. Az élelmiszerek maximális aflatoxin-tartalmát 30 µg/kg, néhány országban 5-20 µg/kg szinten szabták meg. Az aflatoxint termelő penészgombák gyakran szterigmatocisztint is termelnek, amely májrákot okozó, világossárga színű mikotoxin.

Az ochratoxinokat az Aspergillus ochraceus állítja elő, de más Aspergillus törzsek és Penicilliumok is termelik a toxint. Fehérjékhez kapcsolódva felhalmozódnak a vesében, a májban és az izmokban; elsősorban a veseműködést zavarják. A patulin a Penicillum és az Aspergillus törzsek anyagcsereterméke, szerkezetét tekintve telítetlen lakton, karcinogén és mutagén hatású. Ezek a penészek a gyümölcsökön, zöldségféléken, gabona- és húsárukon egyaránt megtalálhatók. Az élelmiszeripari termékek méregtelenítése a patulin hőstabilitása miatt nagyon nehéz.

A Fusarium nemzetségbe tartozó gombák többféle olyan mikotoxint termelnek, amelyek mind élelmezés-egészségügyi, mind állategészségügyi szempontból fontosak. Legismertebb ezek közül a zearalenon (F_2-toxin) és a trichotecén-mikotoxinok. A zearalenon, kémiai szerkezetét tekintve rezorcilsav-lakton, ösztrogén hatású anyag, amely elsősorban a sertéseknél okozott nagy károkat. Laktonszerkezete miatt rákkeltő hatást is tulajdonítanak neki.

A trichotecén-toxinok szeszkviterpenoid vegyületek, amelyek trichotekánvázat tartalmaznak. Több mint 30 vegyület tartozik ebbe a csoportba, amelyek közül a T_2-toxin a legismertebb. Ismertebb trichotecén-toxin még a diacetoxiscirpenol (DAS) és a dezoxinivalenol vagy vomitoxin (DON), valamint a néhány éve felfedezett fumonizinek (B_1, B_2, B_3, stb.), amelyek közül humán-egészségügyi szempontból a fumonizin B_1 (FB_1) a legjelentősebb, mivel rákkeltő hatásának bizonyult.

A Fusarium-toxinok az emberi szervezetben hányást, hasmenést, gyulladásokat, vérzékenységet okoznak. A vérképzés súlyos zavara is előállhat, ami általános rosszulléttel kezdődik, és orvosi beavatkozás nélkül halálos kimenetelű is lehet. A mérgezés esetenként szédüléssel, végtagrángással és hasi fájdalmakkal jár, súlyos esetben tudatzavart, majd halált okoz. A Fusarium-toxinok a sütés és a főzés hőmérsékletén nem bomlanak el, és a kémiai hatásokkal szemben is ellenállók. A fertőzött gabonák évekig toxikusak maradnak. Az ilyen termények nem detoxikálhatók, tehát sem takarmányként, sem élelmiszerként nem hasznosíthatók. A Fusarium-toxinok elleni védekezés egyetlen lehetősége a megelőzés, a helyes agrotechnika és a megfelelő terménytárolási módszerek alkalmazása.

Egyes Aspergillus fajok neurotoxikus, ún. tremorgén anyagokat is termelnek, amelyek vagy bénítólag hatnak a központi idegrendszerre, vagy hosszabb ideig tartó remegést, reszketést idéznek elő. Ilyen ciklikus peptidszerkezetű tremorgén toxint termel pl. az Aspergillus flavus, az Aspergillus fumigatus, az Aspergillus ustus és az Aspergillus clavatus. Ezekben a tremorgén toxinokban mindig található indolrész, azaz triptofán, amely a bioszintézis egyik kiinduló anyaga. A fumitremorgénekben ezen kívül egy szubsztituált, triptofánból és prolinból álló diketo-piperazinváz is felismerhető. A triptokivalin és a triptokivalon tetrapeptidek triptofánból, antranilsavból, valinból és metilalaninból vagy alaninból épülnek fel.

1.13.3. Peszticidek

A mezőgazdaságban használatos vegyi anyagok egy része a táplálkozási lánccal eljuthat az emberi szervezetbe is, ahol mérgező hatást fejthet ki. A növényi, állati és mikroba kártevők ellen alkalmazott vegyszerek élelmiszerekbe kerülő részét nevezzük szermaradékoknak, peszticid anyagoknak. A növényvédő szerek három legnagyobb csoportja a következő: rovarölő szerek vagy inszekticidek, gombaölő szerek vagy fungicidek és gyomirtó szerek vagy herbicidek.

Inszekticidek. A növényekre permetezett rovarölő szerek különböző mértékig hatolnak be a növényi szövetekbe. Ennek alapján megkülönböztetünk: felületi hatású szereket, amelyek csak azokon a növényi részeken fejtik ki hatásukat, amellyel érintkeznek, mély hatású szereket, amelyek kisebb-nagyobb mértékben áthaladnak a növényi szöveteken, és felszívódó szereket, amelyeket a növényi szervezet nedvkeringési rendszere távol eső, nem permetezett részekbe is elszállít.

A klórozott szénhidrogének alkalmazása a DDT rovarölő hatásának felfedezése után terjedt el. Széles hatásspektrumuk és hosszú hatástartamuk miatt először a közegészségügy területén, majd a mezőgazdaságban is kedveltté váltak. Az eredeti anyagok és bomlástermékeik stabilitása azonban rendkívül veszélyes, mert hosszú ideig megmaradnak a talajban és a növényekben, innen bejutnak az állati és emberi szervezetbe, ahol a zsírszövetben felhalmozódnak, és káros elváltozásokat, esetleg rákot is okozhatnak.

A DDT (diklór-difenil-triklór-etán) a rovarok többsége számára kontakt és gyomorméreg, atkákra azonban alig hat. Melegvérűekre és az emberre közvetlen mérgező hatása viszonylag kicsi, viszont felhalmozódik a zsírszövetekben és kiválasztódik a tejjel. Magyarországon például több évtizede betiltották. A DDT-vel rokon szerkezetű vegyület a metoxiklór, amely nem dúsul fel a szövetekben, és a tejjel sem választódik ki. A hexaklór-ciklohexán (HCH) a benzol addíciós klórozásával állítható elő. Biológiai hatása csak a γ-izomernek, az ún. lindánnak van. A monociklikus diénszármazékok közé tartozik az endoszulfán, amely széles spektrumú rovarölő szer, a méhekre azonban nem veszélyes. A policiklikus diénszármazékok közül az aldrin és a dieldrin jelentős. Az aldrin rovarölő hatása még a DDT-ét is felülmúlja.

A rovarölő hatású szerves foszforvegyületek foszforsav-észterek vagy ezzel rokon vegyületek. Megbénítják az acetilkolin-észteráz enzimet, aminek következtében az acetil-kolin felhalmozódik, és mérgezés következik be. A fenol-észterek csoportjába tartoznak a paration, a metil-paration, a fention és a diazinon. Az alkilezett foszforsav-észterek hatóanyagának az acilcsoportját alkilezéssel hozzák létre. Legfontosabb képviselőik a malation és a dimetoát.

A foszfitszármazékok csoportjába azok a szerves foszforvegyületek tartoznak, amelyek dialkil- és trialkil-foszfitokból alakulnak ki. Legjellegzetesebb képviselőik a triklórfon, a diklórfosz és a mevinfosz. Az előzőekben ismertetett rovarölő hatású szerek mellett a karbamát-, a piretroid-inszekticideket és a dinitro-ortokrezolt érdemes megemlíteni. A karbamát típusú rovarölő szerek kémiailag a karbaminsav észterei, amelyek a foszfátésztereké hez hasonló mechanizmus szerint, a kolinészteráz enzim bénítása alapján, szisztemikusan fejtik ki hatásukat.

A piretroidok fő hatóanyagai magas forráspontú észterek, amelyek a rovarokra rendkívül nagy hatással vannak, melegvérűekre viszont teljesen ártalmatlanok. Ma már szintetikus úton állítják elő a krizantémsav észtereit, illetve ezek származékait.

Fungicidek. A fungicidek olyan növényvédő szerek, amelyeket különböző növénykultúrák gombás betegségeinek megelőzésére, a vetőmagvak gombás

fertőzöttségének megszüntetésére használnak. A vetőmagvak vizes oldatba, szuszpenzióba mártással vagy jól tapadó poranyag száraz felvitelével csávázhatók. Csávázott vetőmagot táplálkozási célokra felhasználni szigorúan tilos! Korábban a legfontosabb csávázószerek szerves higanyvegyületek voltak, amelyek között nedves és porcsávázásra alkalmas változatokat egyaránt találunk. Valamennyi erős méreg, az emberre már 0,5 g-nál kisebb mennyiségben is halálos lehet.

A szervetlen gombaölő szerek közül legismertebbek a réztartalmú szerek. A réztartalmú szerek közül legrégebben a réz-szulfát ismert, amelynek oltott mésszel képzett elegye az ún. bordói lé. A bordói lé gombaölő hatását néhány tizedszázaléknyi cink-gálic, illetve vas-gálic bekeverésével növelni lehet. Ezek a növényvédő szerek napjainkban kevésbé használatosak, helyettük a réz-oxiklorid-tartalmú szerek, valamint ezek szerves fungicidekkel kombinált készítményei kedveltek.

A szerves gombaölő szerek közül elsősorban a ditiokarbamátok és a ftálimidek használatosak növényvédő szer hatóanyagaként. A ditiokarbamátok széles hatásspektrumú fungicidek, vas-, cink- és mangánsóik vízben oldhatatlan, kevésbé mérgező vegyületek. A ftálimid típusú hatóanyagok közül a faltán és a kaptán a legelterjedtebb. Az egyéb szerves fungicidek közül megemlítendők még a dinokap és a benomil hatóanyag-tartalmú szerek.

Herbicidek. A gyomirtó szerek többsége közvetlenül alig vagy egyáltalán nem mérgező, és a szervezetből általában változás nélkül kiürülnek, néhányuk hatása azonban kumulálódhat. Egyes esetekben a termények átveszik a herbicidek kellemetlen szagát és ízét, amelyek az élelmiszeripari és konyhai feldolgozás közben még erősödhetnek is.

Állattenyésztési és gyógyászati maradékok. Az állatgyógyászati anyagok közül az antibiotikumok elsősorban a bélflóra összetételére és életműködésére gyakorolnak hatást. Elősegítik a tápanyagok jobb hasznosulását, amivel gyorsítják az állatok gyarapodását, gazdaságosabbá teszik a termelést. Manapság már csak olyan antibiotikumok használatát engedélyezik, amelyeket az ember- és állatgyógyászatban terápiásan nem alkalmaznak. A fentiek a rezisztencia kialakulása ellen hatnak.

Az állatok szervezetébe juttatott hormonhatású anyagok növelik a táplálékkal felvett nitrogén hasznosítását, ezáltal fokozzák a fehérjeképződést, a tömeggyarapodást. Az anabolitikus hatású anyagokat három csoportra oszthatjuk: természetes szexuálhormonok, szintetikus szteroidszármazékok, szintetikus szteroidszerkezet nélküli vegyületek. Európa legtöbb országában tilos a hormontartalmú takarmányadalékok használata.

A különböző betegségek megelőzésére és gyógyítására sokféle állatgyógyászati anyagot kell az állatok szervezetébe juttatni. A betegségek leküzdésére alkalmas gyógyszerek maradékai nem juthatnak el a táplálkozási lánccal az emberi szervezetbe, ezért az állatok kezelésének befejezése után feltétlenül be kell tartani az élelmezésügyi várakozási időt.

1.13.4. Egyéb mérgek

Az élelmiszeripar nyersanyagai szállítás, tárolás és feldolgozás közben érintkezésbe kerülhetnek olyan közeggel, amelyből mérgező anyagokkal szennyeződhetnek. A környezetből eredő toxikus anyagok lehetnek fémszennyeződések, műanyagokból eredő mérgek és a szennyezett természeti környezet ártalmas komponensei.

Fémszennyeződések. Az ólom, a kadmium és a higany a legjelentősebb mérgező fémszennyeződések élelmiszereinkben. Az állati szervezetbe jutott ólom a májban, a vesében és a csontokban gyülemlik fel, így az ezekből készült ételek növelhetik ólomfelvételünket. További veszélyt jelenthetnek a sok ólmot tartalmazó ónnal forrasztott konzervdobozok, ónedények. A szervezetbe jutott ólom mintegy 10%-a szívódik fel, a többi a széklettel kiürül. A szervezetben maradt ólom erősen toxikus, a hemoglobin-szintézist és több enzim működését is gátolja.

A kadmium egyes ehető gombákban, kagylókban, idősebb állatok veséjében és a májban hajlamos a feldúsulásra. A szervezetünkbe hetenként bejutó kadmiumot 0,15-0,20 mg-ra becsülik, amelynek több mint 95%-a ételeinkből ered. Törekedni kell arra, hogy ipari szennyvizekkel, porral ne növeljük környezetünk kadmiumtartalmát. A belélegzett higanygőzök, valamint a táplálékkal felvett szervetlen és szerves higanyvegyületek rendkívül toxikusak. Ételeink nyersanyagai közül a halak és a gombák hajlamosak a szerves higanyvegyületek felhalmozására, bennük dimetil-higany, metil-higanysók és fenil-higanysók fordulnak elő.

A fémszennyeződések technológiai megelőzése érdekében olyan szerkezeti anyagból készült technológiai berendezéseket kell használni, amelyekből mérgező fémnyomok nem kerülhetnek az élelmiszerekbe. Nem érintkezhet az élelmiszer ólom-, réz-, cink- és arzéntartalmú ötvözettel, valamint felülettel sem, mert káros elszíneződést, kellemetlen, fémes ízt és nemkívánatos katalitikus hatást okozhat. Az élelmiszeripari gépeket és berendezéseket az élelmiszerrel érintkező felületen rozsdamentes acélból, nagy tisztaságú alumíniumból vagy ón-zománc, esetleg lakk védőbevonattal ellátott acélból kell készíteni.

Műanyagokból származó mérgek. A műanyagokban a makromolekulák mellett mindig vannak kismolekulájú alkotórészek is, mint amilyen pl. a kiindulási anyag maradékai vagy a különböző lágyítószerek, stabilizálók és töltőanyagok. Ezek a komponensek átdiffundálhatnak, átoldódhatnak az élelmiszerekbe, mérgezést vagy rákot okozva.

A szennyezett természeti környezet ártalmai. Az ipari telepek, a közlekedés és a fűtés füstgázai, valamint az atomenergia felhasználása kisebb-nagyobb mértékben szennyezi a talajt, a vizet és a levegőt. Ezek az idegen anyagok egyrészt közvetlenül károsítják az emberi szervezetet, másrészt az élelmiszerekbe bejutva fejtik ki hatásukat. A szerves anyagok tökéletlen égésekor policiklikus aromás szénhidrogének keletkeznek. Ma mintegy 100 ilyen policiklikus

aromás szénhidrogént (PAH) ismerünk, amelyeknek negyede bizonyítottan rákkeltő hatású.

A poliaromás szénhidrogének közül az 1,2-benzpirén a legfontosabb. Zsírok és szénhidrátok 500-700 °C-ra hevítése esetén jelentős mennyiségű ilyen vegyület keletkezik. A hús faszenes grillezésekor tízszer annyi PAH keletkezik, mint ha gázlángon készítették volna. Törekedni kell arra, hogy élelmiszereinkben koncentrációjuk ne haladja meg az 1 µg/kg értéket. A nitrózaminok elsősorban szekunder aminokból, de esetenként primer és tercier aminokból is képződnek nitritekkel, illetve salétromossavval reagálva. Élelmiszereinkben a dimetilnitrózamin a legmérgezőbb és a legelterjedtebb. Már kis koncentrációban is rákkeltőek, ami indokolja, hogy törekedjünk a szervezet exogén és endogén nitrózamin-terhelésének csökkentésére.

A poliklórozott-bifenilek a táplálkozási lánccal eljutnak az élő szervezetbe, ahol a zsírszövetben, a májban, a lépben és az idegpályákban halmozódnak fel. Élettani hatásuk a klórozott szénhidrogénekéhez hasonló, azaz közvetlen toxicitásuk csekély, de hosszabb távon karcinogén és teratogén anyagok. Az állati eredetű élelmiszerek közül a halak, a szalonna, a tej és a vaj, valamint a tojás lipidjeiben fordulnak elő, és Közép-Európában szinte minden anya tejében ki lehet mutatni jelenlétüket.

Az ember olyan környezetben él, amely szervezetét különböző sugárzásokkal terheli: ezek lehetnek a bioszférában lévő természetes radioaktív nuklidok korpuszkuláris (α, β) és foton (γ) sugárzásai, valamint a világűrből érkező kozmikus sugárzások. A természetes háttér a 20. század közepe óta olyan sugárszennyezéssel egészül ki, ami az emberi tevékenység következménye. A mesterséges kontamináció elsődleges forrásai az atomrobbantások és az atomerőmű-balesetek. Az ember által előidézett sugárszennyezés több mint hatvanféle aktív izotópot juttathat a bioszférába, amelyek közül a stroncium, a cézium, a jód és a szén különböző tömegszámú változatai okozzák a fő veszélyt, ezek ugyanis hosszabb felezési idejűek, és részben beépülnek az élő szervezetbe.

1.14. Csomagolóanyagok

A csomagolás védi a terméket a környezeti szennyeződésektől, lehetővé teszi a fogyasztási igényeknek megfelelő egységekben való forgalmazást, megkönnyíti az önkiszolgáló üzletekben való árusítást, és információt közöl a termékről. A fogyasztó szempontjából legfontosabbak az élelmiszerekkel közvetlenül érintkező csomagolóanyagok, amelyek lehetnek üveg, fém, papír vagy műanyag, valamint ezek kombinációi. Csomagolóanyagoknak hívják valamely termék burkolatának elsődleges elemét, amelyet általában csomagolóeszközzé alakítanak. Csomagolóeszközöknek nevezzük a termék befogadására alkalmas, meghatározott

anyagú, szerkezetű és alakú, rendszerint ipari tevékenység keretében előállított, ideiglenes védőburkolatot.

Záróképességnek nevezzük az egyes csomagolóhártyák ellenállását a különböző anyagok áthatolásával szemben; így beszélhetünk víz-, gőz-, gáz- és aromazáró képességről. E fogalmaknak a fordítottja az áteresztőképesség; diffúzió révén jutnak át az anyagok a csomagolóhártyák egyik oldaláról a másikra. Szelektív diffúzión azt értjük, hogy az anyagkeverékek különböző alkotórészeinek diffúziós sebessége egyazon burkolóhártyán át nem azonos, némelyek a hártyán gyorsan, mások viszont csak alig hatolnak keresztül.

Az aromatorzulás a szelektív diffúzió következménye, amelynek hatására az aromaanyagok együttes összhatása megváltozik, a megszokott aroma idegenszerűvé, sokszor kellemetlenné válik. Aromaveszteségen az aromaanyagok együttes mennyiségének arányos csökkenését értjük. Hőállóságnak azt a hőmérsékletet hívjuk, amelyet a csomagolóanyag fizikai jellemzőinek változása nélkül, tartósan elvisel. A hegesztési hőmérsékleten a burkolóhártyák oly mértékben meglágyulnak, hogy egymáshoz szorítva összetapadnak, összehegednek. Fontos tulajdonsága a csomagolóanyagoknak ezenkívül még a bomlási hőmérséklet, a hidegtűrés, az öregedés, a nyújthatóság és a szakítási szilárdság.

Üveg. Az élelmiszerek csomagolására egyik legrégebben alkalmazott anyag az üveg, amely kémiai szempontból szilícium-dioxid és fémionok keverékének olvadéka. A célnak megfelelően összeállított anyagkeveréket 1400-1600 ^{o}C-on megolvasztják, majd formázzák. Az üveg tökéletesen víz- és gázzáró anyag, a szokásos élelmiszer-összetevők nem támadják meg, nem korrodálódik. Készíthető hőálló üveg is, amely lehetővé teszi a csomagolt termék pasztőrözését.

Fémlemezek. A fémlemezek az üveghez hasonlóan aroma-, gáz- és gőzzáróak, valamint fényzáróak is, és a mechanikai és hőhatások is kevésbé károsítják azokat. Hátrányuk a korrodálódás és az átláthatatlanság.

Az acéllemezt a korrózió és a rossz forraszthatóság miatt megfelelő bevonattal kell ellátni, amire az ón és a króm a legalkalmasabb. Az ónozott acéllemez előállításakor az acéllemez mindkét oldalát bevonják ónréteggel. Az ón ellenállóvá teszi az acéllemezt a korrózióval szemben, jó forraszthatóságot és tetszetős külsőt biztosít számára. Tökéletesen pórusmentes ónozást csak vastag ónréteggel lehetne elérni, ami drágítaná a csomagolóanyagot, ezért a vékonyan ónozott acéllemezt lakkréteggel is bevonják. Az élelmiszerekkel érintkező felület lakkozására az aranylakkot használják, amely egészségre ártalmatlan, hőre keményedő epoxi műgyanta. Az ónozott acéllemez felhasználható különböző konzervek és italok, valamint granulátumok és porszerű anyagok csomagolására. A krómozott lemez 3-5 x 10^{-5} mm vastagságban krómmal bevont, hidegen hengerelt acéllemez. Felhasználási területe megegyezik az ónozott acéllemezével.

A 99,5%-os tisztaságú alumíniumból különböző vastagságra hengerelt lemezeket és fóliákat készítenek. Az alumínium felületén olyan tömör oxidréteg alakul ki, amely az enyhébb korrozív hatásokkal szemben védelmet biztosít.

Az alumíniumdobozokat 0,1-0,5 mm vastagra hengerelt lemezből alakítják ki. Felületét a felhasználás céljától függően lakkozzák; a hőkezeléssel tartósított élelmiszerek részére a felületet polipropilénréteggel vonják be.

Papír. A papír növényi rostokból előállított, hajlékony lap. A papír alapú csomagolóanyagokat a késztermék m^2-tömege alapján osztályozzák. A papír különböző formában használható fel csomagolóanyagként; készítenek a papírból tasakokat, zacskókat, zsákokat és kartondobozokat. A kezeletlen papírok egy része rossz gőz-, gáz- és aromazáró, az olaj és a zsír áthatol rajtuk, víz hatására pedig elszakadnak. Ilyen kezeletlen papír pl. a közönséges csomagolópapír, a superior csomagolópapír, a selyempapír, a nátronpapír és a pergaminpapír. Ez utóbbi jobb aromazáró képessége miatt alkalmas fűszerek, kávé, tea stb. csomagolására.

Műanyagok. A műanyagok vegyipari módszerekkel előállított, óriás molekulájú szerves anyagok; az élelmiszeriparban műanyag eszközök, csomagolóanyagok és lakkbevonatok előállítására használják őket. A műanyagokat a felépítésükben részt vevő anyagok alapján alapanyagokra, valamint segéd-, illetve adalékanyagokra oszthatjuk. A kiindulási alapanyagok szerint megkülönböztethetünk természetes alapanyagból készülő és mesterséges alapanyagú műanyagokat. A természetes makromolekuláris műanyagok lehetnek kaucsuk (gumi), cellulóz (cellofán, celluloid) és fehérje alapanyagúak (műszaru). A mesterséges alapanyagú műanyagokat a gyártás módja szerint feloszthatjuk polikondenzációs, polimerizációs és poliaddíciós műanyagokra.

A műanyagokat feldolgozási tulajdonságaik alapján hőre lágyuló vagy termoplasztikus, valamint hőre keményedő vagy termoreaktív csoportokba sorolhatjuk. A hőre lágyulók magasabb hőmérsékleten képlékenyek, megfelelő feldolgozási eljárásokkal alakíthatók, szobahőmérsékletűre lehűtve alaktartók, majd ismételt felmelegítéssel újra képlékennyé tehetők. A hőre keményedő műanyagok magasabb hőmérsékleten szintén képlékennyé válnak és alakíthatók, de térhálós szerkezetük megváltozásával megkeményednek, és azután már ismételt felmelegítés során sem lesznek képlékenyek. Az élelmiszeriparban csak olyan műanyagok használhatók, amelyek a felhasználás körülményei mellett nem toxikus hatásúak, és nem rontják az élelmiszer élvezeti értékét, eltarthatóságát.

Csomagolásra alkalmas fontosabb műanyagok. A cellulózszármazékok közül legfontosabb a celofán, amely száraz állapotban papírszerű fogású, erősen gyűrődő, nedves állapotban viszont puha. Nagy vízgőzáteresztő képessége lakkozással csökkenthető. A polietilén kemikáliákkal szemben ellenálló, hő hatására könnyen olvadó, nagy hidegtűrésű, termoplasztikus műanyag. A polipropilén a polietilénhez hasonlóan termoplasztikus polimerizációs műanyag. A polibutilén hőre lágyuló műanyag, amely a butilén polimerizációs terméke. A PVC a vinil-klorid polimerizációs terméke, fehér színű, kissé homályosan áttetsző, hőre lágyuló műanyag, amelyet kemény és lágyított minőségben gyártanak. A poli(vinilidén-klorid) a vinilidén-klorid polimerizációs terméke, amelynek vízgőz- és aromazáró képessége kiváló, szakítószilárdsága nagy, és hőre lágyul.

A polisztirol a sztirol polimerizációjával készülő, hőre lágyuló, víztiszta, fényálló, könnyen színezhető műanyag, amely hajlításra pattanva törik. Főként dobozok, tálak, poharak és tégelyek készítésére használják.

A poliészterek többértékű alkoholokból, több-bázisú savakból, illetve oxikarbonsavakból, polikondenzációval előállított vegyületek. A poliészterekeknek három fő csoportja ismert: a lineáris poliészterek, a telítetlen poliészterek és a módosított poliészterek. Az élelmiszerek csomagolása szempontjából a politereftálsav-észter és a polikarbonát érdemel említést. A poliamidok diaminokból és dikarbonsavakból vagy aminokarbonsavakból polikondenzációval, illetve kaprolaktámból polimerizációval készíthető, hőre lágyuló, kitűnő mechanikai tulajdonságokkal rendelkező műanyagok. Az aminoplasztok amin- vagy amidcsoportokat tartalmazó szerves vegyületekből, jobbára karbamidból, tiokarbamidból, anilinből vagy melaninból formaldehiddel vagy más aldehidekkel nyert, hőre keményedő műanyagok.

Az egyes csomagolóanyagok hátrányos tulajdonságainak kompenzálására, az előnyök egyesítésére egyre szélesebb választékban gyártják a kombinált csomagolóanyagokat. A különböző tulajdonságú anyagok társításával befolyásolható a szilárdság, a feldolgozhatóság, a vízgőz-, aroma- és fényáteresztő képesség. A papír és az alumínium a legkülönbözőbb műanyag fóliákkal kombinálható, ezért ismerünk papír, alumínium és műanyag fólia alapú társított anyagokat. Papír alapúak pl. a tartós tej, a gyümölcslevek és a mélyhűtött termékek dobozai. Műanyag alapú a féltartós tej tasakja, a különböző szárítmányok csomagolóanyagai pedig alumínium alapúak.

A műanyagok közül említést érdemelnek még a kazein alapú műanyagok, mint amilyen pl. a szaruhoz hasonló galalit, a kaucsukszármazékok, a poli(tetrafluor-etilén), a szilikonok, melyekben a szilíciumatomok oxigénatomokon át kapcsolódnak össze, az epoxigyanták, melyek szobahőmérsékleten száradó lakkok készítésére használhatók, és a fenolgyanták, melyek addícióval és polikondenzációval képződő műanyagok.

1.15. Tisztító- és fertőtlenítőszerek

A káros mikroorganizmusok elszaporodása az élelmiszerekben kedvezőtlenül befolyásolja a technológiai folyamatokat, csökkenti az eltarthatóságot, és az élelmiszer romlását okozza. Az élelmiszerek szennyezése, fertőzése tisztítással és fertőtlenítéssel kerülhető el, mely általában két különböző technológiai művelet. A tisztító- és fertőtlenítőszerek azonban nem különíthetők el élesen egymástól, hisz a tisztítószereknek bizonyos mértékű fertőtlenítő hatásuk, a fertőtlenítőszereknek pedig tisztító hatásuk is van.

1.15.1. Tisztítószerek

Szennyeződésnek tekinthető minden olyan szerves vagy szervetlen anyag, amely az élelmiszerrel érintkezve kedvezőtlenül befolyásolja a technológiai folyamatokat, a termék küllemét, érzékszervi tulajdonságait, eltarthatóságát, táplálkozási értékét. A szennyező anyagok eltávolításának művelete a tisztítás, a felhasznált vegyszerek pedig a tisztítószerek. Az alkalmazott tisztítószernek a szennyeződés fajtájától csaknem függetlenül a következő követelményeket kell kielégítenie:

– hideg, illetve meleg vízben maradéktalanul oldódjék,
– oldja és lazítsa fel az eltávolítandó szennyeződést,
– nagy kimerülési értékű és szennyoldó képességű legyen,
– öblítéssel könnyen eltávolítható legyen, ne ülepedjen, ne képződjön hab,
– ne legyen mérgező, a tisztítandó felületet ne támadja meg,
– a tisztítási művelet után ne rontsa a termék minőségét,
– jól tárolható, olcsó legyen,
– ne legyen környezetszennyező hatású.

A tisztítószer lehet egyféle vegyi anyag vagy tisztítószer-készítmény. Ezen utóbbiak általában több meghatározott rendeltetésű anyag keverékei, amelyek szennyeződést oldó anyagot, komplexképzőt, felületaktív adalékot, habzás- és korróziógátlót, valamint töltőanyagot tartalmaznak, továbbá lehet bennük enzim és illatosító komponens is.

Szennyoldó anyagok, komplexképző tisztítószerek. A szennyeződések legnagyobb része általában olyan lúgosan reagáló anyagokkal távolítható el, mint a nátrium-, kálium-hidroxid, a nátrium- vagy kálium-karbonát vagy a trinátrium-foszfát. Használatosak szennyoldásra ezen túl még a nátrium-metaszilikát, a salétromsav és a foszforsav (ortofoszforsav).

A tisztítószerek fontos összetevői közé tartoznak a komplexképzők, amelyek általában alkalikus hatású szennyoldók. Elősegítik a szennyezőrészecskék diszpergálódását, a Ca- és Mg-ionok lekötésével lágyítják a vizet, összességében tehát javítják a tisztítószer hatását. Komplexképzőként mind szervetlen (oligofoszforsavak alkálisói, a di-, a tri- és a tetra-foszfátok), mind szerves vegyületek (nitrilo-triecetsav, etilén-diamin-tetra-ecetsav (EDTA), a glükonsav, a poliakrilsav és azok alkáli sói) használatosak.

A felületaktív anyagok olyan vegyületek, amelyek a molekulán belül hidrofil és hidrofób csoportokat is tartalmaznak. Ezek vizes oldatban a felületen feldúsulnak, és tisztításkor a következő hatásokat fejtik ki: csökkentik a felületi, illetve határfelületi feszültséget, nedvesítenek, diszpergálnak, peptizálnak, emulgeálnak, szolubizálnak, habzanak vagy habzásgátlók és mosó hatásúak. A tisztítandó felületen a felületaktív molekula hidrofób csoportja a zsíros szennyező anyagokhoz, a hidrofil része pedig a mosóközegként jelen levő vízhez

kapcsolódik. Ennek során a szennyeződés és a víz határfelületi feszültsége csökken, fokozódik a nedvesedés.

A detergenseket (vagy tenzideket) a hidrofil csoportjuk disszociáló sajátsága alapján a következő négy csoportba oszthatjuk:

– anionaktívak, amelyeknél a disszociáció után a felületaktív sajátságú rész (-) töltésű,
– kationaktívak, amelyeknél a disszociáció során a felületaktív sajátságú rész (+) töltésű,
– nem ionosak, amelyek nem disszociálnak,
– amfoterek, amelyek molekulájában kétféleképpen disszociálódó hidrofil csoportok helyezkednek el, amik lúgos közegben kationaktívak, savas közegben viszont anionaktívak.

Az anionaktív detergensek egy lipofil anionra és egy ellenkationra disszociálnak. A mosó hatás a lipofil anionnak köszönhető. A szappanok nagy szénatomszámú zsírsavak alkálisói, amelyeket régebben a zsírok lúgos hidrolízisével állítottak elő, ma viszont a zsírsavakat a lúggal reagáltatják az előállítás során. Nátrium-hidroxiddal szilárd halmazállapotú nátronszappan, kálium-hidroxiddal vízben jobban oldódó, kenőcsös állományú káliszappan a végtermék. Az alkáliszappanok vizes oldatban lúgos kémhatásúak. Kemény vízben oldhatatlan kalciumszappanná alakulnak, kicsapódnak, aminek során elveszítik nedvesítő- és emulgeálóképességüket.

A zsíralkohol-szulfátok zsíralkoholok kénsavészterei, amelyeket hosszabb szénláncú zsíralkoholok kénsavas kezelésével és a keletkezett alkil-kénsavészter közömbösítésével állítanak elő. Az alkil-szulfonátok a telített szénhidrogének szulfonált származékainak nátriumsói. A szulfocsoport helyzetétől függően primer és szekunder szulfonátokat különböztethetünk meg. Mindegyik vegyületcsoport jó nedvesítő, habzó és mosó hatású.

A kationaktív detergensek (invert szappanok) csoportjába olyan vegyületek tartoznak, amelyeknél a disszociált molekula kationrésze fejti ki a mosó hatást. A vegyületcsoport legfontosabb képviselői a kvaterner-ammónium vegyületek. A nem ionos detergensek igen jó nedvesítő hatású, de drága adalékok.

Egyéb tisztítószerek. Az egyéb tisztítószer-komponensek olyan adalékok, amelyek a tisztítószerek alkalmazását megkönnyítik és hatásukat fokozzák. Ilyenek a habzásgátlók és a porzásgátló adalékok, valamint a fehérje- és keményítőtartalmú szennyeződések tisztítására fehérje- és keményítőbontó enzimek.

1.15.2. Fertőtlenítőszerek

A fertőtlenítőszerek olyan vegyszerek, amelyek a mikroorganizmusokat fejlődésükben gátolják vagy elpusztítják. Közös jellemzőjük, hogy a sejtmembránra, a citoplazma enzimrendszerére vagy a génekre gyakorolt hatás révén a

mikroorganizmusok életműködését kedvezőtlenül befolyásolják. A jó fertőtlenítőszerek a következő tulajdonságokkal rendelkeznek:

– jó csíraölő hatás, széles hatásspektrum,

– hosszabb ideig tartó használat esetén sem alakít ki rezisztenciát a mikroorganizmusokban,

– használata után a felületről könnyen eltávolítható,

– nem környezetszennyező.

Az élelmiszeripar számára a legelterjedtebbek és legmegfelelőbbek a klór- és jódtartalmú készítmények, a kvaterner-ammónium vegyületek, a peroxiszármazékok és az amfolitszappanok. A fertőtlenítést általában meg kell előznie a tisztításnak, mert a szennyeződések megakadályozzák a fertőtlenítőszerek hatásának kifejtését. Újabban azonban olyan kombinált szereket alkalmaznak, amelyekkel a tisztítás és a fertőtlenítés egy munkamenetben elvégezhető.

A klórtartalmú fertőtlenítőszerekből klórgáz szabadul fel, amely oxidatív úton fejti ki hatását. Ilyenek a klórmész, mely a kalcium-hipo-kloriton kívül kalcium-kloridot és kalcium-hidroxidot is tartalmaz, és a nátrium-hipoklorit, mely erősen oxidáló hatású folyadék. A klóramintartalmú készítmények hatóanyaga a p-toluol-szulfo-klóramid-Na, amely jó fertőtlenítő hatása mellett kevésbé agresszív a hipokloritnál vagy a klórmésznél.

Jódtartalmú fertőtlenítőszerként ma már jobbára csak a jód komplex vegyületeit, a jodofórokat alkalmazzák, amelyek a jódnak felületaktív anyagokkal képzett komplex vegyületei. A jodofórokban a jód vízoldható, nem korrodál és nem maró hatású. A felületaktív anyag tökéletesebbé teszi a jód mikrobaölő hatását, és jó a nedvesítőképessége, valamint a tisztító hatása is.

A kvaterner ammóniumsók olyan vegyületek, amelyekben az ammóniumcsoport minden hidrogénjét szerves gyök helyettesíti. Ha a kvaterner ammóniumvegyületben legalább egy nagy szénatomszámú vegyület van, a molekula tenzid, amely a felületi feszültséget csökkentő, nedvesítő és emulgeáló tulajdonságon kívül mikrobaölő hatású is. Széles körben alkalmazott fertőtlenítőszer a nitrogenol (N-cetil-piridinium-bromid), amely a Gram-pozitív baktériumokra jobban, a Gram-negatív baktériumokra kevésbé hat.

Az amfotenzid vagy amfolitszappanok aminosav-származékok. Vizes oldatban ikeriont képeznek, míg azonban a kvaterner ammóniumvegyületeknél csak a kvaternerrész, az amfolitoknál a kation- és az anionrész is egyaránt hatásos. Az amfotenzidek jelentősen csökkentik a víz felületi feszültségét, és a baktériumokat gyorsan elpusztítják.

2. FUNKCIONÁLIS ÉLELMISZEREK

2.1. Bevezetés

A funkcionális élelmiszerek olyan alkotóelemeket tartalmaznak megfelelő mennyiségben, amelyek pozitívan hatnak az életfunkciókra, hozzájárulnak a betegségek megelőzéséhez, egészségvédő hatást fejtenek ki, összességében pozitív hatással vannak az emberi szervezetre. A funkcionális élelmiszerekben valamely komponensből lehet több, de lehet kevesebb is, ha a kevesebb valamilyen szempontból hasznos a szervezet számára. A funkcionális élelmiszerekkel kapcsolatban meg kell vizsgálni, hogy milyen komponenst adjunk az élelmiszerhez, milyen hatást lehet elvárni az ilyen élelmiszertől, mi az a komponens, amitől a hatás várható, és mi lesz a termék, amit a fogyasztó megvásárol.

Feltétlenül tisztázni kell a funkcionális élelmiszerek fiziológiás hatását, a fogyasztói elvárásokat a funkcionális élelmiszerekkel kapcsolatban, a folyamatokat, amelyek során funkcionális élelmiszereket készítünk, a funkcionális élelmiszerekkel kapcsolatos élelmiszer-biztonságot és a törvényi szabályozást. Az élelmiszer-előállításban egy olyan új területről van szó, mely technológiájának kidolgozása, hatása, a vásárlók részéről történő elfogadása manapság történik, ezért az előállítók és a fogyasztók együtt irányítják azokat a folyamatokat, melyek pár évtized múlva beépülhetnek a hagyományos élelmiszer-előállítás folyamatába.

A fejezet első részében az alapfogalmakat tárgyaljuk, majd a következőben az élelmiszer-kiegészítéssel előállított funkcionális élelmiszerekkel ismerkedhetnek meg az olvasók. Jelentős részt szenteltünk a tej bioaktív komponenseinek és azok előállításának, majd ehhez a fejezethez szorosan kapcsolódva a prebiotikumokat, a probiotikumokat és a szimbiotikumokat tárgyaljuk. E fejezetben ismertetjük az emberi szervezet mikroflórájának működését és a működés befolyásolásának lehetőségeit. A következőkben a hús táplálkozásban betöltött szerepével és a szójával mint az egyik legfontosabb, magas fehérjetartalmú növényi alapanyaggal foglalkozunk. Ismertetjük a szelénnel dúsított élelmiszerek jótékony hatását és a dúsítás lehetőségeit. Tárgyaljuk a tojás, a növényi és állati eredetű zsiradékok, a gabonák, a zöldségek és a gyümölcsök, majd a táplálkozási csírák funkcionális élelmiszerek előállításában betöltött szerepét. Végezetül az egyik legkedveltebb élvezeti cikk, a vörösbor előállítása során zajló kémiai-biokémiai folyamatokat és a vörösbor funkcionális, egészségvédő tulajdonságait tárgyaljuk.

2.2. Alapfogalmak

Definíciók. Funkcionális élelmiszer az az élelmiszer, amely olyan alkotóelemeket tartalmaz megfelelő mennyiségben, amelyek pozitívan hatnak egy vagy több életfunkcióra, hozzájárulnak a mentális jólét állapotához, rendszeres fogyasztásukkal a táplálkozással kialakuló betegségek kockázata csökkenthető. A hagyományos élelmiszerek energia- és tápértéke mellett egészségvédő hatást fejtenek ki. Más megfogalmazás szerint a funkcionális élelmiszer az olyan élelmiszer, amely az átlagosnál nagyobb mennyiségben tartalmaz egy vagy több olyan komponenst, amely pozitív hatással van az emberi szervezetre (egészségre). Azok az élelmiszerek is funkcionálisak, amelyekben valamely komponensből a szokásosnál kevesebb van (csökkentett zsírtartalmú, csökkentett szénhidrát-tartalmú, csökkentett fehérjetartalmú élelmiszerek), vagy a szokásosnál több van, valamilyen anyaggal dúsítva.

A nutraceutikumok olyan élelmiszerek, melyek a gyógyszerek és az élelmiszerek határán vannak. Pontos elnevezésük gyógyszernek nem minősülő étrend-kiegészítők, gyógyhatású készítmények. A prebiotikum a tápcsatornába jutva elősegíti a kedvező mikroorganizmusok szaporodását, visszaszorítja a káros mikroorganizmusokat, elősegíti, hogy a legkedvezőbb mikroflóra alakuljon ki. A probiotikum élő mikroorganizmus-kultúra, amely vagy benne van, vagy vele dúsítják az élelmiszert, és amely elszaporodva az ember emésztőrendszerében, visszaszorítja a káros mikroorganizmusok életműködését.

Mitől lesz egy élelmiszer funkcionális? A funkcionális élelmiszerekkel kapcsolatban három témakört kell megvizsgálni: Mit, milyen komponenseket adjunk az élelmiszerhez, vagy milyen alapanyagokat keressünk benne, ami nagyobb mennyiségben jelen van, és funkcionálissá teszi azt? Milyen hatást lehet elérni ezen komponens adagolásával? Mi lesz a termék, mit gyártsunk? Mi az a komponens, melynek nagyobb mennyisége funkcionálissá tehet egy élelmiszert?

Ilyenek pl. a diétás rost, a természetes antioxidánsok, melyek talán a daganatos megbetegedések ellen is hatásosak, a mikroelemek, melyek az enzimek alkotórészeiként esszenciálisak. A többszörösen telítetlen zsírsavak, melyek hőre érzékenyek, és speciális fehérjék is lehetnek funkcionális élelmiszerek komponensei. A sütőipari termékek tejjel, tejsavóval, kazeinnel dúsíthatók, de alkalmaznak peptidekkel való dúsítást is. Nagyon sok egészségvédő komponens ismert, melyeket kolosztrumból vagy tejből állítanak elő, és amelyeket bizonyos betegségek megelőzésére vagy gyógyítására használnak.

Az oligoszacharidok prebiotikumként szerepelhetnek, mert kedvezően befolyásolják a bélben élő mikroorganizmusok fejlődését. A vitaminokkal történő kiegészítés nagyon fontos, de egyes vitaminokkal kapcsolatban a túladagolás veszélyes lehet. A fitokemikáliák kémiai vegyületek, melyek közül többet a gyógyszeripar kezdett hasznosítani. Természetes antioxidánsokat, mikroelemeket

tartalmaznak. A természetes édesítőszereket az energiában gazdag cukrok pótlására használják.

A funkcionális élelmiszerek fiziológiás hatása. Milyen fiziológiai hatást várunk el, milyen betegségek megelőzésére ajánlott fogyasztani a funkcionális élelmiszereket? A hatások lehetnek oxidatív károsodások gátlása, antimutagén hatás, mikróbás fertőzés gátlása, diétásrost-hatás, immunomodulátor hatás, neuroregulatív (idegrendszer stimuláló) hatás, ösztrogén hatás, antihipertenzív (vérnyomáscsökkentő) hatás, koleszterincsökkentő hatás és allergénmentesítő hatás. A szív- és keringési betegségek megelőzésére szívbarát élelmiszereket fejlesztettek ki, melyek pl. koleszterincsökkentő hatással rendelkeznek. Az elhízás megelőzésére is fejlesztettek ki funkcionális élelmiszereket, és sószegény élelmiszereket is forgalomba hoztak.

Hogyan gyártsunk funkcionális élelmiszereket? Mit gyártsunk, hogyan gyártsunk, hogy az funkcionális élelmiszerré váljon? Az adott élelmiszer jellegzetes, hasznos komponensének koncentrációját kell megnövelni, a dúsítás során az élelmiszerre nem jellemző, de hasznos komponenst kell hozzáadni, a meglévő hasznos komponenst kell módosítani, a káros komponenseket, pl. az allergén fehérjét el kell távolítani, vagy a káros komponenseket helyettesíteni kell valami mással. Így alkalmazzák a diétásrost-tartalom növelését, a vitaminok, mikroelemek adagolását, a gluténmentes termékek előállítását, a fehérjével történő dúsítást, amikor leginkább tejet és a belőle készült termékeket és magas fehérjetartalmánál fogva szóját használnak. Egyre terjed a gyümölcslésűrítmények, kivonatok, koncentrátumok és gyógynövénykivonatok alkalmazása, és terjednek a funkcionális italok is, melyek előállítása során a szokásos gyümölcsitalokat multivitaminnal, kalciummal, magnéziummal és karotinoidokkal dúsítják.

Fogyasztói elvárások a funkcionális élelmiszerekkel kapcsolatban. Legyen finom, ízletes, praktikus, változatos, „olyan, mint a többi”, de legyen pozitív hatással az egészségre! Épüljön ki a bizalom a vásárlóban a speciális élelmiszerekkel kapcsolatban, higgye el, hogy szüksége van rá, biztosan jó neki.

Élelmiszer-biztonság és a funkcionális élelmiszerek. Élelmiszer-biztonság szempontjából a funkcionális élelmiszerekre ugyanazok a törvények, szabályok vonatkoznak, mint a többi élelmiszerre. Az élelmiszer-minőség az élelmiszer azon tulajdonságainak összessége, amelyek alkalmassá teszik a rá vonatkozó előírásokban rögzített és a fogyasztók által elvárt igények kielégítésére. Biztonságos az az élelmiszer, amelynek fogyasztása nem jelent egészségügyi kockázatot. Teljesen kockázatmentes élelmiszer-fogyasztás nem létezik, így az egészségkárosodás valamilyen szintű valószínűségének ki vagyunk téve.

Milyen jellemző veszélyekről beszélhetünk a funkcionális élelmiszereknél? Viszonylag új élelmiszercsoportról van szó, ezért első alkalommal tudni kell, jó-e, hat-e, nem okoz-e más problémákat a túlfogyasztás, nincs-e keresztreakció az általánosan fogyasztott élelmiszerekkel, gyógyszerekkel, nem toxikusak-e az új élelmiszerek, milyen állapotban vannak benne a tápanyagok.

Funkcionális élelmiszerek és a törvényi szabályozás. Európában a szabályozás eléggé heterogén, az országok egyelőre saját direktívákat alkalmaznak. A funkcionális élelmiszerekkel kapcsolatos egységesítés jelenleg folyamatban van, és még arra sincs egységes definíció, hogy mit nevezünk élelmiszernek. A tiszta, izolált készítményekre és kiegészítőkre létezik szabályozás.

2.3. Funkcionális élelmiszerek előállítása élelmiszer-kiegészítéssel

Az élelmiszerek kiegészítése különféle mikrotápanyagokkal több évszázados múltra tekinthet vissza: vasszöget szúrtak az almába, a kukoricát meszes vízben áztatták, a konyhasót jóddal egészítették ki a golyva megelőzésére, az A-vitaminhiányt a margarin A-vitaminnal való kiegészítésével tudták visszaszorítani, és tiaminnal, niacinnal és vassal egészítették ki a búzalisztet, valamint kalciummal kiegészített lisztet is forgalomba hoztak.

Alapfogalmak. Az élelmiszerek tápanyagokkal történő kiegészítésével kapcsolatban több fogalom is van a köztudatban. Növelés (megerősítés, fortification) az a folyamat, melynek során olyan tápanyagot adnak az élelmiszerhez, mely eredetileg nem volt benne jelen, vagy koncentrációja a kimutathatóság határa alatt maradt. Jó példa erre a margarin megerősítése A-, majd a későbbiekben D-vitaminnal. A helyreállítás (restoration) során pótolják azokat a tápanyagokat, amelyek elvesztek, átalakultak pl. a technológiai folyamatok során. Ilyen a liszt kiegészítése vassal és B_1-vitaminnal, vagy a burgonyából készült termékek kiegészítése C-vitaminnal. A gyümölcslé-előállítás során csökken a C-vitamintartalom, amit pótolni kell.

2.3.1. Gazdagítás, helyettesítés, dúsítás, kiegészítés

A gazdagítás (enrichment) során az élelmiszert olyan anyaggal egészítjük ki, amely valamilyen komponensből többet tartalmaz, mint az alapélelmiszer. A gyakorlatban a megerősítés és a helyreállítás szinonimájaként is használják. A standardizálás (standardization) során az eltérő összetételű élelmiszer összetételét valamilyen módon a standardhoz közelítik. A helyettesítés (substitution) az a folyamat, amikor az élelmiszerekhez azért adunk tápanyagokat, hogy elérjük ugyanazokat a szinteket, amelyek az eredeti, nem helyettesített élelmiszerben benne voltak. A dúsítás (supplementation) során valamilyen mikrokomponenst adnak, egyedül vagy kombinációban az élelmiszerhez, annak tápértéke megnövelésére.

Az élelmiszerek funkcionális komponensei mennyiségének növelése. A közismert kiegészítéseken túl (jódozott só, a margarinkiegészítés A- és D-vitaminnal, vagy a liszt helyreállítása és megerősítése) módszereket dolgoztak ki az angolkór

megelőzésére a tej D-vitamin-tartalmának megnövelésével, niacint, tiamint és folsavat adtak a liszthez a beriberi és a pellagra megelőzésére, a vérszegénység kezelésére pedig vasat. A kiegészítés (megerősítés) nem befolyásolja az élelmiszer organoleptikus tulajdonságait. A fejlődő országokban a legfontosabb népélelmezési cikkeket egészítik ki főként vitaminokkal és ásványi anyagokkal. Ezekben az országokban napi gyakorlattá vált a gabonafélékből készült élelmiszerek kiegészítése mikrotápanyagokkal, és pl. a gyümölcslevek vagy a burgonyából készült ételek kiegészítése C-vitaminnal.

Az összes mikrotápanyag közül legnagyobb mértékben a folsav-kiegészítés hatását tanulmányozták az egészségre. Mivel a folsavhiányos táplálkozás növelte a nyitott gerinccsővel született csecsemők arányát, ezért az Egyesült Államokban folsavval egészítették ki a gabonából készült élelmiszereket, és javasolták az ilyen megnövelt folsavtartalmú élelmiszerek fogyasztását áldott állapotban lévő kismamáknál. A folsav-kiegészítés viszont idősebb embereknél B_{12}-vitaminhiányhoz vezetett, ezért ha valamelyik mikrotápanyaggal ki akarjuk egészíteni élelmiszereinket, kellő körültekintéssel kell eljárni, mert a kiegészítésnek a hasznos hatáson kívül esetleg káros következményei is lehetnek.

Az élelmiszer-komponensek helyettesítése. Problémát jelent a zsíros tejek és tejtermékek helyettesítése más élelmiszer-alapanyagokkal, mert a zsíros tej jelentős mennyiségű zsíroldékony vitamint tartalmaz. A húst is megpróbálták helyettesíteni szójával, melynek során vitamin-, ásványi anyag- és esszenciális aminosav-kiegészítést kellett alkalmazni. A zsírhelyettesítő margarinok elterjedésekor szükséges volt azokat A- és D-vitaminnal, valamint karotinnal kiegészíteni.

Dúsítás (supplementation). A dúsítás egy speciális terméket eredményez, amely egy vagy több élelmiszer-komponensből jelentős mennyiséget tartalmaz, és a populáció kicsiny célcsoportjának a gyors, jó irányba történő megváltoztatását jelenti. A legismertebb dúsítmányok a multivitaminok, az ásványi anyagokkal kevert vitaminok, az utóbbi időben pedig nagyon népszerűek a különböző mennyiségű C-vitamint tartalmazó kapszulák. A kiegészítőket a biztonságos táplálkozás, ill. terápiás célból fogyasztják, és néha kifejezett gyógyhatást várunk el a készítménytől. Idős embereknél hatékonyan lehetett küzdeni pl. a csontritkulás ellen olyan készítményekkel, amelyek főleg kalciumot és D-vitamint tartalmaztak különböző koncentrációban.

Az élelmiszerek vitaminnal és ásványi anyaggal történő kiegészítése. Főleg a széles körben fogyasztott élelmiszereket és azok alapanyagait, mint amilyenek a gabonalisztek, a só, a cukor vagy a szójaszósz, egészítik ki mikrokomponensekkel.

2.3.2. A makro-, mikroelem- és vitaminhiány következményei

A kiegészítés szükségessége. Az ásványi anyagok közül a cink-, a szelén-, a vas-, a jód- és a kalcium-, a vitaminok közül pedig az A- és a D-vitamin, valamint a folsavhiány szokott előfordulni, de gyakori a niacinhiány is a kukoricát

fogyasztó társadalmakban, a tiaminhiány a rizsfogyasztó populációkban, és a skorbut azoknál, akik kevés friss gyümölcsöt vagy zöldséget fogyasztanak. Manapság kétmilliárd ember szenved vashiányban, 1,9 milliárd jódhiányban, és A-vitamin hiányában 250 millió iskolás korú gyermeket veszélyeztet a vakság. A hiánybetegség ott fordul elő legnagyobb mértékben, ahol a táplálkozás gabonán és hüvelyeseken alapul, és nem fogyasztanak elegendő mennyiségben állati eredetű élelmiszereket, főként húst, friss gyümölcsöt és zöldséget. Az élelmiszerek alacsony szelén- és jódhiánya ezen elemek talajban lévő alacsony koncentrációjával magyarázható, mely mind a növényi, mind az állati eredetű élelmiszerekben megmutatkozik.

A vashiány és következményei. A vashiány (ID, iron deficiency) következtében a világ lakosságának majd 30%-a anémiás, és ezek közül egymilliárd szenved vashiányos anémiában (IDA), másik egymilliárd pedig vashiányban, anémia nélkül. Szervezetünkben az összes vas mennyiségének 95%-a a hemoglobinban és a mioglobinban található, és vasat tartalmaznak még a citokrómok és a NADH dehidrogenáz. Néhány vastartalmú enzim az immunvédekezés eszköze; vashiány következtében fáradtság, gyengeség alakul ki, csökken az ellenállás a fertőzésekkel szemben, csökken a munkakapacitás, növekszik a mortalitás, alacsonyabb tömegű csecsemők születnek, csökken a gyermekek tanulási és felfogóképessége. Nagyon jó vasforrások a hús és a húskészítmények, mert bennük a vas hem formában fordul elő. A hem vas felszívódását jelentős mértékben nem befolyásolja az étel vagy az abban lévő vas állapota, a nem hem vas felszívódását viszont jelentős mértékben befolyásolják a vas állapota és a táplálék egyéb összetevői. Az utóbbi években vassal kiegészített lisztet, rizst, hal és szójaszószt, kukoricát, illetve megnövelt vastartalmú tejet és tejterméket hoztak forgalomba.

A jódhiány és következményei. Az egész világon előfordul jódhiány. Európában a gyermekek majd 60%-a jódhiányban szenvedett egészen addig, amíg a jódozott konyhasó használata el nem terjedt a gyakorlatban. A jód esszenciális komponense a pajzsmirigyhormonoknak, amelyek szükségesek az idegszövet és az agy kifejlődéséhez a méhen belüli életben és a születés utáni időszakban. A hiányos jódbevitel funkcionális abnormalitásokat eredményez, melyet összefoglalóan jódhiányos rendellenességnek hívnak. Az alacsony jódbevitel miatti betegséget súlyosbítja a szelén és a vas hiánya, mert mindkét mikroelem szükséges a pajzsmirigyhormonok szintéziséhez. A jódhiány megszüntetésére legjobb megoldás a jódozott konyhasó használata. A jódozott konyhasó mellett a jódozott víz, a különféle jódozott szószok és a jódozott búzaliszt is jó jódforrások lehetnek az ember számára.

Az A-vitamin-hiány és következményei. Az A-vitamin-hiány felelős a gyermekkori vakság kialakulásáért. Évente mintegy 500 ezer gyerek vakul meg A-vitaminhiány következtében, és közülük 50% egy éven belül meghal. A-vitamin szükséges a rodopszin, a látórendszer kialakulásához, a retinasav szükséges a növekedéshez és a fejlődéshez, az immunfunkciók kialakulásához és a szaporodáshoz. Nagyobb

mennyiségű A-vitamin-bevitel esetén a fölösleges mennyiség elraktározódik a májban, ahonnan vitaminhiányos táplálkozás során felszabadul, és rendelkezésére áll a szervezetnek. A tej és tejtermékek, valamint a máj a legjelentősebb vitaminforrások.

A gabonafélék és a hüvelyesek A-vitamin-tartalma csekély, ezért az A-vitaminhiány nagyon gyakori azoknál, akik gabonára és hüvelyesekre alapozzák táplálkozásukat. Az A-vitamin-szükséglet kielégítésére régebb óta alkalmazzák a margarin, a növényi olajok és a főzőolajok A-vitaminnal történő kiegészítését.

A cinkhiány és következményei. A cink mintegy 100 enzim működéséhez szükséges, melyek részt vesznek a metabolizmusban, a növekedésben, az immunrendszer kialakulásában, a reprodukcióban és az idegrendszer kifejlődésében. Cinkhiány elsősorban a gabonafélékre és a hüvelyesekre alapozott táplálkozás során fordul elő, mely párosul a csekély hús, valamint tej- és tejtermék-fogyasztással. Az élelmiszerek cinkkel történő kiegészítése nem terjedt el a gyakorlatban.

A kalciumhiány és következményei. A kalciumhiány azokban a populációkban fordul elő világszerte, ahol nincs hagyománya a tej és a tejtermékek fogyasztásának. A kalciumkoncentráció jól kontrollált a szervezetben, és hiány esetében a szervezet a csontokból pótolja a szükséges mennyiséget. Gyermekek esetében a hiányos kalcium- és D-vitamin-ellátás nem teszi lehetővé az erős csontok kifejlődését, és később is hajlamosabb lesz az ilyen szervezet a csontritkulásra.

Ipari országokban a kalciumszükséglet 60-70%-a a tejből és tejtermékekből származik. Ahol minimális a tej- és tejtermékfogyasztás, kalciumhiánnyal lehet számolni. A kalciumabszorpció szoros összefüggésben van az optimális D-vitamin-bevitellel, mert ahol alacsony az élelmiszerek D-vitamin-tartalma, kalciumfeszívódási zavarokkal lehet számolni. A kalciummal és D-vitaminnal dúsított élelmiszerek segítenek abban, hogy a fiatal szervezet elérje a genetikailag meghatározott maximális kalciumtartalmat a csontban, mely a későbbiekben mérsékli az oszteoporózis veszélyét.

A folsavhiány és következményei. Folsavhiány ott alakulhat ki, ahol finomított alapanyagokból készült élelmiszereket fogyasztanak, illetve nem fogyasztanak elegendő mennyiségben leveles zöldségeket. A folátok a B-vitamin komplex részeiként hozzájárulnak a szervezetben a koenzim-A szintéziséhez, melynek hiányában nagyon sok biokémiai folyamat leáll a szervezetben. A nem megfelelő folsavellátás vagy a folsavanyagcsere zavara a nyitott gerinccel születő csecsemők számának növekedéséhez, megaloblasztikus anémiához, neurológiai degenerációhoz, rákhoz és szív-érrendszeri panaszokhoz vezethet. Az élelmiszerek, elsősorban a liszt folsavval történő kiegészítése jelentősen csökkentette a korábban folsavhiánynak tulajdonított betegségek kialakulását.

2.3.3. Élelmiszerek vitaminokkal történő kiegészítése

A vitaminok a kevésbé stabil élelmiszer-komponensek közé tartoznak. A stabilitás változik a vitamin fajtájának függvényében; vannak, amelyek stabilabbak (niacin), és vannak, amelyek kevésbé stabilak (B_{12}-vitamin). A vitaminok stabilitását leginkább a hőmérséklet, a nedvesség, az oxigén, a fény, a pH, az oxidációs vagy redukciós komponensek jelenléte, a nehézfémionok (réz, vas) jelenléte, a kén-dioxid mennyisége, más vitaminok jelenléte, illetve a felsorolt hatások kombinációja befolyásolja. E tényezők közül legfontosabbak a hőmérséklet, a nedvesség, az oxigén, a pH és a fény. Különösen nagy vitaminveszteséggel kell számolni ott, ahol jelentős hőkezelést is alkalmaznak. A vitamintartalom időről időre változhat. Az ellenőrző hatóságok is mindig azt a komponenst vizsgálják, mely legérzékenyebb a technológiai, a raktározási és a szállítási körülményekre. A garantált vitamintartalom betartása egyébként nehéz, mert minden vitamin különböző módon bomlik, és azt deklarálni, hogy az élelmiszer életútja során hogy változik a vitamin-összetétel, nagyon nehéz.

A vitaminok egymással is kapcsolatba kerülhetnek, és segíthetik egymás lebontását. Folyékony multivitamin-preparátumokkal kapcsolatban végzett kutatások során 13 vitaminról mutatták ki, hogy kölcsönhatásukkal gyorsítják más vitaminok bomlását. A legfontosabbak ezek közül az aszkorbinsav, a tiamin, a riboflavin és a ciano-kobalamin. Az aszkorbinsav növeli a folsav és a ciano-kobalamin instabilitását, a tiamin a folsavét és a ciano-kobalaminét, a riboflavin pedig a tiaminét, a folsavét és az aszkorbinsavét. A vitaminok csökkentik vagy növelik a másik vitamin oldhatóságát is. Az élelmiszerek vitamintartalma csökken a besugárzás hatására, melynek mértéke egyértelműen összefügg a besugárzás erősségével. 3-10 kGy besugárzás hatására, levegő jelenlétében, már vitaminveszteség léphet fel, mely tovább növekszik a tárolás során. A zsíroldékony vitaminok közül az A-, az E- és a K-vitamin érzékeny a besugárzásra, míg a vízoldékonyak közül a tiamin a legérzékenyebb, a niacin, a riboflavin és a D-vitamin pedig nem érzékeny rá.

2.3.4. Élelmiszerek polifenolokkal történő kiegészítése

A polifenolok tulajdonságai. A polifenolok vagy más néven flavonoidok a növények másodlagos anyagcsere-termékei, melyek közül napjainkig több mint hatezret azonosítottak. A fenolos gyűrűhöz kapcsolódó hidroxilcsoportok kiváló antioxidánssá teszik őket. A flavonoidok szerkezetük alapján hat csoportba oszthatók: flavonolok, flavonok, katechinek, flavononok, antocianidinek és izoflavonok. Antioxidáns hatásúak, módosíthatják a kulcsenzimek aktivitását, értágító, rákellenes, gyulladáscsökkentő és immunrendszer-erősítő hatással rendelkeznek. Legfontosabb flavonoidforrások a gyümölcslevek, a kávé, a tea, a vörösbor, a hagyma, az alma és a bogyós gyümölcsök, a fekete ribizli és az áfonya.

Az élelmiszerekben előforduló fő flavonoidok a katechin és a katechin-gallátok, valamint a kvercetin és a kampferol és ezek glikozidjai.

A növényi kivonatok készítésének technológiai szempontjai. Hogy a kivonatok használhatók-e funkcionális élelmiszer előállítására, az függ attól, hogy a növényt használták-e tradicionálisan élelmiszerként, hogy a hatóanyag milyen fiziológiai és farmakológiai tulajdonságokkal rendelkezik. Jól alkalmazhatók kivonásra a vizes oldószerek, melyek nem változtatják meg a keresett anyag összetételét. A növényi extraktumok esetleg több száz anyagot is tartalmazhatnak, melyek szinergista módon hatnak. Az extraktum megváltoztathatja a kiegészített élelmiszer színét és ízét, elfordulhat barnulás, vagy keserű íz is kialakulhat. Fentiek miatt az extraktot mindig ellenőrizni kell, mielőtt hozzákevernék az élelmiszerhez. A legkedveltebb növényi kivonat a zöld teáé, ezt követi a rooibos-tea kivonat, majd a kaktuszkivonat zárja a sort.

2.3.5. Élelmiszerek karotinoidokkal történő kiegészítése

A karotinoidok a természetes növényi pigmentek nagy csoportját alkotják. Színük sárgától a vörösig változhat a természetben. Az élelmiszerek kb. 50-60 különböző karotinoidot tartalmaznak. A β-karotin az A-vitamin provitaminja, melyből a karotináz enzim segítségével két molekula A-vitamint tud a szervezet szintetizálni. A β-karotinnal történő élelmiszer-kiegészítés hosszú múltra tekint vissza, mert pl. a gyümölcsleveket már régóta kiegészítik β-karotinnal, tehát korábban a karotinoidokat leginkább élelmiszer-színezékként alkalmazták.

A sok karotinoid közül a legfontosabbak a β-karotin, az α-karotin, a β-kriptoxantin, a lutein, mely nem A-provitamin, a zeaxantin és a likopin. Egészségvédő hatásukat a kiemelkedő antioxidáns hatásuknak tulajdonítják. A β-karotin, mely két A-vitamin molekulává tud átalakulni, a lutein és a zeaxantin hozzájárul a szem egészséges működéséhez, a likopin pedig segít a prosztatarák megelőzésében. A hozzáadott karotin mennyiségét elsősorban a kívánt szín elérése és az egészségügyi szempontból való hatásosság szabja meg. Manapság a β-karotint és a likopint az élelmiszeriparban széles körben alkalmazzák élelmiszerek színezésére. A β-karotint nagy mennyiségben alkalmazzák margarinok, vaj, sajt, joghurt és fagylalt színezésére, illetve sütőipari termékeknél, leveseknél, szószoknál, salátaönteteknél és édességeknél is, valamint nagy mennyiségben használják a multivitamin italok előállításánál.

2.3.6. Élelmiszerek esszenciális zsírsavtartalmú olajokkal történő kiegészítése

Néhány lipidről kiderült, hogy egészségvédő hatással rendelkeznek, és esetenként esszenciálisak az emberi szervezet számára. Legismertebbek e kedvező hatások közül a növényi szteroidoké, melyek koleszterincsökkentő hatással

rendelkeznek, vagy az olyan zsírsavaké, amelyek gyulladástcsökkentő hatással bírnak. A növényi szteroidok kémiai szerkezetüket tekintve nagyon hasonlítanak a koleszterinhez. Legfontosabb képviselőik a szitoszterol, a kampeszterol és a sztigmaszterol. A növényi sztanolok telített növényi szterolok, mivel nincs a szteroidgyűrűben kettős kötés. A növényi szteroidok nincsenek hatással a HDL-koleszterinszintre, de mivel javítják az LDL/HDL arányt, ezért egészségvédő hatással rendelkeznek.

Többszörösen telítetlen zsírsavak. A többszörösen telítetlen zsírsav (PUFA) kifejezést mindazon zsírsavak esetében használják, amelyek legalább két telítetlen kötést tartalmaznak. Az ember számára a linolsav, a linolénsav, az arachidonsav, valamint az eikoza-pentaénsav (EPA) és a dokoza-hexaénsav (DHA) esszenciálisak, mert a szervezetünk nem tudja előállítani őket. A szervezet ezekből a zsírsavakból olyan anyagokat állít elő, mint az eikozanoidok, mely hormonszerű vegyületek modulálják a szív- és érrendszert, a légzőrendszert, az immunrendszert és a reprodukciós funkciókat, és kulcsszerepet játszanak a gyulladások megelőzésében. Az eikozanoidok szintézise az emberi szervezetben attól függ, hogy milyen zsírsavakhoz jut hozzá, ezért a táplálék ω-3/ω-6 aránya megszabja a belőlük előállítható eikozanoidok mennyiségét. Úgy gondolják, hogy a 4:1 ω-3/ω-6 arány az optimális az emberi szervezet számára, de több országban mértek 7:1 és 14:1 arányokat is, amelyek messze eltérnek az optimálistól.

A többszörösen telítetlen zsírsavak forrásai. A PUFA-val való kiegészítés optimális nyersanyagai a különféle növényi olajok, mint amilyen pl. a ligetszépe olaj és a lenmagolaj, melyek karakterisztikus ω-3/ω-6 aránnyal jellemezhetők, és különösen a halolaj tartalmaz nagy mennyiségű eikoza-pentaén és dokoza-hexaén savat. Általánosságban véve a növényi olajok sok n-3 PUFA zsírsavat tartalmaznak linolénsav formában. Mivel ugyanaz az enzimrendszer alakítja tovább a linolsavat is és a linolénsavat is hosszabb szénláncú telítetlen zsírsavakká, a két zsírsav egymás kompetitív inhibitorai, ezért a linolénsavnak csak egy kis része konvertálódik EPA-vá és arachidonsavvá.

Az EPA és a DHA fő forrásai a halolajok, melyek a hallisztgyártás „melléktermékei”. A halolaj zsírsavösszetétele függ az elfogyasztott takarmány összetételétől, ezért a különböző helyekről származó halolajok zsírsavösszetételében jelentős különbségek is lehetnek. A halolajok EPA-tartalma 5-18% között, DHA-tartalma pedig 6-13% között mozog. Az n-3 PUFA-k kiváló forrásai lehetnek a különböző mikroorganizmusok is, mert ezek a mikrobák képesek 20 vagy 20-nál nagyobb szénláncú n-3 zsírsavak szintézisére. A tengeri mikroalgák tűnnek a legjobb n-3 zsírsavforrásnak, mert ezek tudják a hosszúláncú n-3-as zsírsavakat szervezetükben akkumulálni.

Konjugált linolsavak. A konjugált linolsavak (CLA, KLS) is két kettős kötést tartalmaznak, azonban azok konjugált pozícióban vannak a molekulában. A CLA az étkezést követően csökkenti a zsírraktározást, csökkenti a zsírsejtek összes mennyiségét, és növeli a zsírok bekapcsolódását az energiatermelő

folyamatokba. A CLA immunmodulátor hatással is rendelkezik, befolyásolja a sejtek immunválaszát a vakcinákra, befolyásolja a szervezet citokinszintjét, és így szerepe lehet a gyulladások kezelésében is. A sok CLA izomer közül a cisz-9,transz-11 és a transz-10,cisz-12 izomer rendelkezik biológiai aktivitással. A kereskedelmi forgalomban lévő CLA-készítményeket sáfrányos szeklice olajból állítják elő, mely mindkét izomert 50:50 százalékos arányban tartalmazza.

A lipidekkel kapcsolatos technológiai szempontok. A CLA-előállításnál alapvető követelmény, hogy a biológiai aktivitással bíró izomerek keletkezzenek a legnagyobb koncentrációban. A sok telítetlen zsírsavat tartalmazó készítmények nagyon érzékenyek az oxidációra, ezért gyakran olyan antioxidánsokat alkalmaznak az ilyen készítményekben, mint a tokoferolkeverékek, az aszkorbil-palmitát, a rozmaringextraktum vagy a citromsav. A lipidoxidáció alapvegyületei a kettős kötést tartalmazó zsírsavak. Minél több a kettős kötés a molekulában, annál fogékonyabb az oxidációra; így a DHA ötször fogékonyabb az oxidációra, mint a linolsav.

Az autooxidációt iniciátorok indítják be, melynek hatására a telítetlen zsírsavakból a szénatomon lokalizált szabad gyökök keletkeznek. Ezek a további bomlást követően illékony vagy nem illékony másodlagos bomlási termékeket alkotnak. Az illékony komponensek közé tartoznak az aldehidek, a ketonok, az alkoholok és a szénhidrogének, melyek az avas szag és íz kialakulásáért felelősek. A fotooxidáció nemgyökös reakció, mely hidroperoxidok és illó komponensek képződéséhez vezet, olyanokhoz, mint amilyenek a gyökös reakciókban is keletkeztek. Fényérzékenyítő vegyületek az élelmiszerekben a klorofill, a riboflavin és a hem fehérjék.

A lipidoxidációt néhány esetben antioxidánsok adagolásával meg lehet akadályozni. Az elsődleges antioxidánsokat szabadgyökbefogóknak is hívják, mert a szabad gyökök semlegesítésével megállítják a gyökös reakciókat. Fenolos szerkezetű vegyületek, mint amilyen pl. a BHA (butil-hidroxi-anizol), a BHT (butil-hidroxi-toluol) és a propil-gallát, a természetes antioxidánsok pedig a tokoferolok és a növényi polifenolok.

2.3.7. Élelmiszerek biológiai aktivitású lipidekkel történő kiegészítése

A hosszú szénláncú PUFA-t, a CLA-t általában észterezett formában, szagtalanítás után adják az élelmiszerekhez. Az olajokhoz mindig célszerű emulgeálószert is adagolni, mely növeli a diszperzitást, stabilitást biztosítanak az élelmiszernek, megakadályozva a különböző fázisok szétválását. Általában homogénezést is közbeiktatnak a kellő diszperzitásfok és stabilitás elérése miatt. A funkcionális lipid komponensek hozzáadásának megkönnyítésére különböző, porlasztva szárított termékeket állítottak elő, melyek vizes közegben is könnyen és homogénen elkeverhetők. Eredeti állapotú szterolokat nehéz a vizes közegben egyenletesen eloszlatni, mert ezek a vegyületek erősen hidrofóbok, és az egyszerű hozzákeverést követően azonnal elválnak a vizes közegtől.

Példák a szterolok, a CLA és a PUFA-k növelésére élelmiszerekben. Az Egyesült Államokban a szterolokkal kiegészített italok és gabonafélék jelenleg a legnépszerűbbek. Népszerűek az egykupicányi tejes italok, melynek 100 grammja 2-3 g növényi szterolt tartalmaz, ezenkívül szeretik a növényi szterollal kiegészített joghurtot, tejet, tejport és a kenhető sajtot is. Az utóbbi időben sor került a csecsemőtápszerek és az idősebbek számára készült élelmiszerek kiegészítésére PUFA-val, eikoza-pentaénsavval és dokoza-hexaénsavval. A tej- és tejtermékeken kívül számos ún. omega-kenyér van kereskedelmi forgalomban, melyekben a PUFA koncentrációja átlagosan 80 mg/100 g.

2.3.8. A flavonoidok mint funkcionális élelmiszer-komponensek

A flavonoidok alapváza, az aglikon, cukormolekulához kapcsolódik, ezért a flavonoidok valójában glikozidok. A flavonoidok 1,3-difenilpropán, az izoflavonoidok 1,2-difenilpropán, a neoflavonoidok pedig 1,1-difenilpropán származékok, és ebbe a csoportba tartoznak még az antocianidin, a cianidin, az antocianin és a cianin is. A növényi metabolizmus másodlagos anyagcseretermékei, melyek főként a gyümölcsök héjában, magjában és kocsányában találhatóak meg. Mint pigmentképzők szerepük van az UV fény és a mikroorganizmusok, valamint az egyéb növényi kártevők elleni védelemben, az enzimreakciók szabályozásában, és szignál funkcióval is bírnak a nitrogénmegkötő baktériumok számára. Élelmiszerként a növényi anyagokban színezőanyagok, ízkomponensek és antioxidánsok.

A flavonoidok csoportosítása. A flavonolok csoportjának jellegzetes képviselői a katechinek, a proantocianidineké az oligomer katechinek, a flavonoké a quercetin és a kampferol, a biflavonoké az amentoflavon és a bilobetin, a flavononoké a heszperidin és a naringin, a flavononoloké a taxifolin, az antocianinoké a cianidin, a delfinidin, a malvidin és a petunidin, a flavonolignanoké a szilimarin, az izoflavonoké pedig a genistein és a diadzein.

A flavonoidok élelmiszerekkel történő bevitele a szervezetbe. 2001-ben Magyarországon például a felnőttek 18,8 mg/fő/nap (0,5-309,7 mg), a gyerekek pedig 19,5 mg/fő/nap (0-179,3 mg) flavonoidot fogyasztottak, míg az ajánlott bevitel összesen 1000 mg/fő/nap. A fenti adatokból leszűrhető az a következtetés, hogy Magyarországon a zöldség- és gyümölcsfogyasztás messze elmarad a kívánatostól!

A flavonoidok felszívódása és metabolizmusa. A flavonoidok felszívódása függ a kémiai szerkezettől, a molekula méretétől, a polimerizációtól, a glikozidációtól és az oldhatóságtól. Rosszul szívódnak fel, az összes elfogyasztott mennyiség 0,2-0,5%-a hasznosul a szervezetben. Könnyen adszorbeálnak, dekarboxilációval, demetilációval, a kettős kötések telítődésével átalakulnak, majd az aglikonok a vékonybélen keresztül szívódnak fel. A glikozidokat a felszívódás előtt hidrolizálni kell, azonban az emberben hiányzik az erre alkalmas

β-glükozidáz enzim, ezért a vastagbél mikroflórája hidrolizálja a glikozidokat, melyet követően a metabolitok a vérrel eljutnak a májba, ahol metilálás és szulfonálás következik be, majd a származékok a vérrel eljutnak a vesébe, ahol kiválasztódnak a vizelettel.

A flavonoidok legfontosabb biokémiai tulajdonságai az antioxidáns hatás szabadgyökbefogással, a gyulladáscsökkentő hatás, az asztmaellenes és antiallergén hatás, az enzimek aktiválásának módosítása, általában gátlása, az antivirális, antibakteriális hatás, az ösztrogénaktivitás, a mutagenezist és karcinogenezist befolyásoló hatás, a hepatoprotektív hatás és a véredényrendszer működését befolyásoló hatás. Mai tudásunk szerint a rák semmilyen tápanyaggal vagy táplálékkiegészítő készítménnyel nem előzhető meg, de a daganatos betegségek kockázata alacsonyabb azokban a népcsoportokban, akik sok zöldséget és gyümölcsöt fogyasztanak.

Mediterrán országokban kisebb a szív- és érrendszeri megbetegedésekben szenvedők száma, ami a feltételezések szerint a fogyasztott vörösbor flavonoidtartalmának köszönhető. A flavonoidok csökkentik a fibrinogén- és emelik a plazminogénkoncentrációt, növelik a védő hatású HDL (nagy sűrűségű lipoprotein), ezzel párhuzamosan csökkentik a káros LDL (alacsony sűrűségű lipoprotein) szintjét. A vörösbor azért funkcionális élelmiszer, mert a vizes, alkoholos folyadékból a flavonoidok jobban szívódnak fel, de nagy valószínűséggel nemcsak a vörösbor, hanem életmódbeli és genetikai különbségek is okozzák a megbetegedés hiányát.

A flavonoidok hatásáról az alábbiakat állapították még meg: Csontritkulásos, osteogenesises betegségekben helyreállítják a csontok fiziológiás anyagcseréjét, a cukorbetegségben szenvedőknél növelik az inzulintermelést, nőgyógyászati problémákban az ösztrogéntermelésre hatnak, szerepet játszanak az Alzheimerkór megelőzésében, elősegítik a gyógyszerek felszívódását, a kvercetin pedig gátolja a húgysavképződéshez szükséges xantinoxidáz enzim működését.

Magas flavonoidtartalmú gyógyhatású készítmények. Funkcionális élelmiszerek magas flavonoidtartalommal gyógyhatásúak lehetnek, és ismertek olyan gyógyszerek és készítmények, mint a hajszálerek falát erősítő Rutascorbin, a májvédő Legalon, a látásjavító antociántartalmú orvosságok, és nagyszámú gyógyhatású és funkcionális készítmény, kozmetikum és étrend-kiegészítő is tartalmaz flavonoidokat.

2.4. A tej bioaktív komponensei és azok előállítása

A funkcionális élelmiszerek olyan élelmiszerek, melyek az alapvető tápérték mellett speciális egészségügyi előnyöket is hordoznak. A tehéntej és a kolosztrum a bioaktív összetevők legfontosabb forrásai, és ezek a bioaktív komponensek nemcsak a tehéntejben és a kolosztrumban jelennek meg, hanem az ezekből készült termékekben is.

2.4.1. A tejben található bioaktív komponensek

A tehéntej speciális hatású fehérjéket, fehérjeszármazékokat, lipideket és szénhidrátokat tartalmaz, melyek ipari méretű kromatográfiás és membrántechnikai szétválasztási műveletekkel előállíthatók, illetve kivonhatók. Ma már sok bioaktív összetevő jelenlétét és hatását aknázzák ki mind tejipari, mind más iparági élelmiszerekben, azonban a tejipar vezető szerepet ért el a funkcionális élelmiszerek fejlesztésében. Ezek az élelmiszerek hatnak az immunrendszerre, megelőzik a vérnyomás emelkedését, küzdenek a gyomor-, bélrendszeri fertőzésekkel, segítenek a testsúly kordában tartásában és megelőzik a csontritkulást.

A bioaktív tejösszetevők technológiai és biológiai tulajdonságai és egészségre gyakorolt hatásai az alábbiak: A savófehérjék, a kalcium, a glükomakropeptidek és a konjugált linolsav hatásos segítséget nyújtanak a testtömeg karbantartásában, a bioaktív peptidek és a kalcium jó hatással vannak a szív- és érrendszer állapotára, valamint a csont erősségére, ellenálló képességére a fizikai behatásokkal szemben. Egyes vizsgálatok szerint a bioaktív peptidek jó hatással vannak a hangulatra, a memóriára és a stressztűrő képességre. A savófehérjék, az immunmodulátor peptidek, az egyéb bioaktív peptidek, az immunglobulinok, a laktoperoxidáz, a laktoferrin, az antimikróbás peptidek, a glükomakropeptidek és a laktóz, valamint származékai, a probiotikumokkal együtt, jó hatással vannak a szervezet immunológiai állapotára, az emésztésre és a fogegészségre.

2.4.1.1. Bioaktív fehérjék

A kazein (α_{s1}, α_{s2}, κ, β) ionhordozó, kalcium-, foszfor-, vas-, cink- és rézforrás, prekurzora az immunserkentő bioaktív fehérjéknek és antikarcinogén hatású. A β-laktoglobulin vitaminhordozó, antioxidáns szerepére is vannak utalások, más bioaktív fehérjék prekurzora, és zsírsavmegkötő tulajdonsággal is rendelkezik. Az α-laktalbumin a laktózszintézis irányítója a tőgyben, Ca-hordozó, immunerősítő, más bioaktív fehérjék prekurzora, és lehetséges, hogy antikarcinogén hatása is van. Az immunglobulinok az antitesteken és a kiegészítő rendszeren keresztül a speciális immunvédelem eszközei, és más, bioaktív fehérjék lehetséges prekurzorai.

A glüko-makropeptidek antimikrobás hatású, trombózismegelőző, prebiotikus vegyületek. A laktoferrin antimikrobás hatású, antioxidáns, antikarcinogén, gyulladáscsökkentő anyag, mely részt vesz a vasszállításban, a sejtnövekedés szabályozásában, a bioaktív fehérjék prekurzora, immunerősítő, és serkenti a csontépítő sejtek szaporodását. A laktoperoxidáz antimikrobás, szinergikus hatást fejt ki az immunglobulinok, a laktoferrin és a laktoperoxidáz között. A lizozim antimikrobás hatású, a szérumalbumin pedig bioaktív fehérjék (lipáz szintetáz) előanyaga (prekurzora).

A fő tejfehérjék biológiai hatásai és alkalmazásuk lehetősége. A kolosztrumban és a tejben található fő fehérjék az értékes aminosavak kiegyensúlyozott

forrásai, funkcionális és biológiai hatással rendelkeznek. Az immunglobulinok (Ig) antitestek, melyek jelen vannak minden tejet adó faj kolosztrumában, így megvédik az újszülöttet a kórokozóktól. A kolosztrumban lévő immunglobulinok a mikrobiológiai fertőzésekkel szembeni védelmében játszott szerepe jól dokumentált újszülött borjak esetében, és piacuk, mint emberi fogyasztásra szánt táplálkozás-kiegészítők, egyre nő. Képesek megakadályozni a mikrobák megtelepedését, gátolják a mikroba-anyagcserét, csomóba tömörítik a baktériumokat, fokozzák a baktériumok fagocitózisát, pusztítják őket, és képesek számos mikroba- és vírustoxin semlegesítésére. A bioszeparációban történt fejlődés lehetővé tette az antitestek frakcionálását, szétválasztását, dúsítását, és ebből következően az „immun-tej" elnevezésű termékek előállítását. Az 1950-es években először javasolják a tehén kolosztrumának orális alkalmazását emberi passzív immunvédelem segítésére, és számos tanulmány bizonyítja, hogy a kolosztrumkészítmények eredményesek a különböző patogénekkel való fertőzés megelőzésében.

Az α-laktalbumin a tőgy szövetében szintetizálódik, koenzimként a tejcukor bioszintézisében vesz részt, a laktóz szintetáz β-alegysége. Kiváló forrása az esszenciális aminosavaknak, különösen a triptofánnak és a ciszteinnek, amelyek prekurzorai a szerotoninnak és a glutationnak is. A legnagyobb triptofántartalmú természetes fehérje. Az α-laktalbuminban gazdag étrend kedvezően hatott a stressz csökkentésében és a stressz általi rossz hangulatban szerepet játszó biomarker hatásának kompenzálásában, és védő hatással bír a nyálkahártya sérüléseinek esetén, mely hatás gyakorlatilag azonos a fekélymegelőző szerekével.

A β-laktoglobulin az anyatejben nem található meg. Kiváló forrása a széles körű biológiai aktivitással rendelkező peptideknek, amelyek az α-laktalbumin és származékaihoz hasonlóan jótékonyak a magas vérnyomás megelőzésében, mikrobaellenesek, daganatellenesek, immunerősítők, a fájdalom csillapítására használhatók, valamint koleszterinszint-csökkentők. A β-laktozin B (Ala-Leu-Pro-Met) peptidje szájon át adva szignifikáns vérnyomáscsökkentő hatást mutatott. Bizonyították a fájdalomcsökkentő β-laktorfin (Tyr-Leu-Leu-Phe) artériákra gyakorolt kedvező hatását.

A laktoferrin (LF) a gazdaszervezetet védő anyag. Pepszinnel bontva a laktoferricin B és a laktoferrampin keletkezik, melyek fontos szerepet játszanak a szervezet mikrobás fertőzésekkel szembeni védekező mechanizmusában. A LF daganatellenes hatásának mechanizmusában a következő tulajdonságok játszanak szerepet: A vas-keláthoz köthető antioxidáns tulajdonság, az immunszabályozási és a gyulladáscsökkentő hatás. A LF és több származékának szájon át adása elnyomja a szokásos, bélből izolálható baktériumok működését és szétszóródását, de nincsenek hatással a bélbarát bifidobaktériumokra. A LF-fogyasztás előnyös hatású a karcinogén anyagok által gerjesztett daganatok gátlásában a vastagbélben, a nyelőcsőben, a tüdőben, a húgyhólyagban és a májban. A LF-nel kiegészített tápot vagy anyatejet fogyasztó csecsemőknél a székletben megnőtt a bifidobaktériumok száma. Sokan gyártanak laktoferrint ipari mennyiségben,

mint adalékanyag is egyre inkább használatba kerül, és adagolásával intenzíven növekvő mennyiségű funkcionális élelmiszer és gyógykészítmény fog készülni. Szinergista hatása miatt a laktoferrint táplálékkiegészítőkben is alkalmazzák.

A laktoperoxidáz glükoprotein a tejben a legnagyobb mennyiségben megtalálható enzim. A tiocianát és néhány halogenid peroxidációját katalizálja, miközben olyan tiocianid-termékeket és hypotiocianidokat képez, amelyek számos mikrobaféleséget elpusztítanak, vagy gátolják a szaporodásukat. A glükomakropeptid (GMP) és szénhidrátmentes formája a kazeino-makropeptid (CMP), in vitro inaktiválják az E. coli és a Vibrio cholerae toxinjait, erősítik az immunrendszert és támogatják a bifidobaktériumokat. A GMP gazdag elágazó láncú aminosavakban (Ile, Leu, Val), szegény viszont metioninban, ami értékes összetevővé teszi a májbetegek étrendjében. Nem tartalmaz fenilalanint, ezért a fenil-ketonúriában szenvedők is fogyaszthatják.

2.4.1.2. A bioaktív peptidek előállítása és funkcionalitása

A bioaktív peptidek aktivitása az őket felépítő aminosavakon és azok sorrendjén alapul. Legfőbb forrásuk a tejfehérje, és magas vérnyomás elleni, antitrombotikus, antimikrobás, antioxidáns, immunrendszer-erősítő és fájdalomcsillapító hatással bírnak. A tej enzimes hidrolíziséből, illetve savanyú tejtermékekből származnak, de a tejfehérjék emésztése során is keletkezhetnek. A bioaktív peptidek és a speciális aminosavsorrendek az eredeti fehérjén belül inaktívak, melyek emésztőenzimekkel történő hidrolízissel, a tej fermentálása során savanyító kultúrákkal és külső fehérjebontó enzimekkel történő hidrolízis során szabadulhatnak fel a prekurzor fehérjéből.

A pepszin, a tripszin és a kimotripszin esetén bizonyított, hogy számos vérnyomáscsökkentő peptid keletkezik mind a kazein, mind a savófehérje-frakciók hidrolízisekor. A kazein pepszinnel, majd azt követően tripszinnel végzett hidrolízise immunstimuláló, illetve immunrendszert elnyomó peptideket egyaránt eredményezett. Megállapították, hogy a baktérium eredetű proteinázok megváltoztatják a kazein-hidrolizátum immunrendszert befolyásoló hatását. Hasonlóképpen állítják azt is, hogy kettős enzimes kezeléssel csökkenteni lehet a tejfehérje allergén hatását, ami új típusú funkcionális tejtermékek megjelenését eredményezheti!

A tejtermékekben található bioaktív peptidek és aktivitásuk. A bioaktív peptidek a tejtermékekben egy időben vannak jelen, a peptidek különböző mértékű megjelenését a kultúrák szabályozzák, de a peptidek tárolás alatti stabilitását nehéz megőrizni és ellenőrzés alatt tartani. Indiában két olyan, klinikailag bizonyítottan előnyös hatású, magas antihipertenzív peptidtartalmú termék van piacon, amelyeket a magas vérnyomásos betegek részére fejlesztettek.

2.4.1.3. Bioaktív lipidek

A zsírsavak közül kiemelkedő védő és egészségmegőrző hatással rendelkezik a konjugált linolsav (CLA, KLS), mely elnevezés a cis-9,cis-12 linolsav konjugált kettős kötést tartalmazó, különböző szerkezeti és geometriai izomerjeinek gyűjteményét jelenti. A tejben lévő fő KLS izomert, a cis-9,transz-11 izomert ruminsavnak is nevezik, mely részben a többszörösen telítetlen zsírsavak biokonverziójával, anaerob baktériumok működésének eredményeként keletkezik a bendőben, de elsősorban a tejelő állatok tőgyében, a vaccénsav (transz 18:1) Δ9-dehidrogenézesével keletkezik. A tejzsír a KLS leggazdagabb természetes forrása.

A KLS egészségre gyakorolt sokoldalú hatásai a következők: antikarcinogén, érelmeszesedés-gátló, diabéteszmegelőző, elhízásmegelőző és immunrendszert erősítő hatás. Ezen előnyöket elsősorban két izomer, a cis-9,transz-11 és a transz-10,cisz-12 izomer hordozza, de a pontos hatások az izomerektől függenek. A tej KLS-tartalmának mintegy 75-90%-át a cisz-9,transz-11 izomer teszi ki, melyből az átlagos napi KLS-bevitel országonként 95-400 mg-ra becsülhető, azonban az antikarcinogén hatás eléréséhez napi 3,0-3,5 g KLS-bevitelre lenne szükség. A KLS-bevitel mértéke pozitív hatással van a testtömeg és a testzsír csökkentésére, a sovány testtömeg növelésére, mert kapcsolatot találtak a testzsírcsökkenés és a sovány tömeg arányának növekedése között. Számos in vitro kísérletben megerősítették, hogy a szintetikus KLS-ben és ruminsavban dúsított tejzsír daganatellenes hatású. A táplálékeredetű KLS antikarcinogén hatású a mell-, a prosztata- és a vastagbélrák esetében. Megállapították, hogy a tejtermékekkel bevitt KLS nagyobb mennyisége csökkenti a végbélrák rizikóját.

A konjugált linolsavak alacsony koncentrációban fordulnak elő élelmiszerekben, hisz a tej és tejtermékekben 0,2-2,0 g KLS/100 g tejzsír, a kérődző állatok húsában 0,5-1 g KLS/100 g zsír, a növényi olajokban 0,1-0,2 g KLS/100 g zsír, a margarinokban pedig gyakorlatilag nulla KLS található. A fentiek miatt tanulmányozva a tejzsír zsírsavösszetételét, KLS-tartalmát és változását a laktáció során, megállapítottuk, hogy a feketetarka és a vöröstarka holstein-fríz, valamint a vöröstarka tejzsírjának zsírsavösszetétele szinte teljes mértékben megegyezik. A különféle kultúrák hatását vizsgálva a tejtermékek zsírsavösszetételére és KLS-tartalmára megállapítottuk, hogy az általunk alkalmazott és a tejipari gyakorlatban mindennaposan használt kultúráknak alig van hatása a tej zsírsavösszetételére. A Lactobacillus acidophilusnál és a Lactobacillus plantarumnál napraforgóolaj-adagolás a KLS mennyiségét 35-40%-kal növelte, a Lactobacillus caseinél viszont csak 20% növekedést tapasztaltunk. Különböző sajtok konjugáltlinolsav-tartalmának változását vizsgálva a tárolás során megállapítottuk, hogy mindegyik sajt (Dalia, Rucăr, Penteleu, Telemea) esetében a KLS-tartalom a tárolás 15-18. hetében érte el a maximális értéket, melyet követően mennyisége vagy csökkent, vagy állandó szinten maradt.

Poláros lipidek. A poláros lipidek szerepet játszanak a membrán jelátbocsátó képességében, és ezen keresztül a sejtek növekedésében, osztódásában, differenciálódásában és apoptózisában. Szerepet játszanak még az idegingerület-átvitelben és az öregedéshez köthető betegségek kialakulásában is. A szfingolipidek és származékaik nagy bioaktivitású vegyületek, amelyek antikarcinogén, koleszterinszint-csökkentő és antibakteriális hatást fejtenek ki. A vajsav és származékai (butirátok) az emlő- és vastagbélrák kifejlődését gátolják. A szfingomielinben gazdag élelmiszerek és táplálékkiegészítők előnyösek lehetnek a mell- és vastagbélrák, és a bélhez köthető betegségek megelőzésében.

2.4.2. Növekedést befolyásoló faktorok

A növekedést serkentő vagy gátló hatású faktorokat először a humán kolosztrumban és az anyatejben, majd később a tehén kolosztrumában, tejében és a savóban is kimutatták. A 6000 és 30 000 D közötti molekula tömegű polipeptidek nem érzékenyek a pasztőrözésre, és az UHT-kezelést is jól bírják. Stimulálják a bőr-, az epitéliás- és az embrionális sejtek osztódását, gátolják a gyomorsav kiválasztását, és támogatják a bél egészségét és a csont felépülését. Fontos szerepet játszanak az embrió fejlődésében, a szövetregenerációban, a csont és a porc kialakulásában és az immunrendszer szabályozásában, valamint gátolják a limfociták és az epitéliás sejtek burjánzását.

2.4.3. Egyéb bioaktív vegyületek a tejben

Bioaktív vegyületek még a tejben a szteroid vagy fehérje eredetű hormonok: a gonadális hormonok (ösztrogén, progeszteron, androgének), az adrenalinok (glükokortikoid hormonok), az agyalapi hormonok (prolaktin, növekedési hormon), a hipotalamusz hormonok (gonadotropin termelő hormon, luteinképző hormont termelő hormon, thirotropint termelő hormon) és a szomatosztatin. Egyéb hormonok a bombesin, a calcitonin, az inzulin, a melatonin és a paratiroid hormon. A kutatások szerint a melatoninban gazdag tej fogyasztása javítja az alvást és a mindennapos tevékenységet.

A tejsavbaktériumok által termelt exopoliszacharidok és oligoszacharidok. Sok baktérium termel olyan poliszacharidokat, amelyeket nem épít be, hanem kijuttat a sejtből. Ezek az anyagok vagy a sejt közötti térbe jutva nyálkát képeznek, vagy kívülről rögzülnek a sejtfalhoz, burokként körbevéve azt. Ezen poliszacharidokat exopoliszacharidoknak nevezzük (EPS), mivel a poliszacharidok a sejtfalon kívül találhatók. Számos tejsavbaktérium is képes EPS-termelésre. E nyálkatermelő kultúrák alkalmazása a joghurtgyártásban javíthatja a termék szerkezetét, az EPS hatására kedvezőbbé válhatnak a reológiai tulajdonságok, nőhet a viszkozitás, a géltörés, a szinerézis pedig megelőzhető.

Az anyatej jelentős mennyiségben tartalmazza a komplex oligoszacharidokat, amelyek előnyösek a bélflóra növekedésének serkentésében, az immunrendszer erősítésében és a mikrobafertőzések elleni védelemben. Hasonló oligoszacharidokat találhatunk a tehéntejben és kolosztrumban is, melyek prebiotikumként szerepelhetnek funkcionális élelmiszerekben és csecsemőtápszerekben. Egyes EPS-fajták kedvező hatással lehetnek az ember egészségére, mert nem emészthető élelmiszer-alkotók, és rákellenes és koleszterinszint-csökkentő hatást is tulajdonítanak nekik.

2.4.4. A tej bioaktív komponenseinek összefoglalása

A tejben természetes módon rendkívül sok bioaktív komponens van jelen. Félüzemi és üzemi méretű technológiák állnak rendelkezésre a kolosztrum és tej fő fehérjéinek és néhány savóeredetű natív fehérje, peptid, növekedési faktor és a lipidfrakciók szétválasztására, tisztán való kinyerésére, amelynek eredményeként mára ilyen termékek már kereskedelmi forgalomba is kerültek. Ezek a termékek kiváló forrásai a természetes, bioaktív összetevőknek, mely termékek a csecsemőket, az időseket, a gyenge immunrendszerű embereket, az étrendi betegségben szenvedőket célozzák meg, és azokat is, akik gyors testi fejlődést szeretnének elérni.

2.5. Prebiotikumok, probiotokumok, szinbiotikumok

A probiotikumokkal kapcsolatos alapismeretek. Probiotikumoknak nevezik mindazokat a humánbarát bélbaktériumokat, amelyek többféle jótékony hatással vannak a gazdaszervezet egészségi állapotára. Prebiotikumoknak hívják mindazokat a természetes tápanyagokat, amelyek jellemzően a probiotikumok kizárólagos tápanyagai, ennélfogva elősegítik azok elszaporodását, túlsúlyba kerülését. A szinbiotikumok a pro- és prebiotikumok együttesét jelentik, vagyis a két előnyös tényező hatása összegződik, nem egyszer szinergistává válik.

2.5.1. A pro- és prebiotikumok alapvető jellemzői

A probiotikumok és alapvető jellemzőik. A probiotikumok szinte kivétel nélkül tejsavbaktériumok és bifidobaktériumok. Minden tejsavbaktérium olyan anyagcseretermékeket (metabolitokat) termel, amelyek előnyösek az ember egészségére, de nem minden tejsavbaktérium-törzs probiotikus. A probiotikus tejsavbaktériumok alapvetően abban különböznek a közönséges tejsavbaktériumoktól, hogy egy részük túléli a gyomorban lévő sav, a vékonybélben pedig az epesavak és az emésztőenzimek pusztító hatását. Élve jutnak el a vastagbélbe, ahol képesek elszaporodni és megtapadni a bélfalon.

A prebiotikumok köre és alapvető jellemzőik. A prebiotikumok, korábbi nevükön a bifidus- vagy bifidogén-faktorok, 2-9 egyszerű cukorból (monoszacharidokból) felépülő oligoszacharidok. A szervezetben nem metabolizálódnak, emiatt érintetlenül (emésztetlenül) jutnak el a vastagbélbe. Diétás rostok, de vízben való oldhatóságuk miatt közülük is a legkiválóbbak. A probiotikumok kizárólagos táplálékai. Miután a vastagbélben már kevés az emészthető táplálékmaradvány, ott relatív táplálékhiány van, az elfogyasztott prebiotikum lehetőséget kínál a humánbarát probiotikumok elszaporodására.

A prebiotikumok természetes állapotban számos élelmiszerben előfordulnak: gazdag forrásai pl. a csicsóka- és a cikóriagyökér, de léteznek a vöröshagymában, a fokhagymában és a póréhagymában, az articsókában, a zabpehelyben, a búzában, a banánban, a tejben és az érett sajtokban is. Az élelmezési gyakorlatban jellemzően az iparilag előállított tiszta készítményeket használják fel, amelyek lehetnek folyékony sűrítmények és porok, hatóanyag-koncentrációjuk pedig 40-95% között van. A természetes ipari koncentrátumok lehetnek pl. galakto-, frukto-, malto- vagy xylo-oligoszacharidok.

2.5.2. Az emberi emésztőrendszer mikroflórája

Az emésztőrendszer ún. felső szakaszához – eltekintve a szájtól és a nyelőcsőtől – a gyomor és a vékonybél, míg az alsó szakaszához a vastagbél tartozik. Amíg a felső szakaszban az ileumig a mikrobaszám jellemzően 10^2-10^4/g béltartalom között mozog, addig az ileumban rohamosan nő, mígnem a vastagbélben (colonban) már 10^{12}-10^{14}/g béltartalom nagyságrendű. A felső szakaszban jellemzően a testi enzimes, az alsóban inkább bakteriális emésztés folyik. A colon hatalmas csíraszámából adódóan a bélsár tömegének mintegy 40-60%-át a mikrobák teste teszi ki. A felnőttek testtömegéből 1,0-1,5 kg-ot tesznek ki az emésztőrendszer mikrobái, vagyis ekkora tömeg „nem a saját tulajdonunk”.

A csíraféleségek és arányaik. A vastagbélben nemcsak a csíraszám, hanem a csíraféleségek is számottevőek. Mintegy 400-500 mikrobafaj, illetve fajta található a colonban, amelyek közül némelyek egyértelműen hasznosak, a többi mikrobacsoport pedig a mindig és az alkalmilag (esetileg) károsak csoportjába sorolható. A bélflóra módosítására többféle lehetőség is van, ezért megfelelő eszközökkel a jó irányba is módosulhat a bélflóra. Mecsnyikov a balkáni pásztorok hosszú átlagéletkorát összefüggésbe hozta az általuk nagy mennyiségben és rendszeresen fogyasztott joghurttal. Megállapította, hogy a joghurt tejsavbaktériumai gátolják a káros rothasztó, toxintermelő bélbaktériumok tevékenységét, és ezzel hozzájárulnak egy egészségesebb életvitelhez, az élettartam meghosszabbításához. A „mecsnyikovi joghurtot” egészítette ki az a tény, hogy önmagában minden savanyú tej/tejtermék többlet-egészségvédő anyagok sokaságát hordozza.

2.5.3. A mai probiotikus kultúratörzsek és a velük szembeni követelmények

Alapvető a testfolyadékokkal, a gyomorsavval, az epesavakkal, az emésztőenzimekkel szembeni fokozott tűrőképesség. Legyenek képesek megtapadni a bélfalon, vastagítani/erősíteni a mucosa gátat, ugyanakkor csökkenteni a patogének megtapadását, és tudjanak antibakteriális anyagokat termelni a patogének ellen. Ne okozzanak D-tejsav-acidózist a vékonybélben, alacsony legyen a biogén-amin-termelésük, ne termeljenek, illetve erőteljesen szorítsák vissza a karcinogenezis elindításáért felelős enzimek szintézisét, kössék meg a karcinogén anyagokat, védjenek a fertőzésekkel szemben, rövid szénláncú zsírsavak termelésével erősítsék az immunfunkciót, ne termeljenek toxikus és hemolitikus anyagokat, ne vigyenek át nemkívánatos génállományt a káros csírákba, és ne okozzanak mellékreakciókat, mely utolsó elvárás talán a legkritikusabb tulajdonság. Savanyú tejtermékekben, illetve a por alapú étrend-kiegészítőkben minél nagyobb hányaduk minél hosszabb ideig maradjon életben.

Egy probiotikus törzsnek sokféle elvárásnak kell megfelelnie, és igazi sikerre csak az elvárásokat legjobban kielégítők számíthatnak. Az igazolt legismertebb probiotikus külföldi törzsek a következők: Streptococcus (Sc.) thermophilus, Lactobacillus (Lb.) acidophilus, Lb. casei Shirota, Lb. rhamnosus GG, Lb. casei immunitas, Lb. paracasei, Bifidobacterium (B.) longum, B. breve és B. infantis. A lactobacillus-féleségek közül a Lb. acidophilus azért szerepel az első helyen, mert minden törzse probiotikus, és évezredeken keresztül a természetes forrásaik, a savanyú tejek alkotója volt, és sohasem okozott adverz reakciót, vagyis a legbiztonságosabbnak tekinthető. A magyar kutatók által kifejlesztett probiotikus törzsek a Sc. thermophilus (Probiolact-1), a Sc. thermophilus (Probiolact-2), a Lb. acidophilus (Probiolact-3), a Lb. casei Tomka (Probiolact-4) és a B. bifidum (Probiolact-5). A Lb. acidophilus törzsnek egyedi tulajdonsága, hogy probiotikussága mellett még közepes EPS-termelő is.

2.5.4. A probiotikumok felvételének alapelvei

A tápanyagok közül talán csak a probiotikumok – az őket támogató prebiotikumokkal együtt – az egyetlenek, amelyek úgy biztosítanak humánélettani előnyöket, hogy közben nem okoznak káros mellékhatásokat. Időben és mennyiségben veszély nélkül szedhetők, és a felvett mennyiséggel arányosan nagyobbak lesznek jótéteményeik is. A probiotikumok nemcsak a betegeknek, hanem az egészségeseknek is egyaránt ajánlottak. A betegeknek azért, hogy meggyógyuljanak, az egészségeseknek azért, hogy ne legyenek betegek.

Probiotikumok felvétele tejtermékekkel. A probiotikus élelmiszerek legfontosabb kritériuma az élő probiotikus csíraszámuk, amelynek legalább 10^8/g értékűnek kell lennie. A probiotikumok előnyben részesített hordozói a savanyú tej- és tejszínkészítmények, túrókészítmények, vajkrémek, sajtkrémek és érlelt sajtok.

Probiotikumok felvétele kapszulás étrend-kiegészítőkkel. A probiotikus étrend-kiegészítők esetén a megjelenési forma jellemzően kapszula, amelybe liofilezett baktériumkoncentrátumot töltenek. A liofilezett probiotikus sejtek a protektív anyaguk és a nedvesség- és fényvédő-csomagolásuk miatt hosszú ideig nagy arányban életképesek maradnak. Ilyen elvárásoknak a probiotikus élelmiszerek nem tudnak megfelelni, mert a bennük lévő probiotikus élő sejtek még hűtőtárolás mellett is gyorsan pusztulnak. A pusztulás különösen a tárolás első két hetében következik be, majd azt követően egyre lassul.

2.5.5. A probiotikumok jótéteményei

A probiotikumok egyes törzsei olyan mennyiségű β-galaktozidázt termelnek, amely a tejcukor-intolerancia gyakoriságát mintegy 80%-kal csökkenti, így a probiotikus savanyú tejtermékeket (joghurtot) a laktózérzékenyek 80%-a már gond nélkül fogyaszthatja. A probiotikus törzsek a tej koleszterintartalmának részbeni megemésztésével és a bélben az epesavak dekonjugálásával együttesen hatékonyan csökkentik a plazmakoleszterin-szintet, a rövid szénláncú zsírsavak termelésével pedig táplálják az immunsejteket és az elhízás ellen hatnak.

2.5.6. A probiotikumok fontosabb humánélettani jótéteményeinek összefoglalása

Magas probiotikus csíraszámú savanyú tejtermékekben, étrend-kiegészítőkben közvetlen koleszterinemésztés történik, melynek során 25-30%-kal csökken a tej koleszterintartalma, ezért a vérszérum koleszterinszintjének csökkentésével az érelmeszesedés veszélye kisebb. A β-galaktozidáz-termelés következtében csökken a tejcukor-érzékenység gyakorisága. A magas probiotikus csíraszám csökkenti a vérszérum koleszterinszintjét, melynek következtében az érelmeszesedés veszélye kisebb. Védik a szervezetet a patogén csírák ellen, a rövid szénláncú zsírsavak termelése kapcsán pedig védenek az elhízás ellen. Az egészséges bélflóra helyreállítása, a fekálenzimek aktivitásának csökkentése, a fekál-toxinok visszaszorítása csökkenti a vastagbélrák előfordulását és javítja a közérzetet.

2.6. A hús szerepe a táplálkozásban és az egészségmegőrzésben

Élelmiszer-hatósági szempontból a hús a melegvérű állatok emberi fogyasztásra friss vagy tartósított formában alkalmas része, általánosságban több-kevesebb zsírszövetet is tartalmazó harántcsíkos izomszövet. Az izomszövet átlagos

összetétele a hozzá kapcsolódó zsír nélkül a következő: nedvességtartalom: 76%, fehérje: 21,5%, zsír: 1,5%, ásványi sók: 1%, szénhidrátok: 0,05-0,2%.

Táplálkozási szempontból a hús nagyon értékes fehérje-, zsír-, vitamin- és ásványianyag-forrás. Szénhidráttartalma alacsony, és a szerves savaknak is szerepük van a hús jellegzetes aromájának a kialakításában. A hús alapvető kémiai összetételét befolyásolja a genetika (faj, fajta), a takarmányozás, a kor és a nem, valamint a testtájék, ahonnan a hús származik.

Az izomszövet szerkezetének alapvető elemei az izomrostok, melyeket kötőszövet (endomysium) vesz körül. Az izomrostokból úgy jön létre az izomnyaláb, hogy több izomrostot együttesen burkol be a perimysium, a sok izomnyaláb együttesét pedig az epimysium burkolja be. A hús színét alapvetően befolyásolja a mioglobin-tartalom és a kötőszövet aránya. A fehér hús (baromfi, hal) gazdag miofibrillumokban, de kevés szarkoplazmát tartalmaz, a vöröshúsnál viszont a szarkoplazma aránya nagyobb, mint a miofibrillumoké.

2.6.1. Az izomszövet fehérjéi

Az izom-összehúzódás folyamatában részt vevő fehérjék (aktin, miozin, tropomiozin, troponin) tömény sóoldatokkal extrahálhatók, a vízoldékony fehérjék a mioglobin és az enzimek, míg az oldhatatlan fehérjék a kötőszövetben és membránban találhatók. A miofibrilláris fehérjék tagja, a miozin, a teljes fehérjetartalom 50-60%-a, amely két nagyon hosszú, azonos peptidláncból álló α-hélix szerkezetet tartalmaz. A globuláris alakú aktin a teljes fehérjetartalom 15-30%-a, mely a miozinhoz kötődik, és fibrilláris formájú F-aktinná polimerizálódik. A tropomiozin egy nagymértékben nyújtott szerkezetű molekula, melynek monomerjei polimer fibrillumokat alkotnak. A troponin az aktin filamenten helyezkedik el; a miozin és aktin filamentek közti összehúzódást kontrollálja az izom-összehúzódás során. A titin a szarkomer „csontváza”, a legnagyobb molekulatömegű fehérje majd 27 ezer aminosavval.

2.6.1.1. Vízoldható fehérjék

A vízoldható fehérjék a teljes oldható fehérjetartalom ~ 20%-át teszik ki. Legjelentősebb képviselőjük a mioglobin, bíborvörös oxigénszállító pigmentanyag, amely az izomszövet szárazanyagának kb. 1%-át alkotja. A mioglobin legfontosabb feladata a hús színének kialakítása. A mioglobin (Fe^{2+}) oxigén jelenlétében oximioglobinná alakul, mely reverzibilisen vissza tud alakulni mioglobinná vagy át tud alakulni metmioglobinná (Fe^{3+}), és a metmioglobin is vissza tud alakulni mioglobinná. Ha nagy az oxigén parciális nyomása, akkor az oximioglobin világos cseresznyepiros színe dominál, ami a frissen szelt hús színét okozza. Kis parciális oxigénnyomás esetén lassú oxidáció játszódik le, ami a metmioglobin barna színét eredményezi, melynek során a

Fe^{2+}-ionok átalakulnak Fe^{3+}-ionokká, és végbemegy a vörösből barnába mutató színváltozás. Az élő szövetekben a metmioglobint a metmioglobin reduktáz viszaalakítja mioglobinná.

A friss hús színét a mioglobin, az oximioglobin és a metmioglobin aránya határozza meg, és mivel ennek kialakításában az oxigénnek jelentős szerepe van, a hús csomagolására oxigént átengedő anyag nem alkalmas. A hús színét a hús pácolása során nitrát vagy nitrit alkalmazásával részben meg lehet őrizni. A mioglobin a nitrittel reagálva metmioglobinná és nitrogén-monoxiddá alakul, mely utóbbi mind a mioglobinnal, mind a metmioglobinnal világosvörös színű, nagyon stabil komplexet hoz létre.

2.6.1.2. Oldhatatlan fehérjék

A kötőszöveti fehérjék túlnyomó hányada az oldhatatlan fehérjék csoportjába tartozik. A kollagén emlősök esetében a hús teljes fehérjetartalmának 20-25%-át teszi ki. Három szálból álló hélix, mely sok glicint és prolint tartalmaz, ezért biológiai értéke csekély. A post mortem változások során a glükózból tejsav képződik, melynek hatására a kollagén denaturálódik. A lizoszomális enzimek (lizoszomális kollagenáz és katepszin B_1) elhasítják, és a hő hatására denaturálódott kollagént a pepszin és a tripszin már képes hidrolizálni.

Az intakt kollagénrostok hő hatására (sütés, főzés) zsugorodnak. A zsugorodási hőmérséklet hal kollagén esetében 45 °C, míg emlősöknél 60-65 °C. A zsugorodási hőmérséklet fölé melegítés random coil szerkezetű zselatinná változtatja a kollagént, mely ennek során vízoldhatóvá válik. Hűtés hatására megindul egy átmenet a rendezett szerkezet felé, és kialakul a zselatin gél. Az elasztin kisebb mennyiségben található a kötőszövetben. Elasztikus szálakat képezve gumiszerű tulajdonságokat kölcsönöz a húsnak. A pankreász eredetű elasztáz lebontja.

2.6.2. A húsok érlelése

A biogén aminok az aminosavak dekarboxilezése során keletkeznek többnyire mikrobiális enzimek hatására, ezért a mikrobiális minőség indikátorai. A marha- és sertéshús fő biogén aminjai a hisztamin, a tiramin, a putreszcin és a kadaverin. A kreatin és kreatinin az izomszövet tipikus összetevői, hisz a kreatin-foszfát energiatároló vegyület. Jelenléte biztosan jelzi, hogy húskivonat van az élelmiszerben.

A hús érlelésének célja a porhanyósság kialakítása, az aromaképzés és a vízmegkötő kapacitás javítása, hogy kisebb folyadékveszteség legyen a hőkezelés során. Az érlelés hőmérséklete –1 °C és +7 °C között van, az érlelési idő pedig baromfihús esetében 36 óra, a sertéshúsnál 60 óra, a borjúhúsnál 7 nap, a marhahús esetében pedig 14 nap. Az érésre hatással van még a kollagén-keresztkötések száma miatt az állat kora és a felszabaduló enzimek aktivitása is.

2.6.3. A hús esetében előforduló minőségi hibák

A sertéshús esetében előforduló minőségi hibák. Halvány, lágy és vizenyős hús (PSE-hús) stressz hatására alakul ki, amikor is a sertések izomszövetében még a vágás előtt/közben gyorsan lebomlik az ATP, a glikolízis sebessége felgyorsul, amely gyors pH-csökkenést eredményez, és a test hőmérséklete, ahelyett, hogy csökkenne, 40-41 °C-ra nő. Az alacsony pH és a magas hőmérséklet hatására az oldható fehérjék denaturálódnak. A kicsapódott fehérjék fényszórása miatt a hús sápadtnak tűnik annak ellenére, hogy a mioglobin-tartalom változatlan. A hús vízmegkötő képessége kisebb, ezért a csöpögési veszteség három nap alatt elérheti a 15%-ot, ami a normál húsnál csak 4%.

A sötét, rágós és száraz hús (DFD-hús) ugyancsak stressz hatásra alakul ki, amikor a glikogén döntő hányada felhasználódik, ami miatt a vágás után csak kevés tejsav keletkezik, ezért a pH-érték alig csökken. A magas pH miatt a miofibrillumok több vizet kötnek meg, a hús szárazabb lesz, az oximioglobin a magasabb pH-n stabilabb lesz, ami sötét színt eredményez. A megemelkedett pH-érték hajlamosabbá teszi a húst a mikrobiológiai minőségromlásra, ezért az ilyen hús nyers hústermékként nem használható fel. A húshibák megelőzhetők a stresszre érzékeny állatok óvatosabb kezelése és a karkaszok gyors lehűtése által.

2.6.4. A hús mint funkcionális élelmiszer

A hús az egyik legfontosabb koncentrált, teljes értékű és jó biológiai hasznosulású fehérjeforrásunk, ezért már napi 50 g hús elfogyasztása a teljes esszenciálisaminosav-igényünket és fehérjeszükségletünk 20%-át fedezi. Az esszenciális aminosavakat kívülről, a táplálékkal készen kell bevinni a szervezetbe, melyeket a húsok, a tojás-, a tej- és a halfehérjéhez hasonlóan, megfelelő arányban tartalmazzák. A marhahús anyatejhez és tojásfehérjéhez viszonyított biológiai értéke 88-92 között van, és hasonló biológiai értékű a sertés- (84), a baromfi- (82) és a halhús (80-92) is. Az ajánlott húsfogyasztás 55 g/fő/nap, a növényi fehérjékből viszont másfél-kétszer annyit kell fogyasztani a rosszabb hasznosulás miatt, ezért a hús már önmagában is funkcionális élelmiszer lehet.

A fiatal, fejlődő szervezet számára szükséges fehérje, vas és cink megfelelő minőségben és mennyiségben csak a húsban találhatók, ezért ebben az időszakban a fogyasztását növelni kell. A terhesség alatt fokozottan szüksége van a szervezetnek a húsra, és ez érvényes a szoptatás alatti időszakra is. Idősebb korúaknál csökken a fehérjék hasznosulása, ezért náluk is szükséges a teljes értékű, nagyobb fehérjetartalmú hús fogyasztásának növelése.

A hús mint zsírforrás. A zsír jelenléte a húsban lehet felületi zsiradék, ami eltávolítható, izmon belüli (intramuscularis), márványozottságot adó zsír, ami gyakorlatilag nem távolítható el. A teljesen sovány színhús 1-2% zsírt tartalmaz, függetlenül attól, hogy milyen állatból származik. Két százalék zsírtartalom alatt

a hús túlságosan száraz, élvezhetetlen, mert elmarad az a hatás, amit a zsiradék gyakorol a nyáltermelésre.

A húsok zsír- és koleszterintartalma. A sovány húsok szinte korlátlanul fogyaszthatók, mert pl. dagadóból 400 g teszi ki a napi ajánlott zsírmennyiséget. A hús zsírtartalma függ a fajtól, a fajtától, a kortól, a nemtől, a takarmányozástól és a húsrész fajtájától. Az állati zsírok egyik komponense a koleszterin, ami a sejtmembránok működésében tölt be fontos szerepet, és amelyet döntő mennyiségben a szervezet maga állít elő, csak kisebb hányadát vesszük fel a táplálékainkkal. A húsok koleszterintartalma nem túl nagy, sokkal több koleszterint tartalmaznak a belsőségek, a vaj és a tojássárgája, ezért a hús mellett nyugodtan fogyaszthatunk esetleg magas koleszterintartalmú ételeket is. Napi 400-500 g hús koleszterintartalma töredéke az ember szükségletének, ennél többet pedig biztosan nem eszünk meg naponta.

A különböző zsiradékok és a halak zsírsavösszetétele. A húsételekkel történő zsírbevitel esetén hangsúlyozni kell, hogy kiegyensúlyozott táplálkozásra célszerű törekedni, és hogy a sertészsírt és a különböző olajokat a tápláléktól függően vegyesen használjunk. A húsételek zsírtartalmát erősen befolyásolja az elkészítés módja. Zsiradék hozzáadása nélkül, az eredeti zsírtartalom megtartásával, mikrohullámú készülékben, sütő-főzőedényekben is lehet ételt készíteni. Ha a köret nem zsíros, pl. párolt zöldség vagy savanyúság, nem kell aggódnunk zsír- és energiafelvételünk miatt, és a zsíros falatokat a tányéron is hagyhatjuk.

A hús mint vitaminforrás. A húsok sok B_1-, B_2-, niacin, B_6- és B_{12}-vitamint tartalmaznak. A sertéshús B_1-vitamin-tartalma ötször több, mint más állatok húsáé. Zsírban oldódó vitaminokból a hús keveset, a belsőségek viszont sokat tartalmaznak. A vitaminhiányos betegségeket rendszeres húsfogyasztással meg lehet előzni.

A hús mint ásványianyag-forrás. A makroelemek közül a nátrium és a kálium megfelelő arányban található a húsokban, a mikroelemek közül pedig kiemelkedő a húsok vastartalma. A vas a vörös színt adó húspigment központi eleme, ezért minél vörösebb színű a hús, annál nagyobb a vastartalma. Szintén nagy mennyiségben fordul elő a húsokban a cink, mely részt vesz az enzimek működésében, biztosítja a sejtek épségét, szabályozza az izmok összehúzódó képességét, elősegíti az inzulin képződését, szerepet játszik a szaporítószervek kialakulásában, és hozzájárul a szellemi frissesség megőrzéséhez. A szervezet sokkal könnyebben fel tudja venni ezeket a mikroelemeket a húsfélékben előforduló szerves kötésű vegyületekből, mint más, például növényi eredetű táplálékból.

2.6.5. Fehérjekészítmények és adalékanyagok

A húsipar a húsfehérjén kívül egyéb állati és növényi fehérjéket is felhasznál a termékgyártáshoz. Ennek oka a húsfehérje részleges helyettesítése, az állomány javítása és a zsírtartalom csökkentése. A felhasználható állati fehérjék a tejfehérje, a bőrke és a vér, a növényi fehérjék közül pedig a szója, melyek felhasználása

maximálva van. A húsfehérje nem vált ki allergiát, szemben a tej- és a szójafehérjével, ennek ellenére a fehérjékre érzékenyek nézzék meg a húskészítmény címkéjén található összetételt.

Adalékanyagok. Az adalékanyagok természetes vagy mesterséges anyagok, melyeket élelmiszerként önmagukban nem fogyasztanak, alapanyagként nem használnak, hanem az előkészítés, a feldolgozás, a csomagolás, a szállítás vagy a tárolás folyamán adják az élelmiszerhez. Az adalékanyagokat az Európai Közösség E-számozási rendszerbe sorolta azért, hogy a soknyelvű közösségben az adalékanyagok nevének lefordításából eredő problémák elkerülhetők legyenek, illetve az adalékanyagok azonosítása egyszerűbbé váljon.

Az antioxidánsok a húskészítményben meggátolják az oxidációs folyamat megindulását, ami a termék romlásához vezethet. Legfontosabb antioxidánsok az aszkorbinsav (C-vitamin) és sói, a tokoferolok vagy más néven E-vitamin, a butilhidroxi-toluol, BHT, a laktátok és a citromsav és sói. Az emulgeáló sók javítják a víz- és zsírkötést a termékben, melyeknek köszönhető a hőkezelt húskészítmények megfelelő állománya. Az ízfokozók már nagyon kis mennyiségben alkalmazva is felerősítik az élelmiszer meglévő, jellegzetes ízét és zamatát. Közéjük tartoznak a glutaminsav és sói, a guanilsav és sói, valamint az inozinsav és sói.

A stabilizátorok és sűrítőanyagok javítják a termék állományát, és keményebbé, sűrűbbé teszik azt. A színezékek növelik a termék színének erősségét és intenzitását. A hústermékek színezékei a kárminsav, a paprikakivonat és a céklavörös, melyek közül a húsipari vállalatok általában csak a paprikakivonatot használják. A húsiparban használható tartósítószer a nitrit, amit sóval hígított nitrites sókeverék (pác-só) formájában használnak, amelynek nátrium-nitrit-tartalma 0,5%. A nitrit gátolja legjobban a halálos kimenetelű kolbászmérgezést okozó Clostridium botulinum spórás baktérium kifejlődését és méregtermelését. A nitrit a késztermékben már alig mutatható ki.

2.6.6. A húsok emészthetősége

A „vöröshús” névvel illetett marha-, sertés- és juhhúst emészthetőség szempontjából kedvezőtlenebbnek szokták ítélni, mint a „fehérhúsnak” számító csirke- és halhúst. A hőkezelés javítja a hús emészthetőségét azáltal, hogy a denaturálódott izomfehérjék és a feltárt kötőszöveti rostok jobban hozzáférhetővé válnak az emésztőenzimek számára. Az emészthetőség az állat életkorával csökken, idős állatok és vadak húsa marinálással, hosszabb idejű, lassú hőkezeléssel, kukta használatával tehető porhanyósabbá.

2.6.7. A hús és az allergia

A húsfehérjék ritkán váltanak ki allergiát, a hús- és baromfikészítményekben azonban allergiát kiváltó anyagok is előfordulhatnak, ezért az érzékenyek

számára tanácsos, ha vásárlás előtt áttanulmányozzák az összetevők listáját a termékek címkéjén. Az allergiát leggyakrabban okozó nyolc élelmiszer között azonban nem szerepel a hús, és a nagy nemzetközi szervezetek sem sorolják a húsokat az allergiát okozók közé.

2.6.8. A húsfogyasztás élvezeti hatása

A hús egyik legértékesebb táplálékunk. Főbb étkezéseinken, ünnepeinkkor már ősidők óta nélkülözhetetlenek az ebből készült ételek. A rendkívül változatos, sokféleképpen elkészíthető húsételek, húskészítmények nemcsak gasztronómiai élményt nyújtanak, hanem ízük, illatuk miatt esztétikai élvezeti források is. A húsétel a legtöbb kultúrában a családi és társadalmi ünnepek fő fogása. Ez a kiemelkedő hely mind a gasztronómiai élmény, mind tápanyagainak gazdagsága miatt megilleti, mivel a hús igen fontos fehérje-, zsír-, vitamin- és ásványianyag-forrás.

2.7. A szója mint funkcionális élelmiszer

A szója energiában, fehérjében, esszenciális aminosavakban igen gazdag táplálékforrás. Nagy lecitin- és E-vitamin-tartalma segíti a karotin felszívódását, a szaporodást és az idegtevékenységet. A legnagyobb fehérjetartalmú, sokoldalúan hasznosítható kultúrnövény. Magja 36,8-42,0 g/100 g fehérjét tartalmaz, melynek biológiai értéke (74-78) kimagasló a növényi fehérjék közül. Aminosavösszetételére jellemző a magas lizintartalom, de kéntartalmú aminosavakból, különösen metioninból keveset tartalmaz. A magas fehérjetartalom miatt a többi növényi eredetű fehérjéhez viszonyítva kéntartalmú aminosav-tartalma is jelentős, növényi vagy állati eredetű fehérjével kombinálva optimálisan ki tudja elégíteni az ember szükségleteit, ezért a szója igényt tarthat a funkcionális jelzőre.

2.7.1. A szójafehérje minőségének alakulása a technológiai műveletek során

A szója több antinutritív anyagot tartalmaz, ezért a szóját a kedvezőtlen élettani hatások kiküszöbölésére hőkezelni kell. Az optimális hőkezelés inhibiálja az antinutritív anyagokat, de nem befolyásolja jelentős mértékben a fehérje minőségét. Az optimálisnál nagyobb hőkezelés rontja a fehérje minőségét, kárt okozva a felhasználónak, esetleg kellemetlen tüneteket vagy betegséget a fogyasztónak. A hőkezelési módszerek a szója antinutritív anyagainak elbomlását célozzák, ami azért kényes művelet, mert legtöbbször fehérjeszerű anyagokat kell úgy elbontani, hogy az értékes szójafehérje ne károsodjon. Ezért aztán a legtöbb esetben le is mondunk pl. az inhibitor tartalom teljes elbontásától, megelégszünk azzal, ha

annak aktivitása az eredeti érték tizede alá csökken, mert akkor biztosak lehetünk benne, hogy az értékes szójafehérje számottevő mennyiségben nem károsodott.

A szójafehérjék hőkárosodásának kimutatására sokfajta módszert kidolgoztak. A natív szerkezet megváltozását poliakrilamid gélelektroforézissel, izoelektromos fókuszálással vagy immunelektroforézissel lehet nyomon követni. Vizes közegben hosszú ideig végzett hőkezelés során a szabad aminosavak és a nemfehérje-nitrogén fő része kioldódhat, és az oldható fehérjefrakciók egy része is eltávozhat. A fehérjék aminosav-összetétele csak igen erőteljes hő hatására változik meg, de mivel a fehérjehidrolízis alatt is léphet fel aminosav-veszteség, az aminosav-analízis nem elég érzékeny az aminosav-veszteség kimutatására, csak a jelentős cisztin-, triptofán-, metionin- és lizinveszteség mutatható ki ezzel a módszerrel.

Az esszenciális aminosavak csökkent hasznosíthatóságának kimutatása történhet kémiai, enzimatikus, mikrobiológiai és állatkísérletes módszerekkel. Ezek közül a biológiai módszerek érzékenyen reagálnak a fehérje tápértékében bekövetkező változásokra, különösen ha a limitáló aminosav károsodott, és még érzékenyebbek a hőkezelés során keletkező toxikus anyagokra. A szója hőkezeltségének megállapítására többféle módszert dolgoztak ki. A krezolvörös festékkötési próba azon alapszik, hogy a szójaminták és a krezolvörös közötti reakció intenzitása kapcsolatban van a Maillard-reakcióban részt vevő vegyületekkel, a fehérjék szabad ε-aminocsoportot tartalmazó lizinjével és a redukáló cukrokkal. A Maillard-reakció termékei megkötik a krezolvörös festékeket, a festékmegkötés mértékéből pedig a szója hőkezeltségi fokára lehet következtetni.

A fehérjeminőséget befolyásoló technológiák közül legjelentősebb a szója szárítása és a fehérjék lúgos izolálása. A szárítás közben a hőközlés és oxidáció hatására a fehérje denaturálódik, melynek során a hasznosítható lizintartalom jelentős mértékben csökken. A fehérjék lúgos kezelését fehérjeizolátumok előállítására, enzim inhibitorok és a mikotoxinok elbontására, illetve a nukleinsav-tartalom csökkentésére alkalmazzák, melynek során a cisztin-, a szerin-, az izoleucin- és a lizintartalom csökken, és D-allo-izoleucin, ornitin, lizinoalanin és lantionin keletkezik. Ezért a lúgos kezelés jelentékeny mértékben csökkenti a fehérjék biológiai értékét. A lúgos kezelés során a közönséges L-sztereoizomer aminosavakból D-sztereoizomer aminosavak képződnek, melyek nagymértékben csökkenthetik a szójafehérje emészthetőségét és az átalakult aminosav felhasználhatóságát.

2.7.2. A fehérjehasznosulást befolyásoló antinutritív és mérgező anyagok

A nyers szójamag huzamosabb etetése leállítja vagy lassítja a növekedést, a hőkezelt, főzött vagy gőzölt magfehérje viszont jól hasznosul, magas biológiai értékű. A szójából eddig tízféle proteázgátló anyagot mutattak ki, melyek

hőérzékenysége különböző. A tripszin- és a kimotripszin inhibitorok fehérjék, molekulatömegük 6-64 ezer Dalton közötti, melyek elsősorban hüvelyesek magvaiban, gabonamagvakban és burgonyában képződnek. A vékonybélben inaktív komplexeket képeznek a tripszinnel és a kimotripszinnel. Az inhibitor a tripszinhez sztöchiometrikusan kötődik, ezért a tripszin nem tudja a bázikus pontokon a fehérjeláncot hasítani, korlátozzák a táplálékkal felvett fehérjék hidrolízisét, hasznosulását, a hasnyálmirigyet fokozott működésre késztetik, mely a hasnyálmirigy-megnagyobbodáshoz, majd -gyulladáshoz vezethet.

Az inhibitorokat hőkezeléssel inaktiválni lehet, bár termikus stabilitásuk függ a molekula méretétől és a diszulfidhidak számától. A proteázinhibitorok fajlagossága rendkívül változatos, és specifikusságuk a különböző proteázokra és az izodinámiás enzimekre is kiterjedhet. A proteolízis gátlásán keresztül a nitrogén emészthetősége csökken, a hasnyálmirigy-stimuláló hatásra, a hiperszekréciója miatt, endogénnitrogén-veszteség következik be, fokozódik a metionin cisztinné történő konverziója, ami metioninhiányhoz vezet. A tripszininhibitor a fehérjével emészthetetlen komplexeket alkot, amely ugyancsak csökkenti a nitrogénemészthetőséget. Emészthetetlen endogén fehérjekomplexeket is létrehoz, mely fokozott endogénfehérje-veszteséggel is jár, és a negatív visszacsatolás hiánya miatt a hasnyálmirigy hiperszekrécióra kényszerül, begyullad, aminek akár tragikusak is lehetnek a következményei.

A proteázinhibitorok főként a növényekben képződnek, melyek közül a legnagyobb figyelmet a szójára kell fordítani, mert a nyers szója az egyik legfőbb, antinutritív anyagot tartalmazó élelmiszer-alapanyag. Egy szójából előállított élelmiszert csak úgy lehet forgalomba hozni, ha annak tripszininhibitor-aktivitását folyamatosan ellenőrizzük. A szója ureáz enzimaktivitásának meghatározása is alkalmas a szója és a szójatermékek hőkezeltségi fokának megállapítására. A vizsgálat során az ureáz enzim a karbamidból ammóniát tesz szabaddá, ami megnöveli az oldat pH-ját, és mivel a pH-különbség arányos a szójában található ureáz enzim aktivitásával, abból számoljuk azt.

Hőrezisztens antinutritív anyagok a szójában. A fitinsav a létfontosságú makro- és mikroelemekkel stabil komplexeket képez, megakadályozva a fémek felszívódását. A szójában lévő α-galaktozil-oligoszacharidok az α-(1,6)-galaktozil-kötéseket bontó enzimek hiánya miatt nem szívódnak fel, a vastagbélben a bélflóra baktériumai hidrolizálják, melynek során gázok keletkeznek, melyek kellemetlen felfúvódást, hasi puffadást okoznak. A favizmusfaktorok közé tartozó vicin és konvicin hemolitikus anémia okozói. A cseranyagok fehérjekicsapó tulajdonságukkal gátolják a fehérjék emészthetőségét.

Szójatartalmú élelmiszerek rendszeres fogyasztása esetén sok ösztrogénaktivitású anyagot viszünk be a szervezetbe, amelyek befolyásolják a szexuálhormonális egyensúlyt. Az ösztrogének vizes-alkoholos mosással eltávolíthatók a szójából. A szaponinok a növényvilágban nagyon elterjedt felületi feszültséget csökkentő hatású glikozidok. A vérbe kerülve a vörösvérsejteket feloldják, de a

koleszterinnel oldhatatlan, nem mérgező komplexeket képeznek. A szójalisztben a keserű szaponinok rossz ízűek, gátolják az emésztőcsatorna tripszin- és kimotripszin-aktivitását. A szója szaponinmentesítése nedves állapotban való hevítéssel, gőzöléssel és alkoholos extrahálással valósítható meg.

A szója antinutritív anyagai hatásának kiküszöbölésére az átlagos ipari tósztolás elegendő. Az eljárás során vigyázni kell arra, hogy a túlzott hőkezelés ne vezessen a fehérje biológiai értékének csökkenéséhez. A szójaalapon készült csecsemőtápszereket, tejpótlókat csak forró gőzzel való tósztolással előállított szójából lehet készíteni, melynek során a fitinsavhatás kompenzálására is gondolni kell.

2.7.3. A szójafehérje minősítésére alkalmas vizsgálatok

A fehérje potenciális biológiai értékét mutatja a fehérje szerkezete, a kötéstípusok, az esszenciális és nem esszenciális aminosavak mennyisége és aránya, illetve a fehérje és az aminosavak emészthetősége. Hogy a maximális biológiai potenciálból mi érvényesül, élettani folyamatok döntik el. A fehérje hasznosulását befolyásolhatja a táplálék energiatartalma, a fehérjekoncentráció csökkenése vagy növekedése, a vitamin- és ásványianyag-ellátás és a toxikus vagy antinutritív anyagok jelenléte az élelmiszerben.

A fehérje biológiai potenciáljának mérése során meghatározzák a nyersfehérje-tartalmat, a valódifehérje-tartalmat, az emészthető nyersfehérje-tartalmat, a fehérje aminosav-összetételét, a D-enantiomerek arányát és a hasznosítható esszenciális aminosavak mennyiségét. A limitáló aminosav számértéke a kémiai index (CS). Az indexek nem jelzik a fehérje emészthetőségét, az aminosavak hasznosíthatóságában bekövetkező változásokat, az aminosav-inballansz kialakulását, az aminosavak toxicitását és antagonizmusát, a toxikus és antinutritív anyagok jelenlétét, de több információt adnak a fehérjéről, mint ha csak az aminosav-összetételt szemlélnénk. A mikrobiológiai tesztek, a szervezet tömegváltozása, valamint a szervezet nitrogéntartalma alapján meghatározható indexek jobb közelítést adnak az in vivo vizsgálatokhoz. A legismertebb biológiai módszerek a testtömeg változásának a mérésén alapulnak.

2.7.4. A szójafehérje komplex minősítése

A komplex minősítés során meghatározzuk a szója fehérjetartalmát, aminosav-összetételét, emészthetőségét, felhasználásának lehetőségeit és korlátait, más fehérjehordozókhoz viszonyítva táplálkozási értékét és felhasználásának gazdaságosságát, valamint kémiai, biológiai és állatkísérleti módszerekkel próbálunk minél több információhoz jutni. Minősítünk akkor is, ha megváltozik az előállítás technológiája, a szója tárolása, és ha a fajta genetikai módosításokon ment keresztül. A komplex minősítés során választ keresünk arra, hogy mennyi

a szója nyersfehérje-tartalma, milyen az aminosav-összetétele, a szabad aminosavak mennyisége, a fehérjékben kötöttekhez viszonyított aránya, milyen az esszenciális aminosavak mennyisége, a többi esszenciális és nem esszenciális aminosavhoz viszonyított aránya, és mennyi a fehérje és az energia aránya. A fogyasztás során jelentkeznek-e toxicitásra vagy antinutritív hatásra utaló tünetek, milyen hatékonysággal hasznosul a fehérje a tömegváltozáson vagy a nitrogénmérleg alapján mérve, alkalmas lehet-e gyengébb minőségű fehérjék komplettálására, költségesebb vagy nehezen beszerezhető fehérjék kiváltására, és hogy alkalmazása milyen gazdasági haszonnal jár. A minősítés során célszerű kémiai vizsgálatokkal kezdeni, majd következhetnek a laboratóriumi állatokon végzett tesztek és a haszonállatokkal végzett etetési kísérletek.

2.8. Szelénnel dúsított élelmiszerek

A szelénről nem régen még azt tartották, hogy toxikus átmeneti fém, hisz nagyobb mennyiségben az élő szervezet pusztulásához vezet. Az utóbbi időben rájöttek arra, hogy fontos élettani hatása van, a tokoferolokkal együtt antioxidánsként részt vesz a metabolizmusban, a szervezet antioxidánsai pedig a káros szabadgyökök elleni védelemben játszanak igen fontos szerepet. Természetes védőmechanizmusként részt vesznek a szabadgyökök káros hatásának kiküszöbölésében, mely védekező mechanizmus részei a glutation-peroxidáz és a tioredoxin reduktáz szelén dependens enzimek. Az enzimek, szelén hiányában, nem képesek semlegesíteni a káros, sőt esetenként rákkeltő komponenseket, megfelelő szelénellátás esetében viszont a glutation-peroxidáz a peroxidbontó reakció katalizálásával védi a telítetlen lipideket, segíti megőrizni a sejthártyák épségét.

2.8.1. A különböző szelénformák, a szelén antioxidáns tulajdonságai, a szelén hasznosulása

A növényi eredetű élelmiszerek szeleno-metionint, az állati eredetűek pedig szeleno-metionint és szeleno-ciszteint is tartalmaznak. A szeleno-metionin az ember és az állatok számára is esszenciális aminosav, mert szervetlen forrásokból szeleno-metionint nem tudnak előállítani, a szervezetbe bejutott szeleno-metionint szeleno-ciszteinné viszont át tudják alakítani. E két szeleno-aminosav mellett ezek származékai is jelen vannak élelmiszereinkben.

A szelén antioxidáns tulajdonságai. A szelén antioxidáns tulajdonságát különféle enzimekkel való kapcsolódása során fejti ki. Azonosították az antioxidáns hatású glutation-peroxidázt, amely minden emberi szövetben megtalálható, és amelynek működését elsősorban a redukált glutation mennyisége és a szervezet szelénellátottsága határozza meg. Védi a membránok szerkezetét, meggátolja a DNS károsodását, és a lipid és foszfolipid hidroperoxidok eltávolítása által

csökkenti a rákkeltő anyagok kialakulását a szervezetben. A múlt században négy szeléntartalmú glutation-peroxidázt azonosítottak, melyek mind antioxidáns tulajdonságúak. A szelén megnöveli ezen enzimek aktivitását, ezért az enzimaktivitás mérése a vérlemezkékben jó indikátora a szervezet szelénellátottságának.

A szelén hasznosulása. A fémes, illetve szervetlen állapotban levő szelén hasznosulása csekély mértékű, jól hasznosul viszont a szeleno-metionin formában bevitt szelén, mely a növényekben keletkezik a talaj szeléntartalmából, amit az állatok szeleno-cisztinné tudnak konvertálni. A szervezet szelénpótlására két lehetőség adódik: növényi és állati eredetű tápanyagok segítségével és megnövelt szeléntartalmú táplálékok fogyasztásával. A leggyakrabban fogyasztott élelmiszereink kis szeléntartalmúak, míg a leggazdagabb szelénforrások az állatok belső szervei, a tengeri halak, rákok és az állati húsok. Igen magas szeléntartalmú a brazil dió, mely darabonként több mint 100 μg szelént is tartalmazhat. A növényi eredetű élelmiszerek szeléntartalmát befolyásolja a talaj szeléntartalma, a szelén oxidációs formája, a talaj kémhatása és még sok egyéb tulajdonsága.

Az alacsony szeléntartalmú élelmiszerek fogyasztásának növelésével a szelén szervezetbe történő bevitelét nem lehet növelni, ezért a szervezet szelénszükségletét étrend-kiegészítőkkel és szelénnel dúsított élelmiszerekkel lehet kielégíteni. Az étrend-kiegészítők mind kapszulázott, mind tablettázott formában kiválóan hasznosuló termékek, szelenitet, szelenátot, szeleno-metionint vagy szelénnel dúsított élesztőt tartalmazó anyagok.

2.8.2. A szelénnel dúsított élelmiszerek előállítása

A szelénnel dúsított élelmiszerek előállítása során a növénynek vagy az állatnak tápanyag-kiegészítőként adják a szelént, ami több átalakuláson keresztül éri el természetes formáját. Magyarországon például szelénnel dúsított gabonapelyhet, tojást, margarint, kenyeret, illetve péksüteményt hoznak forgalomba, és beszámoltak a csirkehús, a tojás, a brokkoli, a hagymafélék és a búza szelénnel történő kiegészítéséről is. A leggyakrabban forgalmazott szelénforrás a szelénnel dúsított élesztő, melynek szeléntartalma elérheti a 3000 mg/kg-ot is, amely főként szeleno-metioninként épül be az élesztő fehérjébe.

Néhány országban engedélyezték a szelénes élesztő takarmányokba történő keverését is, melynek célja szelénben dús állati eredetű élelmiszerek előállítása. A szelénes élesztő szeléntartalma a szervetlen formánál sokkal jobban hasznosul, az ilyen szelénkiegészítést követően hosszabb ideig marad vissza a szervezetben, ami a szeleno-metionin szöveti fehérjékbe történő beépülésével magyarázható. A szelénkiegészítés hatással van az anyatej szeléntartalmára is, hisz szelénben dús táplálkozás hatására az anyatej szeléntartalma szignifikánsan megnő.

A növényi eredetű táplálékok szelénnel történő dúsításának lehetőségei sokfélék. A legtöbb növény maximum 1-2 mg/kg szelént tartalmaz szárazanyagra számolva, és még akkor sem lépi túl a szeléntartalom a 10 mg/kg-t, ha a talaj

szelénben gazdag. A növények többsége akkumulálja a szelént. Az elsődlegesen akkumulálók közé tartozó pillangós virágúak és a keresztesek családjába tartozók több ezer mg/kg szelén felhalmozására is képesek. A másodlagosan akkumulálók a talajból csak kisebb mennyiséget képesek felvenni, ezért szöveteikben csak pár száz mg/kg szelén halmozódik fel. Normál szeléntartalmú talajokon a szelén beépül a növényi fehérjékbe, és főként szeleno-cisztein és szeleno-metionin-formába kerül be az élelmiszerláncba.

A szelén akkumulációját mérték búzában, kukoricában, rizsben és szójában, ahol a szelén főként szeleno-metionin formában fordul elő. A szelén szervetlen formában való fogyasztása során az akut toxicitás könnyen és gyorsan kialakul, ezzel szemben kevésbé veszélyes a szerves forma, ha szeleno-metioninként visszszük be a szelént a szervezetbe, ekkor azonban a szelén felhalmozódása jelent veszélyforrást. Jobb megoldás szelénnel dúsított növényi tápanyagok, de még jobb szelénben dúsított állati termékek fogyasztása. Az állat konverziót hajt végre a szelénanyagcsere folyamán, ezért az állati eredetű élelmiszer semmiféle veszélyt nem jelent az emberi szervezet számára. A növények közül némelyek nagy mennyiségű szelénakkumulációra képesek, mások viszont magas szeléntartalmú talajokon termesztve is emberi fogyasztásra alkalmas mértékben tartalmazzák a szelént.

2.8.2.1. A szelénhiány és a táplálékok szelénnel történő dúsításának lehetőségei

Az állati eredetű táplálékok szelénnel történő dúsításának lehetőségei a következők. Elő lehet állítani szelénnel dúsított húst, de igen jó hatásfokkal lehetne a népesség szelénkiegészítésére használni a szelénnel dúsított baromfitojást és a szarvasmarhatejet is. A szervezet szelénszükségletét egyrészt étrend-kiegészítőkkel, másrészt szelénnel dúsított élelmiszerekkel lehet növelni. A szelénnel dúsított élelmiszerek előállítása rendkívül bonyolult technológia, melynek során a növények vagy az állatok tápanyag-kiegészítőként kapják a szelént, ezt követően a szelén több átalakuláson keresztül éri el természetes formáját.

A szelénhiány és annak megelőzése. A szelénhiány következményei az embernél a szív- és érrendszeri megbetegedések, a tumorok (emlő, prosztata, nyirokmirigy, vastagbél), a hematológiai rendellenességek, a vázizomzat legyengülése, termékenységi zavarok, a pszeudoalbinizmus, a hajhullás, a neurogeriátriai kórképek és a csökkent immunválasz. Növényi eredetű élelmiszereink közül a gomba (130 µg/kg) és a fokhagyma (250 µg/kg) szeléntartalma a legnagyobb. A gabonafélék közül a fényezett rizsé 315, a barna rizsé 390, a fehér búzaliszté 150, a Graham liszté pedig 350 µg/kg.

Az állati eredetű élelmiszerek közül a belsőségek szeléntartalma a legnagyobb. A marhahús szeléntartalma 100-350, a sertéshúsé 150-250, a birkahúsé 90-200, a csirkehúsé 90-150, a marha-, a sertés- és a birkamájé 30-600 µg/kg. A tej és tejtermékek

nem tartoznak a kiemelkedő szeléntartalmú élelmiszerek közé. A 2,8%-os zsírtartalmú tej szeléntartalma 5-28 µg/kg közötti, a sovány tejporé 100, a zsíros tejporé 55, a sajté pedig 7-105 µg/kg között van. A tojásfehérje szeléntartalma 110, a tojássárgájáé 380, a teljes tojásé pedig 200 µg/kg. A tengeri eredetű élelmiszerek közül a homár és az osztriga 650, a tőkehalhús pedig 420 µg/kg szelént tartalmaz.

2.8.2.2. Szelénnel dúsított táplálkozási csírák a rák megelőzésében

A csíráztatás során a fejlődő növényi szervezet megfelelően előkészített táptalajból különféle makro- és mikroelemeket tud dúsítani szöveteiben, ezért lehetséges, hogy a csíranövény szeléntartalmát megfelelő körülmények között meg lehet növelni. Mivel a magas szeléntartalmú talaj környezeti szennyezéshez vezethet, ezért célszerűbbnek látszik a konrollálhatóbb zárt rendszerű termesztés. Többen vizsgálták a szelén hasznosulását megnövelt szeléntartalmú növényekből, és a szelénben dúsított növények hatását az antitumor-aktivitásra. Megállapították, hogy a kiegészítés a szeléntartalom függvényében megnövelte a vérszérum és a máj szeléntartalmát és a glutation-peroxidáz aktivitását, a szelénben dúsított japán retekcsíra pedig gátolta az emlőtumor kialakulását. A szelénkiegészítés, a dózistól függetlenül, megnövelte a szérum és a máj szelénkoncentrációját és glutation-peroxidáz-aktivitását.

A monometilált szeleno-aminosavakról rákellenes hatást mutattak ki, ezért a szelénben dúsított csírák hasznosak lehetnek a rák megelőzésében, és a szelénben dúsított termékek alkalmasak lehetnek a lakosság szelénellátásának javítására. Megállapították, hogy a fejlődő növényi szervezet a csíráztatás során a megfelelően előkészített táptalajból különféle makro- és mikroelemeket tud dúsítani szöveteiben. A magas szeléntartalmú talaj (szelenit, szelenát) környezeti szennyezést okozhat, ezért japán kutatók a zárt rendszerű termesztést alkalmazták, melynek során speciális japánretekmagokat csíráztattak magas szeléntartalmú talajon. A csíranövényben a szelén legnagyobb mennyiségben szeleno-metil-szeleno-cisztein formában volt jelen, ezen kívül szeleno-metil-szeleno-ciszteint, szeleno-metionint és γ-glutamil-Se-metil-szeleno-ciszteint is ki tudtak mutatni.

A szeléntartalom hasznosulása. Megállapították, hogy a szelénben dúsított növények antitumor-aktivitással bírnak, és a szelénben dúsított tök és a szelénben dúsított retekcsíra megnövelte a vérszérum és a máj szeléntartalmát, illetve a glutation-peroxidáz aktivitását. A szelénnel dúsított japán retekcsíra összes szeléntartalmának 80%-át a szeleno-metil-szeleno-cisztein tette ki, mely gátolta az emlőtumor kialakulását, de a legnagyobb szeléntartalmú dózis (12,5 mg/kg) etetésekor csökkent a testtömeg-gyarapodás, és megnőtt a máj tömege. A retekcsírával bevitt szelén kisebb mértékben épült be a szervezetbe, mint a szelenittel bevitt szelén, de a retekcsíra fogyasztásának tumorellenes hatása nagyobb volt, mint a szelenitkiegészítésnek.

2.8.2.3. Egyéb élelmiszerek szelénnel történő kiegészítése

A svédek és a norvégok gabonát importálnak Kanada és az USA szelénben gazdag körzeteiből, mivel a talaj szelénkoncentrációja rendkívül alacsony. Finnországban és Új-Zélandon Na-szelenáttal műtrágyázva termesztenek gabonát, Kínában pedig a Keshan-kórt a konyhasóhoz és/vagy az ivóvízhez hozzáadott Na-szelenittel szorították vissza. 1985-től szelénnel dúsított élesztőt állítanak elő, amely kb. 1000 mg/kg szerves kötésben levő szelént tartalmazó Saccharomyces cerevisiae vagy Candida utilis. Szelénes élesztőt tartalmaznak különböző táplálékkiegészítők és a szeleno-kenyér. A „bioszelén" elnevezés valójában szerves kötésű Se-t jelent.

Szelénnel dúsított tojást állítottak elő a baromfitakarmány különféle szelénformával történő kiegészítésével. A szelénes élesztő mind a tojás, mind a tyúk szerveinek (elsősorban a májnak) a Se-tartalmát szignifikánsan nagyobb mértékben növeli meg, mint a Na-szelenit. A tojás Se-tartalma Na-szelenites kezelés esetén kb. 21 nap alatt, élesztős kezelés esetén kb. 27 nap alatt telítési értéket vesz fel. A telítési értékek mind a Na-szelenit, mind az élesztő esetében maguk is egy-egy telítési görbét írnak le a takarmány Se-tartalmának függvényében. Mivel a telítési értékek viszonylag mérsékeltek, a fogyasztó szelenózisos megbetegedése még többszörös túladagolás esetén sem valószínű. Amikor 110, 400 és 1800 µg/kg nátrium-szelenittel egészítették ki a tojótyúk takarmányát, akkor a tojás ehető részének szeléntartalma 98 µg/kg-ról 110, 156 és 302 µg/kg-ra nőtt. Ugyanezek az értékek azonos mennyiségű szervesszelén-kiegészítés esetén 140, 253 és 587 µg/kg voltak, tehát a tojás szeléntartalmát szervesszelénkiegészítővel hatékonyabban lehet növelni, mint szervetlennel.

Szelénnel dúsított tej és tejtermékek. Vizsgáltuk, hogy milyen takarmányozási módszerekkel lehetne a tehéntej és a tejtermékek szeléntartalmát növelni, és hogy a tej szeléntartalma hogyan megy át más tejtermékekbe. Olyan takarmányozási módszerek kidolgozását céloztuk meg, melynek segítségével a tehéntej szeléntartalmát az egészségvédő szintre lehet növelni. Végső célunk ajánlás és technológia kidolgozása volt magas szeléntartalmú tej és tejtermék előállítására a lakosság jobb szelénellátottsága érdekében.

Vizsgálataink során megállapítottuk, hogy a szeléntartalom, a kontrollcsoport értékéhez képest, a különböző mértékű szelénkiegészítést kapó tehenek tejében szignifikánsan nagyobb volt, és a növekvő szelénkiegészítés hatására a tej szeléntartalma szignifikánsan nőtt. A szelénkiegészítés elhagyása után két héttel a tej szeléntartalma a 6. és a 8. héten mért értékekhez képest szignifikánsan kisebb volt, de a 2 mg/nap szelénkiegészítést kapó állatok értékét statisztikailag igazoltan meghaladta. A szelénkiegészítés elhagyása után egy hónappal a tej szeléntartalma megegyezett a szelénkiegészítést nem kapó kontrollcsoport értékével. Megállapítottuk, hogy a 6 mg szelénkiegészítés szerves szelén formájában a tej szeléntartalmát mintegy ötszörösére növeli, a szelénkiegészítés elmaradása esetén

viszont a tej szeléntartalma hat hét alatt 19 µg/kg-ra csökkent. Következtetésünk az, hogy a folyamatosan megnövelt szeléntartalmú tejet csak akkor lehet előállítani, ha az állatok takarmányában a szelénkiegészítés folytonos.

A megnövelt szeléntartalmú tej okoz-e valamilyen egészségügyi kockázatot a lakosság számára? Magyarországon például a felnőtt lakosság szelénszükségletéhez a tej csak mintegy 7%-ban járul hozzá. A megnövelt, 0,094 mg/kg szeléntartalmú tej a napi szelénszükséglet-kielégítéshez is csak 34%-ban járul hozzá. A felnőtt lakosság szelénnel dúsított tejfogyasztása abszolút biztonságosnak értékelhető, hisz a maximális szelénfogyasztás egy liter tejjel 220 µg naponta, míg a még elfogadható napi bevitel 300 µg körül alakul. Az egy és három év közötti gyerekeknél a napi félliteres szelénes tejfogyasztás a többi élelmiszerrel együtt 59 µg-os szelénbevitelt jelent, ami majdnem azonos a szelénbevitel felső limitjével (60 µg/nap). Javasolható, hogy 1-3 év közötti korban a csecsemők ne fogyasszanak több mint fél liter szelénes tejet, a szelénes tejfogyasztást ebben az életkorban maximum fél liter/napban kell korlátozni.

A szelénnel dúsított tejből készült tejtermékek szeléntartalma. Mind a kontroll- (18 µg/kg), mind a szelénes, 2 mg szelénkiegészítést kapott tehenek tejéből (53 µg/kg szeléntartalom) joghurtot, telemea sajtot, tehéntúrót, ordát és vegyes alvasztású sajtot készítettünk. Minden esetben mértük a szeléntartalmat, valamint a tejtermék-előállítás melléktermékeként kapott savó szeléntartalmát is.

Minden általunk előállított, megemelt szeléntartalmú tejből készült tejtermék esetében a szeléntartalom szignifikánsan nagyobb volt, mint a kontrollcsoportnál. A kontrolltejből készült joghurt szeléntartalmát 18,6 µg/kg-nak, a szelénes tejből készültét pedig 58,5 µg/kg-nak mértük. A kontrolltejből készült telemea szeléntartalmát 66,0, a szelénes tejből készültét pedig 138,1 µg/kg-nak mértük. A kontroll esetében a savó 9,7, a szelénes tej esetében 20,1 µg/kg mennyiségű szelént tartalmazott. A kontrolltejből készült vegyes alvasztású sajt szeléntartalmát 88,6, a szelénes tejből készültét pedig 200,0 µg/kg-nak mértük. A kontrolltejből készült tej savója 9,2, míg a szelénes tejből készülté 21,4 µg/kg szelént tartalmazott, mely szerint a növekedés több mint kétszeres a szelénes tej javára. A kontrolltejből készült tehéntúró szeléntartalmát 57,4, míg a szelénes tejből készültét 154,8 µg/kg-nak mértük.

Összefoglalásképpen megállapítható, hogy a szelénes tejből készült telemea, orda és vegyes alvasztású sajt szeléntartalma több mint duplája volt, mint a kontrolltejből készített tejtermékeké. A legtöbb szelént a vegyes alvasztású sajt tartalmazta 200,0 µg/kg-mal, amelyet az orda követett 167,2 µg/kg-mal, ezt követte a tehéntúró 154,8 µg/kg-mal, majd végül a telemea következett 138,1 µg/kg-mal. Mindegyik tejterméknél a savó szeléntartalma több mint duplája volt a szelénes tej esetében a kontrollhoz viszonyítva, ezért a szelénes tejből készült tejtermékek savója jelentős szelénforrás lehet az emberek (esetleg gazdasági állatok) számára. Ezt bizonyítja a savóból készült orda 167,2 µg/kg-os szeléntartalma is.

2.9. A tojás mint funkcionális élelmiszer

A tojás a roston kívül szinte minden értékes tápanyagot tartalmaz. Fehérjéjének biológiai értéke talán az összes élelmiszer-fehérje közül a legnagyobb. A sárgájában sok a zsír és a vitamin, így a fehérje és a sárgája együttesen az ember szükségleteit szinte optimális módon elégíti ki, ily módon összetételének változtatása nélkül, megfelelően elkészítve, funkcionális élelmiszernek tekinthető. Összefoglalóan a tojás táplálóanyag-tartalomban dús, a természet által létrehozott egyik legértékesebb élelmiszer.

A tojássárgája zsír-a-vízben emulzió, különböző méretű részecskék halmaza, a szárazanyag-tartalma kb. 50%, amiből a lipidek 65%-ot, a fehérjék 31%-ot, a szénhidrátok 4%-ot tesznek ki, míg a maradékot a vitaminok és az ásványi anyagok alkotják. Fő komponensei az alacsony sűrűségű lipoprotein (LDL), a magas sűrűségű lipoprotein (HDL), a livetinek és a foszvitinek.

A tojássárgája-szemcsék fehérjéi, a foszvitin (α és β), 110 °C-on, 10 percig hőkezelve viszonylag hőstabilak. Sok foszforsavat tartalmazó glikofoszfoprotein, mely polielektrolitként működik. A lipovitellinek (α és β) nagy sűrűségű lipoproteinek (HDL), melyekben a lipid a szárazanyag 22%-a, melynek 35%-a trigliceridek, 60%-a foszfolipid, 5%-a pedig koleszterin és koleszterin-észter. A lipovitellinek komplex formában, a foszvitinnel együtt előforduló hőstabil fehérjék.

A tojássárgája lipidjei a fehérjékkel szoros kapcsolatban, lipoproteinként vannak jelen. Zsírsavösszetételüket jelentős mértékben befolyásolja a takarmányozás, ezért a takarmány összetételének változtatásával az befolyásolható. A tojótyúk takarmányának változtatásával a tojás zsírsavösszetétele optimális irányba tolható el, tehát a tojás funkcionális élelmiszer, vagy azzá tehető. A szterinek a tojás lipidjeinek 4%-át teszik ki, melyek 96%-a koleszterin, mely a szárazanyag 2,5%-a, és amely messze meghaladja a többi élelmiszerét.

A tojásfehérje a fehérjék 10%-os vizes oldata, mely a fehérjék mellett még 0,03% lipidet és 1% szénhidrátot is tartalmaz. A biológiai aktivitással bíró albumin fehérjék védelmet nyújtanak a mikrobiológiai romlás ellen, így a lizozim enzim a baktériumok sejtfalát alkotó peptidoglikánok hasításával elpusztítja a baktériumokat, és ugyanezt a szerepet töltik be az enzim inhibitorok és a koenzimekkel komplexet képző anyagok (flavoprotein, avidin).

Az albumin fehérjék közül az ovalbumin a fő albumin fehérje, mely vizes oldatban mechanikai hatásra (rázatás, habverés) viszonylag könnyen denaturálódik A lizozim a Gram-pozitív baktériumokat sejtfaluk hidrolízisével pusztítja el. Az ovomucin fibrilláris szerkezetű, mely növeli az albumin viszkozitását. A flavoprotein erősen kötődik a riboflavinhoz, és elősegíti, hogy a koenzim a vérszérumból a tojásba kerüljön. Az ovoinhibitor gátolja a tripszin és a kimotripszin működését. Az avidin megköti a biotint; a tojásfehérjében biotinmentes formában fordul elő.

Tojásszínező anyagok. A tojássárgája színe minőségi jellemzőnek számít. A takarmányból a karotinoidok és a xantofillok (főleg a lutein) szívódnak fel, melyek a sárgája színét okozzák.

A tárolás során bekövetkező változások. A friss tojás sűrűsége a kezdeti 1,086 g/cm^3-ről csökken, melynek mértéke naponta 0,0017 g/cm^3. A tojásfehérje viszkozitása csökken, a tojássárgája pedig egyre inkább ellapul a tárolás során. A tojásfehérje feldolgozásánál fontos olyan tulajdonságok változása, mint a habképző sajátságok, a habstabilitás és az állott aroma kialakulása. A tojás minőségvesztése a vízveszteség csökkentésével, a tojáshéj bevonásával (olajozás) könnyű paraffinalapú ásványi olajjal, szabályozott légterű tárolással és alacsony hőmérséklettel mérsékelhető.

A tojásalapú készítmények jellemzői. Habképző képesség. Mind a tojásfehérje, mind a tojássárgája habot képez, melynek során a folyadék/levegő határfelület nagymértékben megnő, ennek során a fehérjék denaturálódnak és aggregátumokat képeznek, melyek magukba zárják a levegőt. A tojásfehérje frakciói habstabilizáló képessége különböző, habképző tulajdonságuk objektív módon vizsgálható. A tojássárgája 0,1%-os jelenléte jelentősen csökkenti a habképződést, ami megakadályozza, hogy a tojásfehérjét sütőipari termékek, sütemények, kekszek lazítóanyagaként eredményesen lehessen alkalmazni. A tojássárgájából is verhető hab, mely hatszoros térfogatnöveléssel jár, és a hab stabil marad magas hőmérsékleten is. Mind az egész tojás, mind a tojássárgája emulgeáló hatású, mely a fehérjéknek, a foszfolipideknek és az LDL-nek köszönhető. A tojásfehérjénél 62 °C-on, a tojássárgájánál pedig 65 °C-on következik be a termikus koaguláció. A koagulációs képesség nagyon fontos a technológia szempontjából, mert a tojást nagy mennyiségben használják élelmiszeripari kötőanyagként.

Szárított tojás alapú termékek. A szárítás során a cukrok mikrobiológiai fermentációját követően lejátszódó reakciók nemkívánatos barna elszíneződést és kellemetlen aromaképződést okozhatnak.

A tojásfehérje vagy a teljes tojás szárazanyag-tartalmának növelése membránszűréssel vagy vákuum-filmbepárlással is megoldható. A tojássárgája viszonylag magas szárazanyag-tartalmú, ezért mindenfajta előzetes kezelés nélkül porlasztva szárítható. A tojásfehérje szárítása során annak hőmérsékletét 45-50 °C-ra emelik, a szárítást pedig nagy nyomású diszperzió formájában, 165 °C-os levegőáramban végzik, mely alatt a tojásfehérje 50-60 °C-ra melegszik fel. Fagyasztott tojásalapú termékek –40 °C-ra történő gyorsfagyasztással készülnek. A fagyasztott termék eltarthatósága –15 és –18 °C között 12 hónap. A fagyasztás utáni kiolvadást követően a tojásfehérje gélszerű konzisztenciát vesz fel, ami miatt nehéz elegyíteni, ami gátolja a további felhasználást.

2.10. Növényi és állati eredetű zsiradékok

A növényi és állati eredetű zsiradékok változó zsírsavösszetételű trigliceridekből állnak. A különféle zsiradékok közül azok tekinthetők funkcionálisaknak, melyek bővelkednek olyan esszenciális zsírsavakban, mint a linolsav, az arachidonsav, az eikoza-pentaénsav, a dokoza-pentaénsav vagy a dokoza-hexaénsav. A linolsav kivételével az utóbbiak csak az állati eredetű zsiradékokban fordulnak elő, így az állati zsiradékok is lehetnek funkcionális élelmiszerek. Általánosságban elmondható, hogy azok a lipidek, amelyek túlnyomó részben telítetlen zsírsavakat tartalmaznak, azok az olajok, és amelyek telítetteket, azok a zsírok.

Növényi eredetű zsiradékok. A növényi eredetű zsiradékok a kinyerésükhöz szükséges technológiai folyamatok alapján lehetnek olajosmagolajok, amelyek nagyszámú forrásból származhatnak, és gyümölcsolajok, amelyek esetében csak két forrásnak van gazdasági jelentősége. Az olívaolajat az olajfa gyümölcspulpjából nyerik. A hidegen préselt olajat szűz olajnak hívják, a melegen, 40 °C-on préseltet, melynél a préselést követően az olajpogácsát oldószerrel extrahálják, „sansa” olajnak nevezik.

A pálmaolaj az olajpálma gyümölcse és húsa felhasználásával készül, ami alapján megkülönböztetünk gyümölcshúsolajat és magolajat. Laurinsavban és mirisztinsavban gazdag olajok közé tartoznak a kókuszdió és a pálmamagolajok, amelyek a csak növényi eredetű zsiradékokat tartalmazó margarinokban találhatók meg. Jellemző rájuk, hogy szobahőmérsékleten szilárdak, a szájban olvadnak jelentős olvadáshő kíséretében. Linolsav csak elhanyagolható mennyiségben van bennük, ezért az autooxidációs változások gyakorlatilag minimálisak.

Palmitinsavban és sztearinsavban gazdag olajok a kakaóvaj és a kakaóvaj-helyettesítő zsiradékok. A kakaóvaj szűk olvadási tartománnyal rendelkezik, triglicerideje főleg palmitinsavat, olajsavat és sztearinsavat tartalmaznak. A kakaóvaj olvadása kellemes, hűsítő érzetet kelt a szájban. Ellenálló az autooxidációval és a mikrobiális romlással szemben is, ezért az édességiparban az egyik legdrágább összetevő. A palmitinsavban gazdag olajokhoz tatozik a gyapotmagolaj, mely nyersen sötétvörös, jellegzetes illatú.

A gabonacsíra-olajok közül a legfontosabb a kukoricacsíra-olaj, melyet saláta- és főzőolajként, margarin-alapanyagként és majonéz készítésére használnak. A búzacsíraolaj nagy tokoferoltartalma miatt kiemelkedő tápértékű. Ázsiában jelentős népélelmezési szerepet tölt be a rizscsíraolaj. A tökmagolajat elsősorban Dél-Európában fogyasztják; barna színű, dió jellegű ízű, nagyon kellemes aromájú olaj.

A kevés palmitinsavat, sok olajsavat és linolsavat tartalmazó olajok közül kiemelkedő jelentősége van a napraforgónak, mely Európa legnagyobb mennyiségben termesztett olajnövénye. A hüvelyesek olaja közül a szójababolaj az egyik legnagyobb mennyiségben termelt növényi zsiradék. Finomított olaja világossárga,

enyhén aromás. Eltarthatósága parciális hidrogénezéssel javítható. Ennek során az olvadási tartomány 22–28 °C-ról 36–43 °C-ra nő. Termesztésszelekcióval és genetikai tervezéssel kevés linolsavat és sok olajsavat tartalmazó genotípusokat, és kevés palmitinsavat és telített zsírsavat tartalmazó genotípusokat alakítottak ki. A földimogyoró-olaj zsírsavösszetétele nagyban függ a termesztés helyétől. A földimogyoróból és annak olajából földimogyoróvaj, egy kenhető, paszta állagú, nagyon keresett termék készíthető, melynek összetevői a pörkölt és őrölt földimogyoró és a földimogyoró-olaj.

A repceolaj sok linolénsavat tartalmaz, ezért hajlamos az autooxidációra. Hidrogénezéssel stabilitása nő, és olvadási sajátságai a kókuszdióolajéhoz válnak hasonlóvá. Kifejlesztették a „zéro" erukasav-tartalmú fajtákat, melyben az erukasav (C22:1) mennyisége kisebb, mint 5%, és a „dupla nullás" fajtákat, amelyek erukasav-tartalma rendkívül alacsony. A szezámolaj jelentős mennyiségű tokoferolt tartalmaz, fenolos antioxidáns komponense a szezámol. A sáfrányos szeklice olaja 80% olajsavat és 15% linolsavat tartalmaz. A lenmagolaj a len magterméséből nyerhető ki. Jellemző rá a magas linolénsav-tartalom, ezért az autooxidáció folyamán keserű anyagok keletkezése közben könnyen oxidálódik.

Az állati eredetű zsiradékok fő zsírsavai az olajsav, a sztearinsav és a palmitinsav, melyek nagyon eltérő koncentrációban fordulnak elő a zsiradékokban. Monogasztrikus állatoknál a zsírsavösszetétel takarmányozással befolyásolható, de hatással van rá a faj és a fajta is. Kérődzőknél a bendőben fejlődő hidrogén a telítetlen kötéseket telíti, tehát itt lényegesen nagyobb a telített zsírsavak részaránya. A marhafaggyú a takarmányeredetű karotinoid-tartalom miatt világossárga színű, zsírsavösszetételét a takarmányozás alig befolyásolja. A prémium minőségű faggyú („premier jus") a marhafaggyúból előállított termék, melyből oleomargarin, vagy más néven lágy zsír és oleosztearin, szilárd, préselt faggyú készíthető. Ezen utóbbit főként sütőipari zsiradékok gyártására használják fel. Az étkezési marhafaggyú („secunda beef fat") tipikus marhafaggyú-illatú és -ízű zsiradék.

A sertészsír a kereskedelmi forgalomban legnagyobb mennyiségben eladott termék, melyre jellemző a lágy aroma és a fehér szín. Viszonylag sok palmitinsavat és olajsavat tartalmaz. A telítetlen zsírsavak jelentős mennyisége miatt a sertészsír dermedése alacsonyabb hőmérsékleten következik be, és a kevert trigliceridek miatt a fázisátmenet szélesebb hőmérséklet-tartományt ölel fel, illetve eltarthatósági ideje is rövidebb, mint a marhafaggyúé. A sertés takarmánya a zsírsavösszetételt jelentősen befolyásolja.

A tengeri állatokból származó zsiradékok forrásai a heringek családjába tartozó halak. Ezek a zsírok nagymértékben telítetlen, 4-6 allilcsoportot tartalmazó zsírsavak. Közéjük tartoznak az arachidonsav, az eikoza-pentaénsav, a dokoza-pentaénsav és a dokoza-hexaénsav. A tengeri állatokból származó zsiradékok közvetlenül nem hasznosíthatók étkezési célra, az esszenciális zsírsavak jelentős mennyisége miatt viszont gyógyhatású készítmények alapanyagai.

A zsírok és olajok minőségét befolyásoló tényezők. Első számú minőséget befolyásoló tulajdonság a lipolízis mértéke, mely megnöveli a szabadzsírsav-tartalmat vagy a savszámot. Az oxidatív bomlás termékei a telítetlen acilmaradékok autooxidációját követő gyors bomlás során jönnek létre. A hidroperoxidok aromaanyaggá bomlását sok tényező befolyásolja, ezért nincs közvetlen összefüggés a peroxidszám és az aromahibák, pl. az avas íz között. Az eltarthatóság becslésére alkalmazható tesztek az oxidációra való hajlam felmérését célozzák. A különböző mérések során a zsír vagy olaj standard körülmények között gyorsított oxidációnak van kitéve, melyet követően mérik a sütőolajok hőstabilitását és a füstölési pontot, azt a hőmérsékletet, amelyen levegő jelenlétében a trigliceridek bomlani kezdenek.

2.11. A gabona, zöldség és gyümölcs mint funkcionális élelmiszerek

A gabonafélék talán az emberiség legfontosabb élelmiszerforrásai. Közéjük tartozik a búza, a rozs, a rizs, az árpa, a köles és a zab, melyek közül a búza és a rozs alkalmas kenyérkészítésre. Az ipari országokban a kenyérfogyasztásból eredő tápanyagellátás fedezi a napi szénhidrátszükséglet 50%-át, a fehérjeigény mintegy egyharmadát, a B-vitamin-szükséglet 50-60%-át, és fontos ásványianyag- és nyomelemforrás is.

2.11.1. A gabonafélék mint funkcionális élelmiszerek

A gabonafélék szénhidráttartalma. A keményítő a gabonafélék fő tároló szénhidrátja, mely a szemtermés endospermiumának sejtjeiben fordul elő. Általánosságban a gabonakeményítők 25% amilózt és 75% amilopektint tartalmaznak, melyekre jellemző, hogy jellegzetes hőmérséklet-tartományban duzzadásuk, zselatinizációjuk következik be. A gabonafélék egyéb szénhidrátjai a pentozánok, a cellulóz, a β-glükánok és a glükofruktánok. A diétásrost táplálkozási és fiziológiai szempontból a keményítőn és a ligninen kívüli oldható és nem oldható szénhidrátok összességét jelenti, melyek legfontosabb forrásai a gabonafélék és a hüvelyesek. A rozsliszt 6-8%, a búzaliszt 1,5-2,5% pentozánokat tartalmaz.

A vízzel extrahálható vízoldható pentozánok 15-20-szor több vizet kötnek meg, mint a vízoldható fehérjék, ezért nagy viszkozitású oldatokat képezhetnek. A rozsban a pentozánok vízben nem oldható része víz hatására rendkívül nagy mértékben megduzzad, amely felelős a tészta reológiai sajátságaiért, a rozsliszt-ből készült termékek sütési tulajdonságaiért, és a sütőipari termékeknél javítja a bélzet ledússágát és rághatóságát. Az árpa 3-7%, a zab 3,5-4,9%, a búza és rozs szemtermése 0,5-2% β-glükánt tartalmaz. Nyálkás, viszkózus állagú anyagok, amelyek alkalmasak vizes oldatok viszkozitásának növelésére.

A gabonafélék fehérjéi. A gabonafélék aminosav-összetételére jellemző a kis lizin- és metionintartalom, és különösen kevés metionin van a búzában, a rozsban, az árpában, a zabban és a kukoricában. Próbálkoztak ugyan az esszenciálisaminosav-tartalom mennyiségének növelésével, több Lys-t és Met-t tartalmazó árpa- és kukoricafajták előállításával, azonban az egyéb tulajdonságok megváltozása miatt a nemesítés nem járt a kívánt sikerrel.

A gabonafehérjék eltérő oldhatóságát alapul véve a következő frakciókra oszthatók. Az albuminok vízoldhatóak, a globulinok sóoldatban oldódnak, a prolaminok oldhatók 70%-os vizes etanol elegyben, a glutelinek pedig a szekvenciális extrakció után a lisztből visszamaradó frakciót alkotják. Az albumin és globulin frakciókba az enzimek sorolhatók, a prolaminok és a glutelinek pedig a tárolófehérjék osztályát alkotják.

A frakciók mennyisége a különböző gabonafélékben nagyon eltérő lehet. A búza, a rozs és az árpa fehérjefrakciói hasonló aminosav-összetételűek, ezért az egyes gabonafajok botanikai származása igazán csak a prolaminok aminosav-összetételében tükröződik. A fehérjefrakciók közül a prolamin okozza a cöliákiát vagy lisztérzékenységet, amely a genetikailag fogékony személyek minden korosztályát érintheti a csecsemőktől a kamaszokon át a felnőttekig. A betegség következtében a bélnyálkahártya (mukóza) bélbolyhai károsodnak, majd elpusztulnak, az epitélium sejtjei degeneratív károsodást mutatnak, ezért a tápanyagfelszívási funkció komoly zavart szenved. A cöliákia megelőzhető a rizs, a köles és a kukorica fogyasztásával.

A kenyér és a tészta gyártása során a glutén képződése a legfontosabb technológiai folyamat. A glutén felelős a tészta plasztikus tulajdonságáért és stabilitásáért, mely 90% fehérjéből, 8% lipidből és 2% szénhidrátból áll. A reológiai tulajdonságok közé tartoznak a tészta gáztartó képessége a kelesztés során, és a termék porózus, szivacsszerű bélzetének elasztikus tulajdonságai. A búzaglutén fehérjekomponenseit és szerkezetét elemezve megállapítható, hogy a búza-prolaminok (gliadin) a viszkozitásért, a gluteninek pedig a tészta szilárdságáért és elasztikus tulajdonságáért felelősek.

A gluténfehérjék szerkezete és mennyisége változhat az egyes búzafajtáknál, ezért eltérőek a tésztaképződési és sütési jellemzők. A gluténfehérjék értékelése azon az alapon történik, hogy milyen mértékben alkalmas a fehérje arra, hogy nagymolekulájú fehérjeaggregátumok képződjenek belőlük. Nagy tészta- és gluténszilárdság akkor érhető el, ha elégséges mennyiségű polimerizációra alkalmas gluténfehérje van jelen. Kedvező, ha a lehetséges legkisebb mennyiségben vannak jelen a láncképződést megszakító anyagok, mint amilyenek az alacsony móltömegű tiolkomponensek és a páratlan számú cisztein-oldalláncot tartalmazó gliadinok.

A gabonamagvak viszonylag kis mennyiségű lipidet tartalmaznak, de a különbségek az egyes gabonafajták között jelentősek lehetnek. A lipidek főként a csíra részben tárolódnak, ezért az olajat is a csíráztatást követően nyerik ki.

A gabonafélék lipidjeinek zsírsavösszetételében nincs jelentős különbség, a zsírsavak között a linolsav dominál. A tésztaképződés során a lipidek aggregátumokat képeznek a gluténnal, és a poláris lipidek előnyös hatást gyakorolnak a tészta gázmegkötő képességére és a sütési térfogatra, mert a poláros lipidek a gáz/folyadék határrétegben feldúsulva stabilizálják a gázbuborékokat, nem engedik azokat összeolvadni, valamint a poláros lipidek kettős rétege összetartja, mintegy „tömíti" a fehérjefilmen a dagasztás során kialakuló pórusokat. A nem poláros lipidek a legtöbb búzafajta esetében viszont rontják a sütési eredményt.

A gabonafélék feldolgozása. A gabonafélék feldolgozásában szerepet játszó enzimek közül a legfontosabbak közé tartoznak a búza és a rozs α- és β-amilázai, melyeknek optimális aktivitása szükséges a tésztaképződéshez. A kedvezőtlen betakarítási körülmények között az α-amiláz-aktivitás megnő, a sütési folyamat során nagyfokú keményítőbomlás következik be, ami kenyérhibákhoz vezethet. A lipázok hatására a liszttárolás során a szabad zsírsavak mennyisége megnő, ami hőkezeléssel megelőzhető, mert ennek során a lipázok inaktiválódnak, így a minőségromlás elkerülhető.

A gabonafélékben lévő fitinsavat a fitáz enzim hidrolizálja. A fitát részleges hidrolízise táplálkozásfiziológiai szempontból kívánatos, mert a kevésbé foszforilált inozitok nem képeznek olyan stabil komplexet a kationokkal, mint a fitát, így az ionok felszívódása nem gátolt. Lipoxigenázok hatására a karotinoidok lassú kooxidáció során átalakulnak, és a tésztafélék sárgás színe fakul, ezért a tésztagyártás során a búza-lipoxigenázt inaktiválni kell. A polifenol-oxidázok a teljes kiőrlésű lisztek barnulását okozhatják. A peroxidázok és katalázok az aszkorbinsav nemenzimes oxidációját felgyorsítják, így elősegítik az aszkorbinsav lisztjavító hatását. A glutation dehidrogenáz dehidro-aszkorbinsav jelenlétében elősegíti a glutation oxidációját.

A búzaliszt tiolkomponensei. A búza szabad állapotú tiolkomponensei, a glutation és a cisztein, a csírában és az aleuronrétegben találhatók. A tésztaképzés során a glutation nagyon gyorsan reagál a diszulfidhidat tartalmazó lisztfehérjékkel, melynek során diszulfidhíd-kicserélődés megy végbe. A nagy móltömegű gluténfehérjék hasítása miatt a tészta viszkozitása csökken, a molekulák közti diszulfidhidak hasítása pedig a glutén és a tészta szerkezete gyengülését okozza. A gyenge sikérminőségű lisztek javítására aszkorbinsavat, bromátok alkálifémsóit és enzimaktivitással bíró szójalisztet használnak, melyek növelik a tészta nyújtással szembeni ellenállását, a dagaszthatóságot, javul a fermentáció, megnő a sütési térfogat, és a bélzetszerkezet is javul. Cisztein vagy proteinázok hozzáadása a fentiekkel ellentétes hatást vált ki, ugyanis gyengül a sikér, lágyabb lesz a tészta, ami előnyös is lehet a kisebb energiaszükséglet miatt.

Az aszkorbinsav hatása a tésztaképzésre, búzaliszt esetében. Tésztaképzéskor a redukált glutation és a gluténfehérjék között szulfhidril/diszulfid (SH/SS) kicserélődése megy végbe, melynek során a gluténfehérjék depolimerizálódnak, és a sikér meggyengül. Oxigén hatására a tésztában az aszkorbinsav

dehidroaszkorbinsavvá oxidálódik. Az endogén eredetű glutation a dehidroaszkorbinsavat aszkorbinsavvá redukálja, a dehidroaszkorbinsav redukálja (elvonja) a glutationt, a gluténfehérjékkel kevesebb SH/SS-kicserélődés megy végbe. A lipoxigenáz aktivitást mutató szójaliszt-hozzáadás hatására javulnak a tészta reológiai tulajdonságai, megnő a tészta stabilitása, dagasztáskor nem lágyul el hamar, így növekedhet a kenyér térfogata.

Ciszteinadagolást követően a cisztein- és a gluteninfrakció között SH/SS kicserélődés megy végbe, melynek során a glutén ellágyul, a tészta nyújtással szembeni ellenállása csökken, a nyújthatóság nő, a tésztaképződési idő csökken, és a tészta stabilitása is csökken. Amiláztartalmú készítmények hatására a keményítő fermentálódik, maltózzá bomlik, ami kedvező növekedési körülményeket teremt az élesztő számára, melyet követően kelesztéskor kellő mértékű a szén-dioxid-termelés. Ezzel párhuzamosan a redukáló cukrok a sütés során a nemenzimes barnulási reakcióban vesznek részt, mely kedvező hatású a héj színe és aromája szempontjából, ráadásul késleltetik a bélzet öregedési folyamatait.

2.11.2. A zöldségek és a gyümölcsök mint funkcionális élelmiszerek

A zöldségek emberi táplálkozásra alkalmas friss növényi részek, melyek nyers és/vagy feldolgozott formában fogyaszthatók. Csoportosíthatjuk őket a fogyasztott rész alapján, mely szerint lehetnek levél, szár, gyökér, virág, gumó, éretlen húsos mag, vagy botanikai értelemben vett gyümölcs zöldségek. A legtöbb zöldségféle esetében a szárazanyag 10-20%, a nitrogéntartalom 1-5%, a szénhidrátok mennyisége 3-20%, a lipidtartalom 0,1-0,3% között, a nyersrost és az ásványianyag-tartalom pedig 1% körül alakul.

A nitrogéntartalmú komponensek 35-80%-a fehérje, a többi szabad aminosav, peptid vagy egyéb nitrogéntartalmú anyag. A fehérjefrakció döntő hányadát az enzimek adják, melyek a feldolgozáskor káros vagy hasznos hatást fejthetnek ki, és a zöldségekben nagyon sok enziminhibitor is előfordul. A szabad nemfehérje-alkotó aminosavak oldalláncukat tekintve a homológ sor nagyobb tagszámú aminosavai. Az aminok közül a spenótban a hisztamin, az N-acetilhisztamin és az N,N-dimetilhisztamin, a paradicsomban és a padlizsánban a triptamin, a szerotonin, a melatonin és a tiramin fordul elő.

A szénhidrátok közül a legnagyobb mennyiségben előforduló cukrok a glükóz és a fruktóz 0,3-4,0%-ban, a szacharóz pedig 0,1-12%-ban van jelen a zöldségekben. Jelentős mennyiségben fordul elő bennük keményítő, a fészkesvirágzatúakban inulin, a pektinnek pedig különleges szerepe van a zöldségfélék szöveti szilárdságának biztosításában. A pektinek lebontása előnyös lehet a gyümölcslevek előállításánál, a pektinek bomlási folyamatainak lassítása pedig akkor, ha a gyümölcs és zöldség megfelelő konzisztenciájának és minőségének megőrzése a cél. A zöldségek lipidtartalma alacsony, főként trigliceridekből,

valamint gliko- és foszfolipidekből állnak. A szerves savak jelentős szerepet töltenek be a zöldségek íz- és zamatanyagainak kialakításában.

A zöldségek vitamintartalma függ a fajtól és a fajtától, az éghajlattól és a tárolás időtartamától. A burgonya C-vitamin-tartalma a betakarítás után 15-20 mg/100 g, 6-8 hónapos 4 °C-on történő tárolás után 50%-os veszteséget szenved, míg hámozás és főzés után 40-60%-os a veszteség. Az ásványi anyagokat tekintve a zöldségekben legnagyobb mennyiségben a kálium van jelen, melyet a kalcium, a nátrium és a magnézium követ. A növényi pigmentek közül legjelentősebbek a karotinoidok, az antocianinok, a klorofill és a betalainok. A szárított zöldségek tárolása során színváltozás következik be, melynek oka a klorofill feofitinné alakulása. A betalainok közé tartoznak a betacianinek, melyek vörösibolya, és a betaxantinok, melyek sárga színűek.

A gyümölcsök eredetüket tekintve lehetnek vadgyümölcsök és termesztett gyümölcsök, termésük alapján pedig valódi termésűek vagy álltermésűek. Összetételüket befolyásolja a faj, a fajta és az érettségi stádium. A bogyós gyümölcsök, az almatermésűek, a citrusfélék és a trópusi gyümölcsök szárazanyagtartalma 10-20% közötti, melynek fő komponensei a cukrok, a szénhidrátok és a szerves savak. A monoszacharidok közül a glükóz és a fruktóz fordul elő legnagyobb mennyiségben, a két monoszacharid aránya azonban nagyon változó. Az oligoszacharidok közül a szacharóz a domináns, míg a maltóz, a melobióz, a raffinóz és a sztachióz a szőlőben fordul elő. A poliszacharidok közül a cellulóz, a hemicellulóz (pentozánok), a pektinek és a keményítő található meg legnagyobb mennyiségben a gyümölcsökben.

A szerves savak közül az L-almasav a húsos gyümölcsökben és a csonthéjasokban dominál. A citromsav a bogyósgyümölcsök, a citrusfélék és a trópusi gyümölcsök fő savkomponense, míg a borkősav csak a szőlőben van jelen számottevő mennyiségben. A fenolos komponensek főleg glikozidok formájában, részben észterek formájában vannak jelen a gyümölcsökben. Aktív antioxidáns sajátságuk függ az OH-csoportok számától, helyzetétől és a pH-tól, és sok gyümölcs színét és ízét is befolyásolják. Az élelmiszerek polifenoltartalma függ a fajtától, az éghajlattól és az érettségi foktól. A polifenol-oxidázok nemkívánatos barna elszíneződést okozhatnak, melyek megelőzhetők az enzimek hőkezeléssel történő inaktiválásával, a redukálószerek alkalmazásával és az oxigénszint csökkentésével.

2.12. A táplálkozási csírák mint funkcionális élelmiszerek

2.12.1. A csírák jelentősége a táplálkozásban

A csíráztatás „előemésztésnek" tekinthető, melynek folyamán a poliszacharidok oligo- és monoszacharidokká, a zsírok szabad zsírsavakká, a fehérjék oligopeptidekké és szabad aminosavakká bomlanak le, az ásványi anyagok hasznosíthatósága pedig javul. Nő az esszenciális zsírsavak mennyisége és aránya, nő a szabad aminosavak mennyisége, az antinutritív anyagok mennyisége csökken, és egészségvédő hatással és fitokémiai tulajdonságokkal rendelkező vegyületek jelennek meg. Összességében tehát a csírázás jobb hasznosulást és magasabb tápértéket von maga után. A csíráztatott magok előnyös hatásaik miatt alkalmasak funkcionális élelmiszerek kifejlesztésére, melyek kedvező hatással vannak az emberi szervezetre, és segítenek az egészség megőrzésében.

2.12.2. Biokémiai változások a csírázás során

A csírázás során a fehérjék kisebb fehérjefragmensekre, polipeptidekre, oligopeptidekre és szabad aminosavakra bomlanak, melyeket saját enzimeink könnyebben tudnak lebontani. A hajdinacsírák táplálkozási értékét vizsgálva megállapították, hogy a csírában négyszer több a szabad aminosav, mint a magban. A csíráztatás során megnőtt a lizin és a kéntartalmú szabad-aminosavak mennyisége, ami magas táplálkozási értékű új zöldségféle előállításához vezetett. A zsírsavösszetétel változását elemezve megállapították, hogy a telített zsírsavak koncentrációja a csírázáskor rohamos mértékben csökkent, a mirisztinsav, valamint a sztearinsav egy nap múlva már nem volt kimutatható a csírából, a telítetlen zsírsavak aránya pedig a csíráztatás végére meghaladta a 83%-ot.

A csírázás tehát lényeges összetételi változásokat okoz, melynek során a fehérjék kisebb fehérjefrakciókra, oligopeptidekre, szabad aminosavakra bomlanak, és a szabadaminosav-összetétel változása mellett megjelennek a nem fehérjeépítő aminosavak. Bomlanak a trigliceridek, megváltozik a zsírsavösszetétel, nő a többszörösen telítetlen esszenciális, és csökken a telített és nemesszenciális zsírsavak aránya. Megjelennek az egészségvédő hatású vegyületek, ezért a csíráztatással értékesebb táplálékot kapunk.

2.13. A vörösbor mint funkcionális élelmiszer

2.13.1. A szőlő, a must és a bor kémiai összetétele

Ahhoz, hogy a vörösborról mint funkcionális élelmiszerről lehessen nyilatkozni, meg kell ismerni azokat a folyamatokat, amelyek során a szőlőből must, a mustból pedig bor keletkezik. Csak a bor összetételének ismeretében lehet tudományosan megmagyarázni, hogy miért is funkcionális élelmiszer a vörösbor, és miért nem az a must és a fehérbor.

A szőlőbogyó növekedése, érése és túlérése. A zsendülés során a bogyó növeli térfogatát, puhábbá, rugalmasabbá, átlátszóbbá válik, elveszíti klorofilltartalmát, színeződni kezd, flavon- és antocianin-pigmentek képződnek benne. A szőlőfürt a kocsányból és a szőlőbogyóból áll. A kocsány cukrokban szegény, szabadsavtartalma közepes, sok kötött savat tartalmaz, ásványi anyagokkal bőven el van látva, sejtnedvének pH-értéke 4 feletti. Sok polifenolt és cserzőanyagot tartalmaz, de cukortartalma nem haladja meg a 10 g/kg-ot. Szárazanyag-tartalma 23-44% között, hamutartalma 4-6% között van.

A szőlőhéj legjellemzőbb anyagai a sárga és vörös pigmentek, az elsődleges aromaanyagok. A zöldszőlőben a pigmentekből (klorofill, xantofill, karotinoidok) az érés ideje alatt csak kevés marad meg. A sárga pigmentek (flavonok) és a vörösek (antocianidok) a zsendüléskor kezdenek megjelenni, maximumukat a teljes érettség idején érik el. A flavonok a héjban és a bogyóhúsban is megtalálhatók, az antocianidok csak a héjban vannak. A legfontosabb flavonalkotórész a kvercitrin, a kvercetinnek egy glükozidja. A szőlő héjában kisebb mennyiségben más flavonszármazékok is vannak. A szőlőmagok gazdagok leukoantocianinokban, melyek a legfontosabb fenolos alkotórészek.

A must alkotórészei a szénhidrátok (monoszacharidok, diszacharidok, keményítő, pentózok, cellulóz, pentozánok, glikogén, pektinanyagok, gumik), a szerves savak (borkősav, almasav, citromsav, egyéb szerves savak), az ásványi alkotórészek, a nitrogéntartalmú anyagok, a polifenolok, a színezékek (zöld és sárga színezékek, vörös színezékek), viaszok, olajok, zsírok, enzimek, vitaminok, aromaanyagok és egyéb alkotórészek. A must és a bor legérzékenyebb vegyületcsoportjai a polifenolok és a színanyagok, mert oxidációs hajlamuk miatt barnulással járó és más különböző kiválások okozói lehetnek, de a vörösboroknál feltétlenül szükségesek a borjelleg kialakításához.

A bor polifenoljait négy nagy csoportra lehet osztani: flavonok, antocianinok, fenolsavak és tanninok. Kémiai szerkezetük szerint lehetnek nem flavonoid-fenolok (hidroxi-benzoesav és származékai, hidroxi-fahéjsav és származékai), egyéb nem flavonoid-fenolok (pl. rezveratrol), flavonoid-fenolok (katechinek, 3-flavanol), leukoantocianinok (3,4-flavandiolok), antocianinok (flavonok és flavonolok) és tanninok.

A nem flavonoidok közül a rezveratrol, a stilbének családjába tartozó fenolos vegyület a legfontosabb, melynek alapváza az α,β-difenil-etilén, és amely a szőlőbogyóban, elsősorban a héjszerkezetben halmozódik fel. A borok rezveratroltartalma főként az alkalmazott szőlőfeldolgozási technológia függvénye. Átlagos koncentrációja 2,24 mg/dm^3, szélsőértékek 0,44-4,71 mg/dm^3. A rezveratrol egyrészt fontos szerepet tölt be a szőlő patogén kórokozókkal szembeni védekező mechanizmusában, másrészt szív- és érrendszeri betegségek elleni védőhatást fejt ki. A rezveratrol gyógyhatása a vér HDL-koleszterinszintjének normalizálásán alapszik.

A flavonoid-fenolok könnyen oxidálhatók, jó fémmegkötő képességgel rendelkeznek, könnyen reagálnak fehérjékkel és egyéb polimerekkel. Redukálóképességük az alapváz telítetlenségére, a különböző helyzetű és számú hidroxilcsoportok oxidációs-redukciós mechanizmusára vezethető vissza. Antioxidáns hatásúak, az oxidációt katalizáló fémionokat kelátkomplex képződése közben megkötik, és jellemző rájuk a kondenzációs reakcióra való hajlam. A vér- és a hajszálerek áteresztőképességének és törékenységének csökkentése miatt a gyógyászatban sikeresen alkalmazzák retina- és vesevérzések gyógyításában. A flavonoidok elsősorban a héjban, a kocsányban és a magban találhatók, ahonnan eljutnak a mustba, illetve a borba. A leukoantocianidinek mennyisége a borokban 2 g/dm^3 körüli, mint antioxidánsok hatnak, megvédve a borokat az oxigén káros hatásától.

A procianidinek a tannin típusú polifenolok 2-6 egységből álló oligomerjei. A szőlő fenolos vegyületei közül a procianidinek prekurzorai, a monomer katechinek határozzák meg döntően a színintenzitást, a színárnyalatot, és felelősek az oxidációs hatásra bekövetkező színmélyülésért. A szőlő fenolos vegyületei baktericid hatással, P-vitamin-aktivitással, szív- és érrendszeri betegségek elleni védő hatással rendelkeznek. A vérben gyorsítják a koleszterin kiürülését, stabilizálják az érfalak rugalmasságát, megakadályozzák az érszűkületet, illetve a szívinfarktus kialakulását.

A színanyagok közé tartoznak az antocianinok, amelyek dominánsan meghatározzák a kékszőlők és a vörösborok színét. A flavonoidok a héjban és a bogyóhúsban találhatók, az antocianinok pedig a héjban, az epidermisz alatti 3-4 sejtsorban helyezkednek el. Az erjedés során az antocianinok kémiailag változatlanul kerülnek át a mustba, majd a borba.

Vitaminok és enzimek a szőlőben, a mustban és a borban. A szőlőben a karotin mutatható ki, amely a szőlő egyik sárga festékanyaga. A szőlőlé és a must C-vitamint csak nyomokban vagy egyáltalán nem tartalmaz. Egyéb vízoldható vitaminokban a szőlő és a must meglehetősen gazdag, tartalmazza a B-vitaminok számos tagját, a H- és PP-vitamint, a pantoténsavat, a folsavat, a mezo-inozitot, a kolint és a p-amino-benzoeavat. Az E-vitaminok fontosak mint a mustban levő élesztők és baktériumok növekedési faktorai, jelentősen befolyásolják azok életét és tevékenységét.

A bor összetétele. A bor különböző szervetlen és szerves anyagok, vegyületek valódi és kolloid, alkoholos-vizes oldata. A bor összetétele nem állandó, az erjedés befejeztével az újbor csak kiinduló anyag, amiből a fejlett, állóképes, palackozott bor lesz. Az állandó változások, a sokszor ellentétes irányú folyamatok még a palackozott borban is végbemennek, és bár lassúak, de folyamatosan tartanak. Az összetétel a bornak nem állandó, változatlan, hanem mindig változó, fejlődő vagy visszafejlődő tulajdonsága. A bort az alábbi főbb komponensek alkotják: víz, alkoholok, cukrok, szerves savak, fenolos vegyületek, nitrogéntartalmú anyagok, pektinek és poliszacharidok, aromaanyagok, ásványi anyagok és vitaminok.

A bor fenolos alkotórészei közül az antocianinok a szőlőben monomerként, esetenként acilezett formában vannak jelen. Hideg hatására a színanyagok molekuláris állapotból kolloidális állapotba mennek át, majd kicsapódnak. A bor tisztulásakor, tisztításakor a színanyag egy része adszorbeálódik. Az oxidációs lebomlás során a Cu^{2+}- és Fe^{3+}-ionok katalizálta folyamatokban keletkező peroxidok alkalmasak a szőlő és a bor antocianinjainak oxidatív lebontására. A mustban lévő antocianin koncentrációja az erjedés alatt csökken, és az erjedés végére az antocianinok 40%-a kicsapódik. Az antocianinok valódi oldatból kolloid állapotba mennek át, adszorbeálódnak, majd kicsapódnak a közegből. Az antocianin-koncentráció változik a vörösborok érése során is, így féléves tárolás alatt az antocianinkoncentráció átlagosan 25%-kal csökken.

Vitaminok a borban. A borból teljesen hiányoznak a zsíroldható, vagyis az A-, a D-, az E- és a K-vitamin, a vízoldható vitaminok közül pedig az aszkorbinsav, ugyanis az erjedés alatt a mustban esetleg jelen levő C-vitamin is lebomlik. Összességében elmondható tehát, hogy a bor nem jelentős vitaminforrás, kis mennyiségű vitaminjai azonban mégis fontos szerepet játszhatnak hiányos táplálkozáskor. A must kevesebb vitamint tartalmaz, mint a belőle készült bor, mert az erjedés során a mikroorganizmusok nemcsak fogyasztják, de termelik is a vitaminokat.

2.13.2. A vörösbor mint funkcionális élelmiszer

A vörösbor egészségvédő szerepe. A kutatások szerint a vörösbor kismértékű fogyasztása kedvező lehet az emberi szervezetre. Ezzel párhuzamosan felmerül a kérdés, hogy miért is funkcionális élelmiszer a vörösbor, és nem funkcionális a szőlő vagy a szőlőlé? Mediterrán országokban a szív- és érrendszeri betegségek lényegesen kisebb számban fordulnak elő, ezért összefüggést sejtenek a mérsékelt alkoholfogyasztás és a csökkent kardiovaszkuláris megbetegedések között. Az alkoholt nem fogyasztók hajlama a betegségre kicsit magasabb, mint a mérsékelt, 12-24 g alkoholnak megfelelő italt fogyasztóké.

A mérsékelt vörösborfogyasztás hatásai. A vörösbor (és benne az alkohol) alacsony dózisban megakadályozhatja a trombózis kialakulását, mert csökkenti

a fibrinogén és emeli a plazminogén koncentrációt. Visszaszorítja a vérlemezkék koagulációját, ezzel gátolja az atherosclerosis kialakulását. Növeli a protektív hatású (jó) HDL-koleszterin koncentrációját, és kismértékben csökkenteni a (rossz) LDL-t, az alkohol ugyanis indukálja a HDL-koleszterin egyik fehérjekomponense keletkezését. A másfél-három deci vörösbort fogyasztóknál 50%-kal kisebb az esély a kardiovaszkuláris megbetegedés kialakulására, a várható élettartam pedig 10-12 évvel hosszabb. A kardioprotektív hatásért a fenolos vegyületek felelősek, melyek monomer, oligomer és polimer alakban fordulnak elő. A proantocianidinek és antociánok az alkoholos erjedés alatt a héjból átoldódnak a vörösborba, és a vörösborok jellegzetes csersavas aromáját is fenolos vegyületek eredményezik. A fehérbor összes fenoltartalma 170-300 mg/l, a vörösboré 1800-4000 mg/l.

A vörösbor jótékony hatásának hátterében három kémiai folyamat található: az antioxidáns hatás, a trombocitaaggregáció gátlása és a vazorelaxáló hatás. A kardiovaszkuláris mortalitás és az elfogyasztott természetes antioxidánsok mennyisége között negatív az összefüggés, amit a vérplazma magas aszkorbinsav- és α-tokoferol-szintjével lehet magyarázni. A lipofil antioxidánsok megakadályozzák az LDL oxidációját, és a vörösborban található polifenolos vegyületek is antioxidánsként viselkednek. A boreredetű fenolos komponensek LDL-oxidációt gátló hatásúak, így a relatív antioxidáns-aktivitás szoros összefüggésben van a bor összes fenoltartalmával, és néhány monomer komponens, a galluszsav, a katechin, a miricetin, a kávésav és a rutin koncentrációjával. A vörösboroknál magasabb antioxidáns-aktivitást tapasztaltak, ami jelzi a polifenolos vegyületek antioxidáns hatását. Egy kísérletben két hétig napi 400 ml vörösbor fogyasztása jelentősen csökkentette az LDL oxidációra való hajlamát.

A fitoalexin rezveratrol fungicid hatású, mely gátolja az LDL-oxidációt, a fehérjéhez kötött antioxidáns aktivitása pedig a kvercetinével és az α-tokoferoléval azonos. A polifenolok jól kötődnek az LDL-hez, és endogén antioxidáns (C- és E-vitamin) analógokként viselkednek. A vörösbor polifenoljai szinergensek a tokoferollal és az aszkorbinsavval, melynek következtében az antioxidáns hatás erősödik. A boreredetű fenolos komponensek kedvező hatása antitrombotikus mechanizmusokon keresztül is érvényre juthat, mert a vörösbor eredetű fenolos vegyületek gátolják a trombociták és a makrofágok ciklooxigenáz és lipoxigenáz aktivitását, lassítják a trombotikus folyamatokat.

Kettő és négy hónapig tartó étrendi vörösbor-kiegészítés, a rezveratrol önmagában és magas polifenoltartalmú borhoz adagolva is csökkentette a trombocitaaggregációt, és gátolta azt a kvercetin és a rezveratrol is. A vörösbor-eredetű fenolos vegyületek a keringési rendszert, a vérerek működését is képesek befolyásolni, mert a vörösborban, a kékszőlőlében és a szőlő héjából származó kivonatban olyan komponensek vannak jelen, melyek vazorelaxáló hatásúak.

Magyarországon például a vörösborok összes polifenoltartalma 1040-3400 mg/l között van. Megállapították, hogy a vörösbor eredetű fenolos molekulák kiváló hidrogén-donor-vegyületek, melyek láncmegszakító antioxidánsként

funkcionálhatnak a lipidperoxidáció gátlásában. A borok polifenoltartalma és hidrogén-donor-aktivitása között szoros összefüggést találtak. A redukálóképesség és a polifenoltartalom között szintén szoros lineáris volt az összefüggés, így a vörösbor eredetű polifenolok, másodrendű (preventív) antioxidánsok jelenlétében a lipid hidroperoxidok bomlása következik be.

Összefoglalva a vörösbor összetevői közül kedvező hatású maga az alkohol, és a szőlőből, a bogyóból, a magból és a héjból származó fenolos jellegű molekulák. A fenolos vegyületek, változatos kémiai szerkezetükből adódóan, redoxipotenciálja eltérő, és így egymással vagy az egyéb természetes antioxidánsokkal képesek szinergista hatást kifejteni. A vörösbor-eredetű polifenolos vegyületek kedvezően befolyásolnak antioxidáns, antitrombotikus és vazorelaxáló folyamatokat. Alkoholos közegből (bor) a polifenolos vegyületek felszívódása könnyebb, mint a vizes (szőlőlé) rendszerből. A mérsékelt mennyiségű vörösbor férfiaknak napi 1-3 deci, nőknek 1-2 deci, kulturált, étkezéshez kapcsolódó fogyasztása elméletileg csökkentheti a szív- és érrendszeri megbetegedések arányát.

3. AZ ELHÍZÁS BIOKÉMIAI ALAPJAI

3.1. Bevezetés

Az elhízás akkor következik be, amikor megbomlik az anyagcsere energiabevitele és az anyagcsere energiafelhasználása közötti általános egyensúly, és a túlzott energiabevitel a szervezetet tartalékolásra, zsírképzésre és raktározásra készteti. Ez főként akkor történik meg, ha ételeink dúsak szénhidrátokban, amelyek a különböző biokémiai folyamatokban könnyen zsírrá tudnak alakulni, valamint zsírokban, amelyek sok energiát szolgáltatnak a különböző szintézisekhez a szervezetben. Ha emellett a táplálék még kevés fehérjét és rostot is tartalmaz, akkor az elhízást nehezen lehet elkerülni.

Az elhízást ezentúl kapcsolatba hozták bizonyos aminosavak koncentrációjának a szérumban történő megnövekedésével és az étrend fehérjetartalmának jellegével is. A kéntartalmú cisztein és a trigliceridek képződése között mutattak ki kapcsolatot, azonban a többi kéntartalmú aminosavat (cisztein, metionin) illetően ilyen hatásról nem számoltak be.

3.2. Energiaképződés és zsírraktározás a szervezetben

A bevezetőben említett megfigyelések az elhízás biokémiai okainak felderítéséhez vezettek, melyek alapja az adenozin-trifoszfát (ATP) átalakulása adenozin-difoszfáttá (ADP), melynek során a felszabaduló energia használódik fel a szervezetben a zsírképzésre. A sok elképzelés közül végül is az lett a legvalószínűbb, hogy amennyiben a bőséges táplálkozás nem jár együtt a kellő fizikai aktivitással, akkor nincs meg az egyensúly a bevitt és a felhasznált energia között, tehát az energia zsírtermelésre fordítódik a szervezetben.

Az elhízás során mind az adipocita sejtek száma, mind azok mérete nőhet. Ezekben a sejtekben a fő komponensek a trigliceridek és némi koleszterin, de megtalálhatók még ezen komponensek mellett a különböző fehérjék és néhány szabad állapotban lévő monokarbonsav (zsírsav) és dikarbonsav is. Az adipocita sejtek triglicerid-koncentrációjának növekedése hozható összefüggésbe az elhízással. A táplálék trigliceridjei az emésztőrendszerből közvetlenül nem szívódnak fel, hanem részben hidrolizálnak monogliceridekké, szabad zsírsavakká és glicerinné, melyek felszívódva be tudnak lépni az anyagcserébe. A testzsírok részben ezekből a metabolitokból, részben a szervezetben zajló lipogenezisből származnak, melynek során a szervezet legnagyobb részben a szénhidrátokból állítja elő a zsírok szintéziséhez szükséges alapanyagokat, tehát a testzsír

legnagyobb részének alapanyaga a szénhidrát. A szervezet energiaszükségletét meghaladó szénhidrátot zsír formájában raktározza a szervezet.

Eredetüktől függetlenül a képződött trigliceridek az adipocita sejtekben kerülnek raktározásra. Számtalan vizsgálat bizonyította, hogy a nem megfelelő, energiahiányos táplálkozás során ezek a raktározott lipidek belépnek a metabolizmusba, és energiát szolgáltatnak a szervezet számára. Energiahiányos táplálkozás során olyan speciális vegyületek jelennek meg az ember vizeletében, mint a béta-hidroxi-vajsav, az acetecetsav és az aceton, melyeket ketontesteknek neveznek. Ezek a vegyületek akkor keletkeznek, amikor energiahiányos állapotban a szervezet a testzsírokat kezdi bontani, hogy energiát szolgáltassanak a szervezetben zajló biokémiai folyamatokhoz. A mozgási energiához, az izmok működéséhez a szervezetnek glükózra van szüksége. Ezt az anyagot a táplálékkal bevitt szénhidrátokból, azok hidrolízise során nyeri a szervezet, de olyan izommű ködéssel összefüggésbe hozható vegyületekből, mint a tejsav és a glicerin is elő tudja állítani a glükózt a glükoneogenezis során. A glükoneogenezishez sok energiára van szükség, melyet a zsírok lebontásából és energia céljára történő hasznosításából nyer a szervezet.

Az előzőek miatt az izomműködés, csökkentett monoszacharid-bevitel mellett is, optimálisan fenntartható, mert a szervezet képes a trigliceridek egy részét szénhidráttá átalakítani, így a szervezet optimális glükózellátását biztosítani. A következőkben azokat a biokémiai folyamatokat tárgyaljuk, amelyek bemutatják, hogy a szénhidrátok hogyan tudnak a szervezetben átalakulni zsírrá, a zsírból hogyan tud a szervezet a glükoneogenezis során szénhidrátokat előállítani, és hogyan következik be az elhízás akkor, ha megbomlik a szervezet energiaegyensúlya, azaz több energiát viszünk be a szervezetbe, mint amennyit felhasználunk. A végső következtetés az, hogy a szervezet anyagcseréjének hibás működése vezet a nemkívánatos elhízáshoz.

3.3. Az elhízással kapcsolatos biokémiai reakciók

3.3.1. A zsírsavak és a zsírok képződése

Az elhízással kapcsolatos biokémiai reakciók magukban foglalják a zsírok lebontását és szintézisét, a szénhidrátok lebontását és szintézisét a glükoneogenezis során az ATP energiájának segítségével, mely mind a glükózból, mind a zsírsavakból képes az újraképződésre. A reakciók enzimkatalízissel mennek végbe, mely enzim fehérjéket foszforilálással vagy defoszforilálással lehet aktiválni vagy működésüket gátolni. Ennek során megváltozik az enzim szerkezete, alkalmassá válik az ATP által biztosított szabad energiával a szubsztrát befogadására és átalakítására. A lebontási és a felépítési reakciók ugyanazzal az enzimkészlettel

vagy különböző enzimekkel mehetnek végbe, és a biokémiai reakciók egymástól térben is elkülönülhetnek, melynek során egyesek a citoszolban, mások pedig a mitokondriumokban mennek végbe, és bizonyos biokémiai reakciók struktúrához kötöttek is lehetnek.

Az előzőek értelmében tehát ugyanazok a vegyületek ugyanabban a sejtben képződhetnek is és lebonthatók is. A reakciók addig folytatódnak, míg a reakció termékének koncentrációja el nem éri azt a szintet, amikor már gátlólag hathat az őt előállító enzim működésére. A gátlás addig tart, míg az enzimreakció terméke egy bizonyos szint alá nem csökken, vagy egy vagy több termék el nem hagyja a reakció helyszínét, amikor az enzim felszabadul a gátlás alól, és a reakció ismét beindul. Összefoglalásképpen tehát elmondható, hogy a reakció sebessége arányos a reagensek koncentrációjával, és a reakció megáll, ha az összes reagens koncentrációja minimális szintre csökken.

A zsírok szintézise a szervezet energiagazdálkodása tekintetében igen fontos. Az üzemanyag-tároláson túl részt vesznek a membránok felépítésében (foszfolipidek, szfingolipidek), lehetővé téve a sejtek és a sejten belüli egységek integritását. A membránlipidek is állandó bontásban és újraképződésben vannak. Az emésztőrendszerben keletkezett hosszú szénláncú zsírsavakból és a glicerinből a szervezetben a különböző biokémiai mechanizmusok hatására, enzimek katalizálásával, trigliceridek keletkeznek. Ezek a folyamatok a zsírsejtekben zajlanak le, és szintézisük addig marad stabil szinten, míg az enzimek elegendő szubsztráttal és energiával (ATP) rendelkeznek. Ebben a szakaszban az ATP energiájának segítségével a zsírsavak az enzimekhez kötődnek, kialakítva az enzim-szubsztrát komplexeket.

3.3.1.1. A zsírsavak szintézise

A másik lehetőség a zsírok szintézisére, amikor a zsírsavakat is maga a szervezet állítja elő a szervezet által elfogyasztott egyéb tápanyagokból. A zsírsavak szintézise a zsírsav-oxidációtól, a zsírsavak lebontásától szigorúan elválasztva, a sejten belül a citoszolban történik. Az eredményes szintézis feltétele, hogy citromsav és szén-dioxid legyen jelen a szintézis helyén, bár egyikük sem épül be a keletkező zsírsavba. A szintézis egészen más enzimkészlet segítségével történik, mint az oxidáció. A zsírsavak szintézise két szénatomos (C_2) egységenként történik, mely reakciósor lépéseit katalizáló hat enzim és egy hordozó fehérje a magasabb rendű szervezetekben a multifunkcionális zsírsav szintetáz komplexben található. A szintézis megindulásához acetil-koenzim-A (AcCoA), másrészt annyi malonil-CoA szükséges, ahány C_2-egység beépítése történik. A palmitinsav szintéziséhez hét C_2-egység beépítése szükséges. Az acetil-CoA-ból származó C_2 lesz a zsírsav terminális (a palmitinsavban C^{15}-C^{16}) része.

Az AcCoA az anyagcserében többféle forrásból keletkezhet: zsírsavak β-oxidációja, egyes aminosavak lebontása és jelentékeny része származhat a

glükózlebontás végtermékéből, a piroszőlősavból. Ezek a folyamatok nagyrészt a mitokondriumban zajlanak, és onnan az AcCoA nem juthat ki a citoszolba. Ha a mitokondriumban a sejt igényeit meghaladó mennyiségben keletkezik AcCoA, akkor ebből és az oxálacetátból citrát (citromsav) keletkezik. A membrán trikarbonsav-transzport rendszerének segítségével a citrát kijuthat a citoszolba, ahol az ATP-citrát liáz enzim segítségével a citrátszintézissel ellentétes folyamat játszódik le. A citromsav acetil-CoA-vá és oxálecetsavvá alakul, az előbbi pedig kész a zsírsavak szintézisére. A szintézisben a további C_2-egységek a malonil-CoA-ból származnak, ami szintén AcCoA-ból keletkezik, az acetil-CoA karboxiláz részvételével.

A hidrogén-karbonátból származó C_1-egység a malonil-CoA szabad karboxilja szénatomjává válik, és a zsírsavszintézis során eltávozik. A szén-dioxid, (HCO_3^-) bekapcsolásában az acetil-CoA karboxiláz biotin prosztetikus csoportja, karboxi-biotin intermedier képzése útján vesz részt.

Az emberi szervezetben a zsírsavak szintézisét multifunkcionális enzimfehérjék végzik. Ezek összesen hét funkciónak megfelelő területet tartalmaznak. Egy elkülönített terület feladata a keletkező és hosszabbodó zsírsavlánc lehorgonyzása a szintetázhoz mindaddig, amíg a szintézis teljesen befejeződik. Ez rendszerint 16 szénatomból álló egységet jelent. A zsírsavlánc meghosszabbítása a mitokondriumokban folyik tovább. A horgony, az acilhordozó fehérje (ACP), a komplexnek egy kb. 10 kD-nak megfelelő szakaszára terjed ki. A szekvencia 36. helyén egy szeril-oldallánc található, amelyhez egy foszfo-pantetein kapcsolódik, aminek felépítése a CoA-ra emlékeztet. Szabad szulfhidril csoportjához tioészter-kötéssel kapcsolódik a szintézis egyik prekurzora, a malonát, majd a növekvő zsírsavlánc.

A további hat szakasz a szintézis egy-egy átalakulási lépésének megfelelő katalitikus aktivitást hordozza. Emberben mind a hét szakasz egy láncban lokalizálódik, és 2-2 egymással fej-farok illeszkedési pozícióban elhelyezkedő polipeptidlánc (dimer) alakít ki egy funkcionális egységet, bár külön-külön is tartalmazzák a szintézis összes lépéséhez szükséges feltételeket.

A szintézis azzal indul, hogy a két prekurzor, az AcCoA és a malonil-CoA kapcsolódik az acetil-transzferázhoz (AT), illetőleg a malonil-transzferázhoz (MT). Ezután a malonilcsoportot a transzaciláz az ACP-re viszi át, az acetilcsoport pedig a láncon belüli β-keto-acil szintetáz (KS) ciszteinil oldalláncához kapcsolódik. A két acilcsoport kondenzációja energiaigényes. A szabadenergia-csökkenést, egyúttal a reakció irreverzibilis voltát az biztosítja, hogy a malonil- és az acetilcsoport egyesülésekor szén-dioxid lép ki, ami megfelel annak, ami az acetil-CoA karboxiláz reakció során beépült, hogy az acetil-CoA-ból malonil-CoA keletkezzék.

Végeredményben tehát acetoacetil-S-ACP keletkezik. A következő lépések sok tekintetben emlékeztetnek a zsírsav-oxidációra. A szintézis első lépését a β-keto-acil-ACP reduktáz hatására a keto-acil-származék β-hidroxi-butiril-származékká alakulása

követi. A szintézis redukciós reakciójában hidrogéndonorként a $NADPH+H^+$ vesz részt. A keletkező hidroxiszármazék D-izomer, míg az oxidáció analóg lépésében L-izomer keletkezik. A zsírsavszintézisben felhasznált $NADPH+H^+$ nagyobb része a citoplazmatikus izocitrát-dehidrogenáz, másik része a malát-dehidrogenáz enzim működése révén keletkezik. Az intenzív zsírsavszintézist folytató szövetekben (zsírszövet, máj, tejmirigy) a foszfoglükonát útvonalon keletkező $NADPH+H^+$ is hozzájárulhat a $NADPH+H^+$-pool feltöltéséhez.

Az első redukciós lépést a dehidratáció követi. A víz kilépését az enoil-ACP hidratáz katalizálja. A telítetlen kötés redukcióját ismét $NADPH+H^+$ felhasználásával az enoil-ACP reduktáz biztosítja, és végeredményben butiril-S-ACP keletkezik. Ezzel befejeződik az első C_2-beépítési ciklus. A redukciós lépés különbözik az oxidációs folyamat analóg lépésétől, ahol a hidrogénátvitel a redukált flavoproteinről történik. A $NADPH+H^+$–$NADP^+$ redoxpár standard redoxpotenciálja negatívabb, mint a flavoprotein rendszeré, részvétele tehát előnyösebb a reakcióban, és inkább kedvez a kettős kötés telítésének.

A butiril-S-ACP keletkezését újabb malonil-S-CoA kapcsolódás követi a zsírsav-szintetáz komplexhez, majd az elmondottakhoz hasonlóan redukciós, dehidratációs és újabb redukciós lépések után újabb C_2-egység épül a keletkező zsírsavláncba. Palmitinsav kialakulásához 7 ciklus szükséges, melynek eredményeként palmitoil-S-ACP keletkezik, amit vagy a tioészteráz enzim hasít le, és palmitinsav keletkezik, vagy az ACP-ről a CoA-ra tevődik át, vagy közvetlenül bekapcsolódhat a foszfatidsavak szintézisébe trigliceridek és foszfolipidek szintézisének prekurzoraként.

Az emberben a multifunkcionális zsírsav-szintetáz működése a palmitinsav keletkezésével befejeződik, és már a sztearinsav sem ennek a mechanizmusnak az útján keletkezik. Úgy tűnik, hogy a multifunkcionális enzim csak bizonyos zsírsavlánc-hosszúságig létesíthet a szubsztráttal kapcsolatot, és valószínű, hogy a palmitoil-CoA az enzimkomplex feed-back inhibitora.

A zsírsavak szintézise és a lebontás közötti különbségek az alábbiak. A szintézis a citoszolban, a lebontás pedig a mitokondrium-mátrixban történik. A szintézis intermedierjei szorosan kötődnek a szintetizáló rendszerhordozó fehérjéhez, míg a lebontás intermedierjei a CoA-val kapcsolódnak. A szintézis enzimkészlete multifunkcionális zsírsav-szintetáz, a lebontó enzimek viszont egymástól függetlenek. A zsírsavlánc C_2-egységenkénti növeléséhez C_3-prekurzor és malonil-CoA szükséges, és a lánchosszabbítást minden egyes ciklusban szén-dioxid felszabadulása biztosítja. A szintézisben $NADPH+H^+$ a hidrogéndonor, míg a lebontásban a FAD és NAD^+ a hidrogénakceptor. A zsírsav-szintetáz működése a C_{16} (palmitát) képzésével megszűnik, a további lánchosszabbítást, esetleg a kettős kötések kialakítását más enzimek végzik. A lebontás során L-hidroxi-intermedier keletkezik, míg a szintézisben D-hidroxi-származék alakul tovább.

3.3.1.2. A hosszú szénláncú zsírsavak szintézise

A palmitinsav prekurzora a hosszabb szénláncú és a telítetlen zsírsavaknak is. A lánchosszabbítás a mitokondriumokban a zsírsav-oxidációval analóg módon történik; a lánc a karboxil végén növekszik tovább C_2-egységenként egy-egy acetil-CoA felhasználásával. Az egy telítetlen kötést tartalmazó zsírsavak (olajsavak) közül a természetben a palmitinsav és a sztearinsav származékai, a palmitoleinsav és az oleinsav fordul elő legnagyobb mennyiségben. Mindkettőben n9-helyzetű cisz-konfigurációjú kettős kötés van. Keletkezésüket specifikus monooxigenáz teszi lehetővé úgy, hogy a molekuláris oxigén két elektronpárral reagál, melyek közül az egyik a zsírsavról, a másik a $NADPH+H^+$-ról származik. Többszörösen telítetlen zsírsavak (linolsav, linolénsav, arachidonsav) előállítására az ember nem képes, ezeket a táplálék útján kell megszerezni.

3.3.1.3. A gliceridek (zsírok) keletkezése

Az acil-glicerin keletkezéséhez szükséges mindkét prekurzor, a zsírsav is és a glicerin-foszfát is a piruvát prekurzorra vezethető vissza. Ebből következik, hogy a szervezet gyarapodása, elhízása végeredményben a túlzott szénhidrátfogyasztás következménye. A piruvát elsődlegesen a szénhidrátok anaerob lebontásából keletkezik. A glikolízis végeredményeként termelődő piruvát AcCoA-vá alakul, citrátként a citoszolba jutva belép a zsírsavszintézisbe. A glikolízisből származik emellett az acil-glicerin szintézis másik prekurzora, a glicerin-foszfát is.

A zsírsavaknak csak elenyésző mennyisége marad meg szabad állapotban; nagy többségük kétfajta glicerinszármazékká alakul: zsírraktárakat képező trigliceridekké, vagy a membránok felépítésében részt vevő foszfo-gliceridekké. A trigliceridek (neutrális zsírok) nagyobb mennyiségben a májban és a zsírszövetekben keletkeznek. Jelentékeny mennyiségű zsírreszintézis folyik a bél hámsejtjeiben is a reszorbció folyamán. A zsírszintézishez az emberben kétféle prekurzor, a glicerin-3-foszfát és a zsírsavak CoA-származékai szükségesek.

A zsírok keletkezéséhez először a glicerin-3-foszfát két szabad hidroxilcsoportja zsírsav-CoA-val acilálódik. Egy hidroxilcsoport acilálódása következtében lizofoszfatidsavak, kettő reakciója után foszfatidsavak keletkeznek, melyek egyaránt prekurzorai a triglicerideknek és a foszfoglicerideknek is. A reakció leginkább a C_{16} és C_{18} telített vagy telítetlen származékokkal játszódik le.

A foszfatidsavak szabad állapotban csak igen csekély mennyiségben fordulnak elő, ugyanis foszfatidát foszfatáz hatására a C^3-atomon lévő foszfátcsoport hidrolizál, és a szabaddá váló hidroxilcsoport diacil-glicerin acil transzferáz révén reagál a harmadik zsírsav-CoA-val.

Hasonló folyamatok játszódnak le a bélben is a zsírok felszívódásakor. A trigliceridek hidrolízise következtében a bélben 2-monogliceridek keletkeznek, melyek a palmitoil-CoA felhasználásával acil-glicerin palmitoil-transzferáz

hatására közvetlenül digliceriddé, majd trigliceriddé alakulhatnak. A neutrális zsírok többségében a glicerinhez többféle zsírsavrész kapcsolódik, melynek során kevert trigliceridek keletkeznek. Nem ismert, hogy a különféle zsírsavak kapcsolódásának rendjét milyen tényezők szabják meg.

3.3.2. A szénhidrát- és a lipidanyagcsere kapcsolata

A táplálékkal felvett anyagok lebontása, a szervezet energiaigényének kielégítése és a sejtek, szövetek szerkezeti elemeinek felépítése egymással, akár a közös prekurzorok révén, akár a közös ellenőrzési pontokban érvényesülő szabályozás útján, számos ponton kapcsolódik. Ezek teszik lehetővé, hogy a metabolit-poolok mindig a pillanatnyi aktuális igényeket elégítsék ki, és így a szervezet számára a lehetőségek szerint optimális feltételeket biztosítsanak. A szénhidrát- és lipidanyagcsere közötti elsődleges kapcsolatot a citrát létesíti. Ennek forrása a több ponton ellenőrzött glikolízis végtermékeként keletkező piruvát, ami AcCoA-vá alakulva, oxálacetáttal való kondenzáció útján biztosítja a citrát keletkezését.

Mérsékelt táplálkozás esetén a keletkezett citrát lebomlása a terminális oxidációval együttműködve a sejt energiaigényének kielégítését biztosítja. Emellett a glikolízisben a piruvát, a citrátkörben az oxálacetát, az α-keto-glutarát, a szukcinát és a fumarát a folyamatokat az aminosav-anyagcseréjével kapcsolja össze.

Igen bőséges táplálkozás esetén egészséges szervezetben a keletkező citrát mennyisége meghaladhatja a citrátkör feldolgozási kapacitását, és a felesleg kijut a citoplazmába. A citoplazmába jutott citrát AcCoA-vá alakulva a zsírsavszintézis prekurzora lehet, de bekapcsolódhat a ketontestek képzésébe is. A keletkező ketontestek jó része egészséges szervezetben a keringéssel a perifériákra jutva oxidálódik, és az energiatermelés üzemanyagaként használódik fel. Egy részük viszont a szteránvázas vegyületek szintéziséhez szolgáltat prekurzort. Ha ketontest-túltermelés folyik, a fel nem használt termékek egyrészt a vizelettel, másrészt a tüdőn át kilélegezve távoznak.

3.3.3. A nem hidrolizáló lipidek bioszintézise

Az élővilágban igen nagyszámú és változatos felépítésű lipid található, amely nem hidrolizálható több összetevőre. Egyik csoportjuk közös vonása, hogy szteránvázat tartalmaz. A szteránvázas vegyületek tipikus képviselője a koleszterin. Az 1940-es évek elején megállapították, hogy a koleszterin minden szénatomja acetátból származik, amely felfedezés a koleszterinszintézis felderítésének első lépése volt. Ezt követően megállapították azt is, hogy a koleszterin keletkezésének egyik intermediere egy nyílt láncú izoprénszármazék, egy triterpén, azaz a szkvalén. A szkvalénben hat izoprenilegység kapcsolódik egymáshoz. [Az izoprénegységeknek az élővilágban sok másféle biológiai szempontból alapvető anyag (karotinoidok, CoQ) keletkezésében van szerepe, amelyek az alapfolyamat

során létrejövő prekurzorokból keletkeznek.] A koleszterin-bioszintézis utolsó szakasza rendkívül bonyolult: itt történik meg a gyűrűzáródás, a hidridvándorlás, a metilvándorlás és a telítetlen kötések telítődése.

Az emberben a koleszterin nagyobb része, a C^3-atomon lévő hidroxilcsoport részvételével, hosszúláncú zsírsavakkal észterifikált alakban fordul elő. A májban a koleszterin szintézisét a táplálékkal felvett koleszterin és az éhezés egyaránt csökkenti, mivel visszaszorul a β-hidroxi-β-metil-glutaril-CoA reduktáz szintézise. A szintézis inhibitora nem ismert, bár feltételezik, hogy az epesavak, a koleszterintartalmú lipoproteinek vagy egyéb specifikus fehérjék gátolják az enzim szintézisét.

Viszonylag sok koleszterin keletkezik a májban, sok található az agyban és az idegrendszerben is. Koncentrációja a vérben 1,7 g/dm^3, melynek 2/3-a jobbára telítetlen zsírsavakkal van észteresítve. A vérben lévő koleszterin mennyisége függ a diétától, de a kor előrehaladtával is nő. Szállítása a kis sűrűségű (LDL) lipidfrakcióhoz kötődik, ahonnan a sejtekbe endocitózis útján jut be, és a savas lipáz bontja koleszterinre és savrészre. Ha a sejtek felületén hiányzik a megfelelő LDL-receptor, a vérből nem történik meg a koleszterinészter felvétele, hiperkoleszterinémia alakulhat ki, ami az artériák keményedését okozhatja, és elősegítheti az arterioszklerózis kifejlődését. A koleszterinnek a táplálékkal felvett zsírok emulgeálásában detergensként részt vevő származékai, az epesavak a májban keletkeznek, az epehólyagban tárolódnak és a vékonybélbe ürítődnek. A zsírok emésztése után csaknem 90%-uk reabszorbeálódik az enterohepatikus cirkuláció útján.

3.3.4. Lipogenezis az embernél

Az emberi szervezetben a zsírképződés és a zsírraktározás az élelmiszerből felvett zsírok átalakulás nélküli lerakódásából és a tápanyagok transzformációjából történhet, mely folyamatra a de novo lipogenezis vagy a de novo szintézis kifejezést használjuk. A zsírszintézis a szervezetben három helyen, a májban, a zsírszövet sejtjeiben és a tejmirigyekben folyik, de emellett az agyban, a vesében és a tüdőben is van kismértékű zsírképződés. Az emberre az a jellemző, hogy a zsírsavak túlnyomó többsége a májban képződik, és a véráram útján jut a tároló szövetekbe. A máj csupán 3-4% zsírt tartalmaz, és tevékenysége jobbára csak az életfontosságú lipoidok előállítására korlátozódik. A szervezet zsírtartalékai a zsírsejtekben képződnek, az itt tárolt zsírok azonban a májban, a tejmirigyben és az izmokban használódnak fel, ahova szabad zsírsavak formájában szállítódnak.

A lipogenezis alapanyaga az embernél a fölöslegben bevitt szénhidrát. Az inzulintermelést a szénhidrátok bősége serkenti, ami megindítja a lipogenetikus folyamatokat. A zsírsejtek glükózbontásában a pentóz-foszfát ciklus a domináns, amely biztosítja a zsírsavképződéshez szükséges hidrogént, a redukáló erőt. Ez a folyamat a citoszolban megy végbe ott, ahol a zsír is tárolódik. Az ember májában

és tejmirigyében a glükóz a glikolízis, majd a citrátkör útján hasznosul. A mitokondriumban képződött acetil-CoA csak oxálecetsavval citromsavvá alakulva tud kijutni a citoszolba, ahol a citrát liáz enzim hatására acetil-CoA-vá alakul, lehetővé téve a zsírképződést. Ennek a lipogenetikusnak is nevezett enzimnek a képződését a glükóz hiánya gátolja, ugyanis glükóz hiányában a piruvátkináz termelése növekszik, ami serkenti a glükoneogenezist. Az aktivált ecetsavból történő zsírsavszintézis a korábban leírtaknak megfelelő mechanizmus szerint megy végbe.

3.3.5. A zsírok bioszintézisének összefoglalása

A telített zsírsavak bioszintézise lényegét tekintve sokban emlékeztet a lebontásra, minthogy a zsírsavlánc hosszabbítása C_2-egységenként történik. A folyamat nem a mitokondriumban, hanem a citoszolban folyik, a zsírsavlánc teljes elkészültéig a szintetáz komplexben lévő ACP-hez kötve. A C_2-egység beépülését malonil-CoA, C_3-prekurzor keletkezése előzi meg. A redukciós lépésekben a $NADPH+H^+$ a hidrogéndonor. A folyamat a zsírsav-szintetáz közreműködésével C_{16}-zsírsav (palmitinsav) keletkezéséig halad, a további hosszabbítás a mitokondriumokban más módon történik. A telítetlen zsírsavak a telítettekből $NADPH+H^+$ igényes monooxigenázok működése révén alakulnak ki. Az emberi szervezet legfeljebb egy telítetlen kötést tartalmazó származékok kialakítására képes. A többszörösen telítetlen zsírsavak ezért az ember táplálékában esszenciális anyagok.

Szabad zsírsavak az emberi szervezetben csak jelentéktelen mennyiségben találhatók, inkább trigliceridek, illetőleg poláros lipidek formájában fordulnak elő. A neutrális zsírok és a foszfolipidek keletkezésének közös prekurzora a glicerin-foszfát, amiből két acilcsoport felvételével foszfatidsav keletkezik. Ebből egyaránt keletkezhetnek foszfolipidek, vagy a foszfátcsoport lehasadása után neutrális zsírok. A foszfolipidek szintézisét nagy energiájú származék (CDP-diacil-glicerin, CDP-kolin) előzi meg, mely alak alkalmas arra, hogy kapcsolódjék az alkoholkomponenssel.

A szteránvázas vegyületek – melyek négy kondenzált gyűrűt, hosszabb-rövidebb szénláncot és egyéb szubsztituenseket tartalmaznak – alapvegyülete a koleszterin. Ebből alakulnak ki bonyolult reakciók során a különféle biológiailag hatékony származékok: az epesavak, a mineralo- és a glükokortikoidok, az androgének, az ösztrogének és a D-vitamin aktív formája. A lipidek anyagcseréje sokoldalúan kontrollált, a lipidmobilizációt a tároló sejtekből a hormonszenzitív lipáz indítja meg; a lipidtárolást viszont a táplálékkal felvett szénhidrátok mennyisége növelheti.

3.4. Az aminosavak és a zsírmetabolizmus kapcsolata

Az aminosavak három lényeges feladatot töltenek be a szervezetben: a szervezet fehérjéinek építőkövei, energiaforrások, a glükoneogenezis útján glükózzá alakulhatnak, vagy AcCoA alakjában beléphetnek a citrátkörbe, ezen túl változatos funkciójú anyagok, hormonok, porfirinek, purinok, pirimidinek, koenzimek, alkaloidok prekurzorai. Ebben a részben annak bemutatásával foglalkozunk, hogy az emberi szervezetben lejátszódó folyamatok mennyire összetettek, és hogy nagyon nehéz úgy beavatkozni a szervezetben zajló eseményekbe, hogy azzal ne kockáztatnánk valamilyen káros folyamat beindulását.

3.4.1. Az aminosavak lebomlásának közös reakciói

Az aminosavak katabolikus átalakulását multienzimrendszerek teszik lehetővé. Az α-szénatom szubsztituenseinek lehasítása közös kémiai mechanizmussal történik. Az aminosavak szénláncának katabolizmusa a citrátkör útján valósul meg, amihez előbb az NH_2-csoportot el kell távolítani. Az aminocsoport eltávolítása az emberi szervezetben a májban és a vesében történik transzaminálás vagy oxidatív dezaminálás segítségével. A lehasított NH_2-csoportot az ember karbamid, húgysav vagy ammónium-ion alakban üríti. Az aminosavak lebontásakor az NH_2-csoport nem minden esetben ürül ki a szervezetből. Az aminosavak egy ketosavval másik aminosavat képezhetnek, miközben maguk ketosavvá alakulnak.

3.4.2. Az aminosavak szénláncának lebomlása a trikarbonsavciklusban

A szervezet fehérjét csak aminosavakból képes felépíteni, ezért az aminosavakat fehérjeszintézisre tartalékolja, és energiaforrásként csak akkor hasznosítja, ha az aminosavak egy része felesleges a fehérjeszintézisben, illetve ha az ember más úton nem jut elegendő energiához. Az aminosavakban tárolt energia hasznosítását megelőzően azokat transzaminálással vagy oxidatív dezaminálással dezaminálni kell, a keletkezett ammóniát pedig karbamid vagy húgysav formában detoxikálni szükséges. A dezaminálás után visszamaradó szénlánc a citrátkörben hasznosul; az oda történő belépés helye az aminosav szénláncától függ.

Az aminosavak szénlánca szinte teljes egészében a trikarbonsavciklus útján alakul át végtermékké, szén-dioxiddá és vízzé. A 20 fehérjealkotó aminosav egyedi, egyszerűbb-bonyolultabb úton válik a ciklus intermedierévé. A különböző aminosavak különböző helyeken lépnek be a citrátkörbe. A fehérjéket a fehérjebontó enzimek hidrolizálják aminosavakká, melyek lebontásakor az első lépés az aminocsoport eltávolítása transzaminálással vagy dezaminálással. Az aminocsoport vagy közvetlenül más aminosavak képzésében vesz részt transzaminázok segítségével, vagy a dezaminázok ammóniává alakítják. Bőséges

fehérjetáplálkozás esetén a vizelet összes nitrogéntartalma megnő, mert a feleslegben lévő aminosavak szénvázát a szervezet energiatermelésre használja fel. Éhezéskor ugyancsak megemelkedik a vizelet karbamidtartalma, mert a szervezet saját fehérjéit hasznosítja energiatermelésre, illetve szénhidrátképzésre.

3.5. Glükoneogenezis

3.5.1. Glükoneogenezis piruvátból

Az autotrof és heterotrof szervezetekre egyaránt jellemző, hogy piruvátból glükózt képeznek. A glükóz keletkezésének egyik lehetősége a glükoneogenezis, a glükózlebontással ellentétes folyamat. A szintézis a glikolízis útvonalát követi ott, ahol a katabolikus reakcióban nem nagy a szabadenergia-csökkenés, azaz ahol a reverzibilis lépések játszódnak le, egyébként kerülőútra van szükség, hogy a szintézis termodinamikailag kedvező feltételek között haladhasson.

A glükoneogenezis igénye például intenzív izommunka esetén merülhet fel. A tartósan intenzíven működő izom nem kielégítő oxigénellátása következtében a glükóz nagy részét piruváttá bontja le, ami elegendő mennyiségű oxigén hiányában nem képes bekapcsolódni a citrátkörbe, ezért laktáttá (tejsavvá) redukálódik. A laktát a vérárammal a májba jut, és a glükoneogenezis segítségével glükózzá alakul. Ez visszajut az izomba, ahol újabb glikolitikus átalakulás szubsztrátjaként energiaszolgáltatásban vesz részt. Így az izom és máj között a glükóz–laktát–glükóz átalakulások során körfolyamat alakul ki.

A glükoneogenezis szabályozásának két fontos pontja van: az elsődleges szabályozás a piruvát karboxiláz allosztérikus regulációja útján érvényesül, aminek acetil-CoA a pozitív effektora. Ha a mitokondriumokban a szükségletnél nagyobb mennyiségű AcCoA keletkezik, a glükóz keletkezése növekedni fog. A második ellenőrző pont a hexóz difoszfát foszfatáz működése, amit a citrát és a 3-foszfoglicerát fokoz, az AMP viszont gátol. A piruvát–glükóz útvonalat tehát mind az üzemanyagok, AcCoA és a citrát, mind az energiatöltöttség (ATP/ADP+AMP)) hatékony kétoldalú ellenőrzés alatt tartja.

3.5.2. Glükoneogenezis egyéb forrásokból

A piruvát és a foszfo-enolpiruvát nem csupán a glikolízis útvonalon keletkezhet, hanem az aminosavak szénvázának egy része is bekapcsolódhat a glükoneogenezisbe. Növények csírázó magvaiban a zsírsavak lebomlási termékeiből is keletkezhet szénhidrát. A trikarbonsavciklus intermedierei közül az oxálacetát a foszfo-enolpiruvát karboxiláz enzim közreműködésével közvetlenül foszfoenolpiruváttá alakulhat, így az oxálacetát közvetítése útján a trikarbonsavciklus

bármely intermedierjének három szénatomja szénhidrátszintézisre használódhat fel. Az oxálacetát négy szénatomjából az egyik karboxilcsoport és a két közbülső szénatom épül be a szénhidrátba. A trikarbonsavciklus intermedierjeiből történő glükózszintézis mennyiségileg igen jelentős lehet.

Minthogy az aminosavak szénváza részben vagy teljes egészében a trikarbonsavciklus közreműködésével bomlik le, ebből értelemszerűen következik, hogy ezek is bekapcsolódhatnak a glükoneogenezisbe (glükogén aminosavak). Legegyszerűbben az alanin, az aszparaginsav és a glutaminsav léphet be a folyamatba úgy, hogy transzaminálás révén α-ketoglutársavvá, oxálecetsavvá, illetve piroszőlősavvá alakul. A leucin és a lizin lebomlásának végső terméke az AcCoA, melyek nem alakulhatnak piruváttá az emlősök szervezetében, belőlük ketontestek keletkeznek. Ezért a leucint és a lizint ketogén aminosavaknak nevezzük. Az aminosavak harmadik csoportjában a szénváz egy része a glükoneogenezisben alakul tovább, másik részéből pedig ketontestek keletkeznek (glükogén és ketogén aminosavak). Összefoglalva tehát a glükogén aminosavakhoz tartoznak: alanin, arginin, aszparaginsav, aszparagin, cisztein, glutaminsav, glutamin, glicin, hisztidin, metionin, prolin, szerin, treonin, triptofán és valin. Ketogén aminosav a leucin és a lizin, míg glükogén és ketogén aminosavak a fenilalanin, az izoleucin és a tirozin.

3.5.3. Glükoneogenezis az embernél

A glükóz az agy és idegsejtek egyedüli, a méhben fejlődő magzatnak pedig legfontosabb energiaforrása, valamint a tejcukorképződésnek is az alapja. A glükoneogenezis feladata, hogy más anyagok felhasználásával fedezze az ember glükózszükségletét, és akkor is elégítse ki azt, amikor koplalnak, vagy a táplálékkal nem jutnak elegendő glükózhoz.

A legfontosabb glükóz-prekurzorok a Cori-körben glükózzá alakuló tejsav és a glicerin, míg a propionsav és a glükoplasztikus aminosavak csak a citrátkör közvetítésével tudnak részt venni a glükóz-újraképződésben. A citrátkörben a glükoneogenezis kulcsvegyülete az oxálecetsav, mely a citrátkörből kilépve foszfo-enol-piruváttá alakul. E folyamatnak az energiaigénye nagy, ATP felhasználásával csak biotintartalmú enzim közvetítésével megy végbe, ezért a biotinhiány a glükóz képződésének leállását eredményezi.

A propionátból kiinduló glükoneogenezis lényegesen jobb hatásfokkal megy végbe, mint az aminosavból történő, mert ezt a folyamatot nem terheli a dezaminálás és a karbamidképződés energiafelhasználása. A koplaló ember a glikogén tartalékainak kimerülése után csak a testfehérjéinek elbontása során jut glükózhoz, de az aminosavak szénláncától függően nem mindből és nem egyforma mértékben tud glükózt előállítani. Ecetsavból, függetlenül attól, hogy szénhidrátból vagy zsírbontásból származik, nem képződhet glükóz, sőt a glükoneogenezis okozta viszonylagos oxálecetsav-hiány gátolja az ecetsav elégését a citrátkörben,

és az aktív acetát felszaporodása ketózishoz vezethet. A glükoneogenezis színhelye a máj, de kismértékben a vesében is végbemehet. A glükoneogenezist a mellékvesekéreg glükokortikoid hormonja indítja meg.

3.6. Képződhet fehérjéből zsír az emberi szervezetben?

Normál körülmények között az emberi szervezet az aminosavakat aminosavként építi be saját fehérjéibe, és más fontos, biológiailag aktív anyagaiba. Optimális energia-, szénhidrát- és fehérjeellátás esetében az elfogyasztott fehérjéből nagyon ritkán képződik glükóz, a citromsavciklus is fel tudja dolgozni a tápanyagokat, és nincs szükség arra, hogy a felesleget a citromsav-körfolyamatból citromsav formában kijuttatva, zsírképzésre használja fel. Az optimálisat meghaladó fehérjeellátás esetén, vagy ha a fehérje nem a szükséges aminosavakat tartalmazza megfelelő mennyiségben és arányban, akkor egyrészt az aminosavak szénváza glükózzá alakulhat, melynek glikolízisben keletkezett bomlástermékei a zsírsavszintézis prekurzorai lehetnek, másrészt ha a mitokondriumból citrát formában kilép a citoszolba, az aminosavak szénváza acetilcsoporttá alakulva ugyancsak részt vehet a zsírsavak szintézisében.

4. AZ ELHÍZÁS GENETIKAI ALAPJAI

4.1. Bevezetés

Az elhízás egy olyan globális egészségügyi probléma, amely a világ minden fejlett és fejlődő országában jelen van. Az elhízás ma már világjárványnak, egy olyan heterogén rendellenességnek tekinthető, amelynek biológiai okai rendkívül összetettek. Az elhízás pervalenciájának (a betegség összes létező esetének száma egy meghatározott időpontban, egy adott populáción belül), előfordulási gyakoriságának az elmúlt évtizedekben bekövetkező gyors növekedése olyan társadalmi változásoknak köszönhető, mint a mozgásszegény életmód, a bőséges, esetenként túlzott táplálkozás, de hogy ezek hatására az egyén elhízik-e vagy sem, azt nagymértékben befolyásolják a genetikai tényezők. A kutatások szerint az elhízás erősen öröklődő rendellenesség, amelynek molekuláris okait már nagy részben tisztázták. Megállapították, hogy kilenc lokusz vesz részt az elhízás mendeli formáiban, 58 lokusz hozzájárul a poligénes elhízáshoz, és vannak olyan ritka gének és változatok, amelyek biztosan az elhízási folyamathoz társíthatók.

[A gének olyan nukleinsav-szakaszok a DNS-ben vagy az RNS-ben, amelyek a szervezet működését és növekedését befolyásoló fehérjék szabályozásához és előállításához szükséges információkat tartalmazzák. A géneket szüleiktől öröklik az utódok a szaporodási folyamat során. A lokusz vagy génhely a gén vagy egyéb fontos szekvencia helyét jelenti a kromoszómán vagy a genetikai térképen. A lokuszt a gén bármelyik allélja elfoglalhatja, így a diploid vagy poliploid sejtek lehetnek homozigóták (egy adott lokuszon minden kromoszómán ugyanaz az allél van) vagy heterozigóták (egy adott lokuszon eltérő allélek vannak). Megváltozásuk, mutációjuk révén nemcsak a gének, hanem a genomot alkotó más elemek lokusza is megállapítható.]

Az elhízást okozó gének többségének felfedezése még várat magára, azonban olyan ígéretes technológiák, módszerek állnak már a kutatók rendelkezésére, amelyek a közeljövőben áttörést jelenthetnek az elhízás öröklődésének a felderítéséhez. Az elhízás genetikai alapjainak tisztázása után fel lehet tárni azokat az okokat és ok-okozati összefüggéseket, amelyek az elhízást segítik, és végső soron lehetőség lehet ezen betegség gyógyítására is olyan gyógyszerek kidolgozásával, amelyek ellensúlyozni tudják az elhízást okozó gének működését, ezért meg tudják akadályozni az elhízás kialakulását.

1980 óta az átlagos testtömegindex (BMI) a 20 éves és idősebb felnőtteknél a világon mindenütt évtizedenként 0,4-0,5 kg/m^2-rel nőtt, és 2008-ban 502 millió felnőtt számított kövérnek, akiknél a BMI elérte vagy meghaladta a 30 kg/m^2-t. 1990-ben a gyermekeknek még csak 4,2%-a számított túlsúlyosnak, ami 2010-re 6,7%-ra nőtt, és 2020-ban elérte a 9,1%-ot. Mind a felnőttkori, mind

a gyermekkori elhízás a föld minden részén megtalálható, tehát ez a globális egészségügyi probléma fokozatosan a világ minden földrészét érinti vagy érinteni fogja.

A csecsemőkorban tapasztalható gyors tömeggyarapodás és az ennek következtében előálló túlsúly növelheti az ember későbbi elhízási kockázatát. Egyre több az elhízott gyermek, akik olyan, felnőttkorra jellemző betegségekben szenvedhetnek, mint a 2-es típusú cukorbetegség, a nem alkohol okozta zsírmájbetegség, az alvási apnoe és a magas vérnyomás. (Az alvási apnoe légzéskimaradás alvás közben, amiről az egyén nem is tud. A centrális apnoe esetén az agy nem ad ki légzési parancsot, ami elsősorban szívbetegeknél fordul elő, míg az obstruktív apnoe esetében a garat záródik el.)

Az elhízáshoz kapcsolódó betegségekről ma úgy gondolják, hogy jelentős mértékben megrövidítik a páciensek életkorát. Mivel az elhízással összefüggő betegségek előfordulása a felnőttek és a gyermekek körében is növekszik, az elhízás-járvány kezelését a fejlett országokban kiemelten kell végezni, és mindent meg kell tenni az elhízás megelőzéséért.

A gyermekkori elhízás környezeti okai magukban foglalják az egészségtelen, energiában és szénhidrátokban dús étrendet és a kellő fizikai aktivitás hiányát, a méhen belüli cukorbetegség kialakulásának lehetőségét, a terhesség alatti fokozott tömeggyarapodás következtében kialakuló nagyobb születési tömeget, a szoptatás rövidebb idejét és a nagy energiájú csecsemőtápszerek hatására a csecsemők gyorsabb tömeggyarapodását. Az elhízás azonban nemcsak a számos környezeti kockázati tényező hatására alakulhat ki, hanem az jelentős mértékben a genetikai hajlam eredménye is lehet. Az elhízáshoz vezető összes tényező felderítése, a köztük lévő kölcsönhatások megismerése segítheti az elhízás elleni célzott és hatékony terápiák kialakítását.

4.2. Az elhízás genetikai alapja

4.2.1. Az elhízás mint örökletes rendellenesség

Az elhízás családi kórtörténete, a szülők és nagyszülők között előforduló elhízás jó előjelzője lehet a gyermekkori elhízás valószínűségének. A gyermek elhízásának kockázata 2,5-4,0-szer nagyobb, ha csak az egyik szülőjük elhízott, és tízszeres a kockázat, ha mindkét szülő elhízott, összehasonlítva azzal az esettel, hogyha mindkét szülő normál tömegű. Az egyén elhízásának családi kockázata, ha az első fokú rokon elhízott, összehasonlítva a népesség azon egyedeivel, akiknek csak normális testtömegű első fokú rokonai vannak, az elhízás súlyosságától függően 1,5-5,0-ször nagyobb. A családban az elhízással kapcsolatos hasonlóság a közös környezettel, illetve a genetikai tényezőkkel egyaránt magyarázható.

A korai elhízás okainak vizsgálata során a gének specifikus hatását ikrek, illetve ikercsaládok esetében is vizsgálták.

1977-ben 250 monozigóta (a genom 100%-a közös) és 264 dizigóta (a genom 50%-a közös) idős férfi ikerpáron tanulmányozva a súllyal, elhízással kapcsolatos összefüggéseket megállapították, hogy az elhízásra elsősorban a genetikai tényezők vannak hatással. A kutatásokat 1986-ban több mint 4000 monozigóta és dizigóta ikerpárban elvégezve a genetikai hatás elsődlegességét megerősítették. A testtömegindex (BMI) öröklődési értékeit 20 éves korban h = 0,77-nek, 45 évnél pedig h = 0,84-nek találták, ami nagyon szoros összefüggést jelent. A populációban a fenotípusos változások örökölhetőségének eltérését az egyének genetikai variációjának tulajdonították. (A fenotípus az egyed fizikai megjelenését jelenti, melyet a genotípus, vagy az egyed kromoszómáin hordozott allélek határoznak meg. A fenotípus sok géntől és környezeti hatástól függ, de nem minden allél jelenlétéből lehet következtetni a fenotípusra. A genotípus az egyed genetikai felépítése, mely információkat a DNS hordozza, ami az egyed fenotípusát kódolja.)

Az örökbe fogadott gyermekekkel végzett kísérletek során megállapították, hogy azok testtömege szoros összefüggésben volt biológiai szüleik BMI-jével, míg örökbe fogadó szüleik BMI-jével kapcsolatban semmiféle összefüggést nem tudtak kimutatni. Egy újabb kísérletben az örökölhetőség (h^2) értékét egymástól külön nevelt monozigóta ikrek esetében 0,66-070-nek, egymással együtt nevelt gyermekek esetén pedig 0,66-0,74-nek találták. (Az örökölhetőség a mennyiségi tulajdonságok öröklődésének valószínűsége, melynek értéke, a h^2, nulla és egy között változhat, de kifejezhető %-ban is, 0 és 100 közötti értékkel. Ha egy tulajdonság h^2 értéke pl. 0,3, az azt jelenti, hogy az egyedek közti fenotípusos különbség 30%-a genetikai, 70%-a pedig környezeti eredetű. Gyengén öröklődő tulajdonságok esetén $h^2 < 0,15$, közepesen öröklődőknél $h^2 = 0,2$-$0,5$ között van, és jól öröklődő esetben $0,5 < h^2$.)

Egymástól külön nevelt dizigóta ikrek esetében ezek az értékek 0,15-0,25, egymással együtt nevelt ikreknél pedig 0,27-0,30 között alakultak, ami azt jelenti, hogy a testtömegindexre gyakorolt genetikai hatások nagyon jelentősek, míg a családi környezet önmagában alig van befolyással arra. Hasonló vizsgálatok során, számos iker- és családvizsgálatot elvégezve, beleértve a gyermekeket és serdülőket is, a BMI öröklődési értékeit 0,20 és 0,86 között találták.

Hosszú időn keresztül végzett követéses (longitudinális) vizsgálatok kimutatták, hogy az örökölhetőség becslése csecsemőkortól a gyermekkorig, a gyermekkortól a serdülőkorig, majd a serdülőkortól a fiatal felnőttkorig jól örökölhető tulajdonságra utal. A fiatalkori időszakban a genetikai tényezők kisebb mértékben érvényesülnek a BMI-index tekintetében, mint a későbbi életkorban. A longitudinális öröklődési vizsgálatok azt is kimutatták, hogy a BMI változása serdülőkortól a fiatal felnőttkorig jól örökölhető tulajdonság, és hogy a BMI szintjét meghatározó genetikai tényezők csak részben mutatkoznak meg olyan módon, melyek a későbbiekben hatással vannak a BMI-szint alakulására. Megállapították

azt is, hogy az elhízás örökölhetősége bináris (kétállapotú) tulajdonság, ami a BMI szempontjából az azonos génkészlet miatt a populáció minden tartományában azonos.

A BMI/elhízás örökölhetőségi értékei specifikus környezeti expozícióval, a szervezetet ért külső hatásokkal módosíthatók. Az intenzív fizikai aktivitás jelentősen csökkentheti a genetikai tényezők BMI-re gyakorolt hatását a fiatal és idősebb felnőtteknél egyaránt. A BMI örökölhetőségének eltérését a különböző vizsgálatok során magyarázni lehet azzal, hogy az egyes génkészletek serdülőknél, felnőtt férfiaknál és nőknél is eltérőek lehetnek. Az etnikai hovatartozás is kapcsolatban állhat az elhízás genetikai hajlamával, és az etnikai specifikus genetikai tényezők is módosíthatják az emberi test tömegét.

Az európai genom részaránya az afrikai vagy indiai bennszülött populációkban fordítottan arányos a BMI-vel, alátámasztva azt az elképzelést, hogy az etnikai hovatartozás, a specifikus gének jelentős hatással lehetnek az elhízásra. Meglepő módon az „obezogén", tömeggyarapodást elősegítő környezetre való átállást kísérő főbb társadalmi változások nem voltak jelentős hatással az elhízási hajlamra (obez = elhízott, túlsúlyos, hájas).

A gyermekkori BMI örökölhetőségének értékei a jelenlegi „obezogén" környezetben magasak ($h^2 = 0{,}77$), és úgy tűnik, hogy ugyanazon gének vesznek részt az elhízásra való genetikai hajlam kialakításában mind az elhízás előtti, mind az elhízás utáni időszakban. Az elhízással kapcsolatos örökölhetőségi becslések a nigériai, a jamaicai és az afroamerikai emberek körében az ellentétes környezeti feltételek és az elhízás különböző előfordulása ellenére (5% Nigériában, 23% Jamaicában és 39% az USA-ban) következetesek.

A BMI-n túl örökölhetőségi vizsgálatokat végeztek az elhízással összefüggésbe hozható egyéb genetikai tényezőkkel kapcsolatban is fiatal embereknél. Ennek során erős genetikai kapcsolatot bizonyítottak olyan tulajdonságok esetében, mint a testzsír százalékos aránya, a derék kerülete, az étkezési magatartás, a fizikai aktivitás szintje vagy az energiafelhasználás.

4.2.2. A nem szindrómás elhízás mendeli formái

Az elhízás monogén formái egyetlen génrendellenességre utalnak, ami az elhízás speciális formáját alakítja ki. Az egyetlen génhiba által okozott extrém emberi elhízás kiderítése segíti a testtömeg hosszú távú szabályozásának lehetőségét. Ha például a paraventrikuláris mag neuronális differenciálódásában és a leptin/melanokortin útvonalában szerepet játszó nyolc gén hibája vezet a korán kialakuló súlyos elhízás monogén formáihoz, akkor az emberi energiamérleg szempontjából kritikus leptin-melanokortin rendszer hibás működéséről van szó.

(A leptin egy hormon, amely a szervezetben az étkezések utáni telítettségérzetért felelős, és az étvágy, a jóllakottság és a zsíranyagcsere szabályozásában játszik szerepet. A hormont a zsírsejtek termelik, ezért ha kevesebb a zsírsejtek

száma, akkor a szervezet leptinszintje is kisebb. A kisebb leptinszint hatására növekszik az étvágy, majd ha táplálékhoz jut a szervezet, akkor növekszik a leptin szintje, és jóllakottsági érzés alakul ki. Ha a szervezetben kevesebb leptin termelődik, akkor megszűnik a felvett táplálék kontrollja, ami elhízáshoz vezethet. Előfordulhat az is, hogy a leptinszint magas, az emberek mégis elhíznak, mert a leptinrezisztencia miatt a termelődő leptin nem vált ki teltségérzetet.)

A nyolc gén, amelyek ezt a rendszert irányítják, a leptin (LEP), a leptinreceptor (LEPR), a proopiomelanokortin (POMC), a prohormon-konvertáz 1 (PCSK1), a melanokortin 4 receptor (MC4R), a single minded egycélú homológ 1 (SIM1), az agyi eredetű neurotróf faktor (BDNF) és a receptorát kódoló 2. típusú neurotróf tirozin-kináz receptor gén (NTRK2).

4.2.3. A monogén elhízás recesszív formái

Eddig öt gén (LEP, LEPR, POMC, PCSK1 és MC4R) funkciójának mutáció általi elvesztése okozta elhízásról számoltak be. Ezen öt gén teljes inaktivitása okozza a csillapíthatatlan éhségérzetet (hyperphagiát) és a korán kialakuló extrém elhízást az embereknél. Az elhízás ezen recesszív formáihoz kapcsolódó további fenotípusos jellemzők, hogy a veleszületett leptinreceptor- vagy leptinhiánnyal küzdő egyéneknél megváltozik az immunrendszer működése, és gyermekkorban gyakran fellépnek légúti fertőzések, amelyek magas korai halálozással járnak. A hipogonadotrop hypogonadismus és a hypothyreosis miatt késleltetett a pubertáskor is. A veleszületett leptinreceptor-hiányban szenvedő betegek klinikai jellemzői általában kevésbé súlyosak, mint a veleszületett homozigóta leptinhiányosak, és a hypothyreosis is ritkábban fordul elő náluk.

[A hipogonadizmus a nemi hormonok hiányát jelenti, ami férfiaknál az androgének, a nőknél pedig az ösztrogének elégtelen szekréciójával kapcsolatos. A betegség elsősorban a szexuális és reproduktív képességekre van hatással, de a nemi hormonok hiánya a különböző szervek és rendszerek anyagcseréjét és funkcionális rendellenességeit is okozhatja. Pajzsmirigy-alulműködés (hypothyreosis) esetén a pajzsmirigy túl kevés pajzsmirigyhormont termel, vagy a pajzsmirigy egyáltalán nem termel hormont, ami lassítja az anyagcsere-folyamatokat és csökkenti a teljesítőképességet.]

Azoknál a személyeknél, akiknél a POMC-hiány teljes, az ACTH-hiány miatt korai életszakaszban másodlagos hipoadrenalizmus, hipoglikémia, sárgaság alakul ki, melyekhez súlyos májkolesztázis (epeelválasztás hiánya, epeelfolyás akadályozottsága, epepangás) társul, ami az újszülött halálát okozza. Az európai származású POMC-hiányos egyének bőre és haja vörös, de más etnikai hátterű veleszületett POMC-hiányban szenvedőknek normális haj- és bőrpigmentációjuk is lehet. A teljes PCSK1-hiányban szenvedő személyek reaktív hipoglikémiát és az endokrin funkció perturbációit hordozzák magukban, beleértve a súlyos hasmenés előfordulását is, amelyek a PC1/3 enzim fontos szerepét jelzik az

enteroendokrin sejtekben. Azokra a személyekre, akik teljes MC4R-hiányban szenvednek, jellemző a megnövekedett sovány tömeg, a csont megnövekedett ásványi sűrűsége és a magas termet.

A monogén extrém elhízás recesszív formáinak vizsgálata során hasznos volt a leptin/melanokortin útvonalból származó gének emberi fiziológiában betöltött szerepének tisztázása, de megállapították, hogy ennek a rendszernek a hibás működése csak az elhízás kis százalékát magyarázza a populációban. Az elhízás ezen recesszív formái túl ritkák, és többnyire olyan családokban sikerül azonosítani, ahol a vérrokonság nagyfokú, ugyanis a vérrokonság megnöveli annak valószínűségét, hogy ugyanazon gén két káros kópiát hordozzon. Eddig 14 teljes LEP-hiányban, 13 teljes LEPR-hiányban, hét teljes POMC-hiányban, három teljes PCSK1-hiányban és 20 teljes MC4R-hiányban szenvedő személyt azonosítottak világszerte.

4.2.4. A részleges génhiány és az elhízás közötti kapcsolat

Az MC4R vagy a POMC gének káros mutációinak heterozigocitása nem okoz kóros elhízást, míg a részleges LEP- vagy LEPR-hiány a testzsír tömegének jelentős növekedéséhez vezet. A PCSK1 mutációját eddig nyolc heterozigóta egyénnél mutatták ki, akiknél ez a hiba nem okozott elhízást. Azonban még akkor is, ha a vizsgálatok szerint a gének káros mutációi nem is okoznak számottevő mértékű tömegnövekedést, összehasonlítva a súlyos elhízást okozó fenotípussal, amelyet ugyanazon gének homozigóta/heterozigóta funkcióveszteségei okoznak, ezek a népesség szintjén valószínűleg hozzájárulnak az elhízás jelentős hányadához. Az MC4R monogén hiánya gyakran okoz elhízást a populációban. A teljes népesség körében a génhibás működést csak 0,07%-ban tudták kimutatni, akik nagy része heterozigóta, és csak egy csekély kisebbség volt homozigóta-hordozó.

4.2.5. A genom szerkezeti variációi

Az elmúlt néhány évben a genomszkennelési technológiák segítségével megállapították, hogy az emberek közötti genetikai különbségek a kromoszómák elveszett vagy megkettőzött szegmenseiből származhatnak, amelyeket másolatszám-variánsoknak (CNV-k) vagy strukturális változatoknak neveznek. Megállapították azt is, hogy a CNV-k jelentősen hozzájárulnak az emberi elhízás genetikai alapjaihoz.

Két független vizsgálatban a súlyos elhízásban szenvedő személyek körülbelül 0,5-0,7%-ánál a 16-os kromoszóma p11.2 régiójában előforduló ritka deléciókról számoltak be. (A deléció során a kromoszóma egy darabja az általa hordozott genetikai információval együtt elvész. A terminális deléció esetén a kromoszóma végéről, az intersticiális deléció esetében pedig a közti szakaszból

vész el egy darab, majd ebben az utóbbi esetben a szabadon maradt végek összeforrnak.) A vizsgálatokban azonosított 16p11.2 deléciós intervallum körülbelül 30 gént tartalmaz. Egyike ezeknek az SH2B adapter fehérje 1 (SH2B1) kódolója, és kiváló indikátor gén a deléció és az elhízás összekapcsolására, mert az SH2B1 modulálja a leptinérzékenységet, ezáltal befolyásolva az elhízást. Ezt követően több vizsgálatban az SH2B1 lokuszt, a genom egészére kiterjedő asszociációs elemzések (GWAS) során, összefüggésbe hozták a gyakori elhízással.

Egy vizsgálat során 17 olyan ritka CNV-lokuszt azonosítottak, amelyek csak elhízott európai gyermekeknél fordultak elő, és amelyeket sovány gyerekek esetében nem tudtak kimutatni. Később a 17 CNV-ből nyolcat az afrikai származású elhízott gyermekeknél is találtak, de az azonos etnikumú sovány kontrollalanyokban itt sem sikerült a ritka géneket kimutatni. A ritka CNV-k vizsgálata újszerű betekintést nyújt az elhízás genetikai okainak felderítésébe.

4.2.6. Az elhízás poligén formái

Az elhízás poligénes formáihoz kapcsolódó génvariánsok keresése a közös betegség – közös variáns hipotézisén alapul. Ez a hipotézis azt állítja, hogy több közös, egymással kölcsönhatásban álló betegségallél járul hozzá a gyakori betegségekhez, miközben az egyes gének mindegyik változata csak szerény hatást gyakorol a betegség fenotípusára, de mindegyikük jelen van az emberi populációkban. Három fő megközelítést alkalmaztak a poligénes elhízással járó új génvariánsok azonosítására: a jelölt gén, a genom egészére kiterjedő kapcsolódás és a genom egészére kiterjedő asszociációs vizsgálatok.

4.2.7. Jelölt génvizsgálatok

A jelölt génekkel végzett asszociációs vizsgálatokat széles körben alkalmazták a komplex tulajdonságok tanulmányozására, de ezek a vizsgálatok jórészt sikertelennek bizonyultak. A testtömeg-szabályozásban betöltött szerepük biológiai, fiziológiai vagy farmakológiai bizonyítékaival kapcsolatban több száz elhízásjelölt gént választottak ki genetikai asszociációs vizsgálatra. Az eredetileg jelen volt pozitív asszociációs jelek többségét azonban soha nem tudták megismételni a következetes nyomon követési vizsgálatokban. Nagyszámú metaanalízisről is beszámoltak, melynek során csak két gént tudtak azonosítani, melyek nagyfokú elhízást eredményeztek. (A metaanalízis több, hasonló célú és hasonló kérdésre választ kereső vizsgálat adataiból készült összevont, összegző elemzés, mely a szakirodalomban megjelent közleményeken alapul. Előnye, hogy a hatás becslése vagy valamely hipotézis vizsgálata nagyobb mintán végezhető el, mint az egyes vizsgálatokban külön-külön.)

4.2.8. A genom egészére kiterjedő tanulmányok

Az elhízással kapcsolatban a genom egészére kiterjedő vizsgálat magában foglalja olyan családok genotípusának feltérképezését, ahol a betegség nagy gyakorisággal fordul elő. Rendkívül polimorf mikroszatellit markereket alkalmaznak, amelyek az egész genomban rendszeresen előfordulnak, majd kiszámítják, hogy a markert hogyan lehet a betegséghez kötni, illetve hogyan lehet a marker segítségével a betegséget meghatározni. (A mikroszatellita az ismétlődő DNS egyik formája, mely nagyszámú, nagyon rövid bázisszekvenciából áll; mindegyik általában 2-10 bázispárnyi rövid bázisszekvenciát tartalmaz, amelyek változó számban ismétlődnek tandem elrendezésben az adott lokuszban.)

A genomra kiterjedő vizsgálatok több mint 1200 betegséget okozó gén sikeres azonosításához vezettek, ugyanakkor a komplex genetikai tulajdonságok elemzésében a genom egészére kiterjedő kapcsolat alkalmazása ellentmondásosabb volt. A több mint 31 000 személy adatait tartalmazó tanulmányok metaelemzése azonban nem tudta megállapítani az elhízás fő helyét, amit más komplex betegségek metaanalízisében meg tudtak állapítani.

Lehetséges magyarázat lehet, hogy az adipocitást befolyásoló gének nagyon kicsi hatásúak, jelentős genetikai heterogenitással rendelkeznek, és a környezeti tényezőktől is jelentős mértékben függenek. Ezzel azonban nem lehet azt megmagyarázni, hogy néhány vizsgálat során mégis miért találtak számos olyan különböző kromoszómaszakaszt, mely kapcsolatba hozható az elhízással. Egy lehetséges alternatív magyarázat, hogy a ritka, betegséghordozó variánsok hatása összekapcsolódhat olyan komplex betegség kiváltására, mint az elhízás. Az újonnan azonosított elhízási gének genomra kifejtett hatásának tudományos bizonyítása többnyire sikertelen volt, csupán két gén genetikai változata mutatott kapcsolatot az elhízással, amit a későbbi ismételt vizsgálatok is meg tudtak erősíteni.

A gyermekkori elhízás molekuláris alapjainak egyetlen biztos bizonyítéka az ektonukleotid pirofoszfatáz/foszfodiészteráz gén, amely összefüggést mutatott a gyermekkori elhízással, és hozzájárult a gyermekkori elhízással kapcsolatban megfigyelt betegségekhez, mint a mérsékelt elhízás, a kóros elhízás vagy a 2-es típusú cukorbetegség. A gén azért köthető közvetlenül az elhízáshoz és a 2-es típusú cukorbetegséghez, mert gátolja az inzulinreceptor-jelátvitelt. Ezt a kapcsolatot egerek esetében is bizonyították, mert az agy inzulinrezisztenciája hiperfágiát és elhízást vált ki egerekben, az inzulinrezisztencia pedig később a gyermekek kóros elhízását okozhatja. (Hiperfágia: kényszeres túltáplálkozás, a normálisan szükségesnél több táplálék fogyasztása.)

2002-ben fehér-amerikai nők egyik kromoszómáján meghatározták azt a génszakaszt, amely az elhízásért volt felelős. A későbbi vizsgálatok során ugyanezeknél a nőknél a súlyos családi elhízással járó gén nem szinonim polimorfizmusát is azonosították, amelyet más vizsgálatok más egyéneknél is megállapítottak. Az

aktív gén szoros kapcsolatban van az adipogenezis folyamatával, az inzulin-jelátvitellel és a lipid vázizomzatban történő felhasználásával, az inaktív gén pedig soványságot eredményez egereknél. A fenti tulajdonságok miatt erre a génre a takarékos jelzőt használják. (Polimorfizmus: Különböző fenotípust mutató változatok előfordulása, illetve egy génnek két vagy több változata ugyanabban a populációban.)

A genom egészére kiterjedő asszociációs vizsgálatok viszonylag újak, és magukba foglalják az emberi betegségeket okozó gének azonosítását, valamint forradalmasították a betegségekhez hozzájáruló gének keresését. A módszer megvizsgálja a genomot, hogy a genomban található-e akár egyetlen nukleotid polimorfizmus, és azonosítja azokat a polimorfizmusokat, amelyek gyakrabban fordulnak elő egy adott betegségben szenvedőknél, mint azoknál, akiknek nincs ilyen betegségük.

5. ENERGIABEVITEL, KÖVÉRSÉG, ÉTKEZÉSI VISELKEDÉS

5.1. Bevezetés

A 21. század elejére világunk fejlettebb része eljutott oda, hogy az élelmiszerek gyakorlatilag korlátlanul rendelkezésére állnak az embereknek. Ennek következtében az elhízás világméretű problémává, mondhatni az emberiséget egyre jobban fenyegető járvánnyá vált, ami ellen sürgősen tenni kell valamit. Egyre világosabban látszik, hogy az elhízást nemcsak az ember genetikája, hanem többek között az étkezési szokások, az étrend összetétele, az energiabevitel is jelentősen befolyásolják, ami lehetőséget ad olyan stratégiák kidolgozására, amelyek segítségével a testtömeg szabályozható, az elhízott emberek pedig jelentős tömegcsökkenést érhetnek el. Elfogadott, hogy az elhízást elsősorban a bevitt tápanyagok mennyisége befolyásolja, de emellett a nem táplálkozási tényezőknek is jelentős szerepük lehet.

A nem táplálkozási tényezők közé tartozik az élelmiszerek ízletessége, az élelmiszeradagok nagysága, az érzékszervi változatosság és az étkezési szokások. Általánosan elfogadott, hogy ezek a tényezők jelentősen hozzájárulhatnak a passzív túlfogyasztáshoz, a nagy mennyiségű energiabevitelhez, és ahhoz, hogy az élelmiszerre úgy tekintünk, mint egyfajta jutalomra, amellyel megajándékozzuk a testünket. A fő táplálkozási tényezők a makrotápanyag-összetétel (fehérje, szénhidrát, zsír) és az energiasűrűség. Az emberek nemcsak akkor esznek, amikor éhesek, amikor szervezetüknek szüksége van tápanyagokra, hanem az étkezési szokások, a társadalmi elvárások is befolyásolhatják a bevitt élelmiszerek mennyiségét.

Az elhízás és annak visszaszorítása több, mint közegészségügyi probléma, hisz az elhízáshoz nemcsak a bevitt élelmiszerek mennyisége és minősége járul hozzá, hanem jelentős tényezők lehetnek az étkezési szokások és a társadalmi környezet is. A fejlett társadalmakban olyan környezetben élünk, ahol az életmóddal kapcsolatos étkezési viselkedés és a nem kellő fizikai aktivitás is hozzájárul az elhízás kialakulásához. Az elhízás, a vele kapcsolatos egészségügyi problémák óriási terhet rónak a társadalomra. Az elhízás megakadályozása, az elhízott emberek lefogyasztása, az élelmiszerek tápanyag- és energiatartalmának megértetése, az étkezési módok és viselkedések megváltoztatása, az elhízás megelőzésére és kezelésére irányuló étrendi stratégiák kidolgozása elengedhetetlen egy egészségesebb társadalom kialakításához.

A problémát fokozza, hogy az étkezés és az élelmiszerek kiválasztása sokszor rosszul beidegződött társadalmi szokásokon alapul, és sok esetben nem a

test táplálását szolgálja, hanem valamiféle örömszerzést jelent a lélek számára, ami nem esik egybe a test szükségleteivel, esetleg fel is boríthatja a szervezetben lejátszódó fiziológiás folyamatokat.

Nehezíti a helyzetet még az is, hogy kevés olyan tanulmány született, amely gyermekkortól a fiatal felnőtteken és a középkorúakon át az idősebbekig tanulmányozta volna az elhízás problematikáját. Lényeges, hogy az energiabevitel csak az egyik oldala az energiamérlegnek, a másik oldal, amit figyelembe kell venni, a testmozgás szerepe, amelyet ha megfelelően alkalmaznak, jelentős mértékben hozzájárul a testtömeg csökkenéséhez.

5.2. Táplálkozási hatások, energiabevitel, elhízás és étkezési viselkedés

Ma már elfogadott tény, hogy a táplálkozási és a nem táplálkozási tényezők egyaránt befolyásolják az élelmiszer-fogyasztást. A fő táplálkozási tényezők az élelmiszerek makrotápanyag-összetétele és energiasűrűsége (ED). A fő kérdés: hogyan befolyásolják ezek a tényezők étkezési szokásainkat és az energiabevitelt?

5.3. Mi befolyásolja az étvágyat?

Ahhoz, hogy megértsük az étkezési szokásainkkal, az éhséggel és a jóllakottsággal kapcsolatos folyamatokat, ismernünk kell az étkezéssel kapcsolatos viselkedési módokat, a fiziológiai, érzékszervi, táplálkozási folyamatokat, és azt, hogy képesek vagyunk-e tanulni az egészséges táplálkozás érdekében.

Az éhség egy motiváció, amely arra sarkall bennünket, hogy keressünk élelmiszereket, együk meg azokat, hogy ez a kellemetlen érzés elmúljon. Az éhségérzet nem mondja meg, hogy mit együnk vagy mennyit együnk, egyszerűen csak az evésre késztet bennünket. Az éhségérzet keletkezését olyan belső élettani tényezők befolyásolják, mint pl. a vércukorszint csökkenése, az éhségérzet a gyomorban, a gyomorkorgás, és olyan külső, nem élettani tényezők is, mint a napszak, az étkezés ideje vagy a beidegződött szokások. Az éhségérzetet tehát nemcsak a belső fiziológiás hatások alakítják ki, hanem annak megszokásból eredő, tanult, előre látható összetevői is vannak.

Az étvágyat sokan úgy definiálják, mint a vágyat, hogy ehessünk valami finom, tápláló, különleges élelmiszert. Az étvágyat növeli az élelmiszer megjelenése, kinézete, ízletessége, textúrája vagy hőmérséklete. Az étvágy tehát érzékszerveinken keresztül érvényesül, és nem valamiféle tanult tevékenység végeredménye. Az étvágyat önmagában nem csak az élettani hatások határozzák meg, bár ezeknek is jelentős szerepük van az étvágy kialakulásában.

Az étvággyal kapcsolatban olyan kaszkád rendszereket is kidolgoztak, amelyek próbálják érzékeltetni azokat a folyamatokat, amelyek a jóllakottság érzéséhez vezetnek az étkezést követően, és amelyek meggátolják a további élelmiszerfelvételt az étkezés végén.

5.4. A jóllakottság

A jóllakottság egy olyan motivációs állapot, ami meggátolja a további élelmiszer-felvételt, ami az étkezések közti időszaknak tekinthető. Ezt az állapotot olyan étkezés utáni és központi idegrendszeri hatások befolyásolják, mint a gyomorban történő emésztés és a gyomortartalom távozása a vékonybélbe, a táplálkozás hatására felszabadult hormonok, az emésztő enzimek kiválasztása, a megemésztett táplálék komponenseinek (cukrok, zsírok, aminosavak) felszívódása és véráramba kerülése, illetve a vér összetételének megváltozása. Mindezek hatására kialakul bennünk a jóllakottsági érzés, melynek következtében nem veszünk magunkhoz tápanyagot.

A jóllakottság az evés folyamatának befejező mozzanata, mely meggátolja a további élelmiszer-felvételt. A jóllakottság magában foglalja az étkezés megszüntetésének, leállításának folyamatát, mely a teljes megelégedettséggel vagy a teljesség elérésével fejezhető ki. Az étkezés befejezésének pillanatát befolyásolhatják pszichológiai hatások és a viselkedés, valamint az étkezést az agy által küldött információk alapján tudatosan is be lehet fejezni. Az étkezés befejezésére hatással lehetnek az ételek által kialakított olyan érzékszervi tulajdonságok, mint az illat (szag), az íz, a hőmérséklet és az élelmiszer kinézete.

5.5. A társadalom fejlettségének, az élelmiszerekhez való hozzáférésnek a szerepe

Tény, hogy az elhízásnak erős genetikai háttere van, azonban az utóbbi években tapasztalt tömeges elhízás, mivel a genetikai alapok nem változtak, döntő mértékben a környezeti tényezőkkel és az emberek életmódjában bekövetkezett változásokkal magyarázhatók. Döntő szerepe lehet a társadalom fejlettségének, az élelmiszerekhez való korlátlan hozzáférésnek, és a minimális energiafelhasználással járó, egyre gyakoribb ülő életmódnak és munkavégzésnek. Ugyan az energiabevitelt és a kiadásokat összekapcsoló mechanizmusok nem egyértelműen tisztázottak, az azonban teljesen egyértelműnek látszik, hogy az étvágy, az élelmiszer-fogyasztást vagy elutasítást elősegítő érzések központi szerepet játszanak az energia-egyensúly és a testtömeg fenntartásában. A mikrotápanyagoknak (vitaminok, ásványi anyagok és nyomelemek) és a fitokemikáliáknak is

szerepük lehet az étvágy kialakulásában, ezeket a kapcsolatokat azonban még kevesen tanulmányozták.

5.6. A makro- és mikrotápanyagok szerepe

Étrendünkben makrotápanyagoknak számítanak a fehérje, a szénhidrát, a zsír és az alkohol, melyek energiával és a szervezetünk felépítéséhez szükséges alapanyagokkal látnak el bennünket. Laboratóriumi körülmények és a mindennapi életünk során is bizonyított, hogy az étvágy szerint szabadon fogyasztott élelmiszerek összetétele jelentős mértékben befolyásolja az energiabevitelt. Közülük egyértelműen kiemelkedik a fehérje, melynek legnagyobb hatása van a jóllakottsági érzésre még akkor is, ha az élelmiszer energiasűrűsége a fehérje szempontjából azonos. Ilyen körülmények között a szénhidrát és a zsír hatása a jóllakottsági érzésre kevésbé egyértelmű.

5.7. A fehérje szerepe

A legújabb kutatási adatok szerint a nagyobb mennyiségű fehérjebevitel kulcsszerepet játszik a testtömegkontrollban, mert a fehérje által kiváltott jóllakottsági érzés növeli a szervezetben a hőtermelés hatékonyságát, szabályozza a hőtermelést és a testösszetételt, és csökkenti a szervezet energiafelhasználásának hatékonyságát.

Fehérjében dúsított táplálékfogyasztás hatására erőteljesebb fogyást tapasztaltak amellett, hogy a test izomtömege változatlan maradt a kezelés során. Mások viszont megkérdőjelezték a magas fehérjetartalmú étrendek biztonságosságát és hatékonyságát. A fehérje által kiváltott jóllakottsági érzés akkor alakult ki, ha az étel energiatartalmának 25-81%-a a fehérjéből származott, mert ezzel sikerült csökkenteni az egyéb élelmiszer-komponensek által bevitt energiát. A kísérleteket minimálisan 14 napig végezték, és úgy gondolják, hogy a kúrát fél éven át lehet folytatni.

5.8. A szénhidrátok szerepe

A szénhidrát nagyobb hatást gyakorol a rövid távú jóllakottsági érzésre, mint a zsír. Mindenfajta szénhidrát jelentős mértékben megnövelte a vérszérum glükóztartalmát, és akár alacsony, akár magas volt az inzulinválasz, a szénhidrátok fokozták az éhséget és az energiabevitelt. A különféle tápanyagok oxidációs lebomlásának sebességét tanulmányozva a szervezetben megállapították, hogy a jóllakottsági érzést a fehérje sokkal jobban növeli, mint a szénhidrát vagy a zsír.

5.9. A zsír szerepe

Többen felülvizsgálták a zsírbevitel és az energiamérleg között kapott ellentmondásos összefüggést, miszerint a nagy energiatartalmú zsír bevitele nincs különösebb hatással a pozitív energiamérlegre. Bár a szervezet csakugyan erőteljesen reagál a zsírbevitelre, sok tanulmány azt mutatta ki, hogy a magas zsírtartalmú élelmiszereket fogyasztók hajlamosabbak a túlzott energiabevitelre, ami passzív túlfogyasztást idéz elő náluk.

Patkányokkal végzett vizsgálatok kimutatták, hogy a bélbe (duodenum vagy jejunum) eljutott zsír erős jóllakottsági érzést vált ki, másrészt viszont a magas zsírtartalmú élelmiszerek fogyasztása passzív túlfogyasztáshoz vezet, mert a zsírnak csekély a visszacsatolási (feed back) hatása a jóllakottsági érzésre. Amikor emberek magas zsírtartalmú ételeket fogyasztottak, a közepes vagy alacsony zsírtartalmú ételeket fogyasztókhoz képest nőtt az energiabevitel.

Ez azzal magyarázható, hogy az étellel fogyasztott zsír lassan jut el a vékonybél elülső szakaszába, ahol emésztése megkezdődik, más tápanyag-komponensekkel felhígul, ezért a negatív visszacsatolási hatást csak erős csökkenéssel tudja kifejteni. A zsír a szájban erős pozitív visszacsatolást, stimulálást fejt ki a táplálékfogyasztásra, ezért a magas energiasűrűségű, magas zsírtartalmú ételeket hosszabb időn keresztül lehet fogyasztani anélkül, hogy a gyenge negatív visszacsatolás ki tudná hatását fejteni. A negatív visszacsatolás jelei tehát késve jelennek meg, így nem tudják megakadályozni a nagyobb mennyiségű étel fogyasztását.

5.10. Az alkohol hatása

Az alkohol hatása kivételes, mert fogyasztása növeli az energiabevitelt, és esetenként fokozott étvággyal járó táplálási viselkedést idézhet elő. Ez a hatás nem meglepő, mert az alkohol depresszáns hatással van a központi idegrendszerre. Ellentmondásos, hogy van-e összefüggés az alkoholfogyasztás és az elhízás között, bár az általános energia-hozzájárulás tekintetében az alkoholos italok jelentős mértékű fogyasztása növeli az energiabevitelt, és ezáltal hozzájárul az elhízáshoz. Az alkoholfogyasztás közbeni nassolás is fokozott energiabevitellel jár, és mivel közben nincs energiafelhasználás, a nassolás fokozza az elhízást.

5.11. Az energiasűrűség szerepe

Az energiasűrűség az élelmiszer egy adott tömegében lévő energia mennyiségét jelenti kJ/g-ban kifejezve. A magas energiasűrűség (ED, Energy Density) hajlamosít a kényszerevésre, mivel kisebb hatása van a teltségérzet kiváltására. A nedvességtartalom, mely energiát nem tartalmaz, a rosttartalom, mely

teltségérzetet okoz és sok vizet köt meg, de energiatartalma minimális, és a makrokomponensek közül főként a zsírtartalom az, ami a nagy energiasűrűségével befolyásolja a jóllakottsági érzést.

Egy klasszikus kísérletben, amely arra irányult, hogy a főétkezés előtti leves alapú élelmiszer hogyan befolyásolja a jóllakottsági érzést, megállapították, hogy az csökkentette a következő étkezés előtti éhségérzést. Érdekességként említik, hogy az étkezés előtti egy pohár víz elfogyasztásának nem volt hasonló hatása az éhségérzetre, ha azt alacsonyabb ED-értékű élelmiszerhez adták, ami arra utal, hogy a viszkozitásnak is szerepe van a jóllakottsági érzés kialakításában. Az alacsony energiasűrűségű élelmiszer energiahiányt idéz elő a szervezetben, ezért ennek összetevői könnyebben emésztődnek és szívódnak fel. Ez a megállapítás alapja lehet egy tömegvesztési stratégia kialakításának.

Az energiasűrűség csökkentésének egyik lehetősége, hogy növelik az olyan vízben gazdag élelmiszerek, pl. a gyümölcsök és zöldségek fogyasztását, amelyek megfelelő térfogatot képviselnek, és fogyasztásuk csökkenti az energiabevitelt. Klinikai kísérletekkel bizonyították az elképzelés helyességét. Ezzel szemben, ha az élelmiszer energiasűrűsége nagy, akkor az energia túlfogyasztáshoz vezethet, mert az emberek által elfogyasztott élelmiszerek mennyisége általában konstans, és nincs lehetőség a túlfogyasztás elkerülésére. Összegezve tehát, a magas energiasűrűségű élelmiszerek fogyasztása hozzájárul a passzív túlfogyasztáshoz, és ennélfogva a tömeggyarapodáshoz. Általános szabályként leszögezhető, hogy ha csökkentjük egy élelmiszer zsírtartalmát, akkor csökkentjük annak energiasűrűségét is.

Olyan, emberekkel végzett vizsgálatok során, amikor az étel energiasűrűsége ugyan változott, de a makrotápanyag-összetétel ugyanaz volt, a kísérleti alanyok ugyanolyan mennyiségű ételt ettek az energiasűrűségtől függetlenül, ami elősegítette az energiatúlfogyasztást a magas energiasűrűségű ételek esetében.

Ezzel szemben számos tanulmány kimutatta, hogy ha a zsír mennyisége állandó energiasűrűség mellett az étrendben változott, akkor a kísérleti alanyok ugyanannyi ételt fogyasztottak, és az energiabevitel változatlan maradt. Meg kell jegyezni azonban, hogy ezeket a vizsgálatokat olyan célzott makroösszetételű élelmiszerekkel végezték, ahol feltételezték, hogy különbségek lesznek a fogyasztók között, ezért nem reprezentálták a tipikusan fogyasztott élelmiszereket. Amit ezek a tanulmányok sugallnak, az mégiscsak az, hogy az élelmiszer energiasűrűségét leginkább a zsírtartalom befolyásolja, így ez az élelmiszer-komponens járul hozzá leginkább a teljes energiabevitelhez.

5.12. Az italok hozzájárulása az energiabevitelhez

Számos korábbi tanulmány az energiasűrűség és az élelmiszerek közötti kapcsolatra összpontosított, de arról is beszélni kell, hogy az italok is jelentős mértékben hozzájárulhatnak az egyén teljes energiabeviteléhez. Ausztráliában

az italfogyasztás hozzájárulása a teljes energiabevitelhez 16,3%, az Egyesült Államokban pedig az üdítő italok azok, amelyek fokozták az energiabevitelt. Úgy gondolják, hogy az utóbbi időben a cukortartalmú folyadékok, üdítőitalok azok, amelyek legnagyobb mértékben járultak hozzá az elhízás növekedéséhez. Úgy tűnik, hogy az energiatartalmú szénsavas italok, az alkohol, a tej vagy a gyümölcslé jelentősen növelik a napi energiabevitelt azokhoz képest, akik nem fogyasztanak ilyen italokat, és a bevitelt az étkezés során nem kompenzálják csökkentett energiatartalmú ételekkel. Többen úgy gondolják, hogy az energiatartalmú italok fogyasztása után nem csökken az élelmiszerek fogyasztása, hasonlítva azokhoz, akik ilyen folyadékok helyett előzőleg szilárd ételt fogyasztottak. Az is kiderült, hogy a fruktóz, melyet leggyakrabban alkalmaznak édesítőszerként az üdítőitalokban, növeli az étvágyat és az élelmiszer-fogyasztást, ezért úgy gondolják, hogy a fruktózfogyasztás kapcsolatban lehet az inzulin és a leptin elégtelen termelésével és a ghrelin tevékenységének akadályozásával.

5.13. A diétás rost szerepe

Sok bizonyíték létezik arra, hogy az élelmi rost kulcsszerepet tölt be olyan krónikus betegségek megelőzésében, mint a szív- és érrendszeri megbetegedések (CVD, cardiovascular disease), csökkenti a glikémiás indexet (GI, glycemic index) és a szervezet glikémiás terhelését (GL, glycemic load), és különösen jelentős a szerepe olyan metabolikus betegségekben szenvedőknél, mint a hiperlipidémia és a cukorbetegség. Ez a hatás úgy érhető el, hogy megváltozik a hasznosuló szénhidrát mennyisége, illetve annak típusa.

A szív- és érrendszeri megbetegedések kockázata is csökkenthető teljes kiőrlésű gabona fogyasztásával, mint amilyen pl. a zabliszt, aminek béta-glikán-tartalmánál fogva még gyulladáscsökkentő hatása is van. A rostnak jelentős szerepe lehet az elhízás kezelésében is, mivel hozzásegít az alacsony energiabevitelhez. Jelentős mértékben befolyásolja a jóllakottsági érzést, mert növeli az elfogyasztott élelmiszer térfogatát, csökkenti az energiasűrűséget, növeli a gyomor térfogatát, késlelteti a gyomor ürülését, ami korai jóllakottsági érzéshez vezet, és befolyásolja a jóllakottsági érzést kiváltó hormonok termelését az emésztőrendszerben. A testtömeg megtartása során azonban a rost szerepe csekély.

A jóllakottsági érzés kiváltásával kapcsolatban a különböző rosttípusokat többen vizsgálták. Az oldható rostok, melyek növelik az élelem viszkozitását, különösen hatásosak a jóllakottsági érzés kiváltásában. A nagy viszkozitású rost jobban csökkenti az élelmiszer-fogyasztást, mint a közepes vagy alacsony viszkozitást okozó, mert a bélben viszkózus gél mátrixot képez az élelmiszerrel; úgy vélik, hogy lassítja a gyomor kiürülését, ezért teltségérzethez vezet. A viszkózus rost a vékonybélben csökkenti a glükóz abszorpcióját, és kisebb glikémiás és inzulinémiás válaszokat vált ki az étkezés után. Mindkét mechanizmus növeli

a teltségérzetet. Az oldható rostnak csekély a hatása a gyomor kiürülésére és a vékonybélből történő abszorpcióra, de egy része fermentálódik a vastagbélben.

A rezisztens keményítő hatásáról a jóllakottsági érzésre az eredmények ellentétesek. Lehetséges, hogy bizonyos típusú vagy mennyiségű rezisztens keményítő növelheti a jóllakottsági érzést, mert növeli a bélben termelődő glükagonszerű peptid mennyiségét. Beszámoltak arról is, hogy a rezisztens keményítő fermentációja a vastagbélben és a gyomor kiürülésének aránya is jóllakottsági érzést kelthet, mert a vastagbélben történő fermentáció, melyet a kilélegzett hidrogén mennyisége alapján mérnek, pozitív összefüggésben van a jóllakottsági érzéssel, és negatív összefüggésben a gyomor kiürülésével.

5.14. A nem táplálkozási tényezők hatása az energiabevitelre, az elhízásra és az étkezési viselkedésre

A nem táplálkozási tényezőket vizsgálva az étkezési viselkedésre a legfontosabb az, hogy mit eszünk, fiziológiai és metabolikus szempontból pedig az, hogy mennyit eszünk. Ezen utóbbi esetben fontos az élelmiszer energiatartalma és a fogyasztott élelmiszer mennyisége. Ha az érzékszervi szempontokat nézzük, akkor az illat, az íz, az állag és a megjelenés rövid távon jelentős mértékben befolyásolja a fogyasztást.

Az érzékszervi vagy hedonikus paraméterek befolyásolják az étkezési viselkedést, hogy milyen élelmiszereket választunk, és sokan kutatják azt is, hogy az élelmiszerek változó tulajdonságai hogyan befolyásolják azok kiválasztását. Több olyan technikát, módszert is kidolgoztak, amelyekkel eldönthető, hogy melyek azok a tulajdonságok, amik alapján mennyiségileg értékelhető az élelmiszerek kívánatossága és szükségessége. A kísérletekből úgy tűnik, hogy a vágy az élelmiszer-fogyasztással kapcsolatban sokkal közvetlenebb, mint az, hogy szeretjük-e az adott élelmiszert.

5.15. Az élelmiszer ízletességének szerepe

Az élelmiszer ízletessége olyan tulajdonság, amely arra ösztönzi a fogyasztót, hogy megegye, bevigye azt a szervezetébe. Ez a meghatározás figyelembe veszi, hogy az élelmiszer ízletességét az élelmiszer jellege (illat, íz, textúra és állapot), a fogyasztó érzékszervi képességei és metabolikus állapota, valamint a környezet, amelyben az élelmiszer és a fogyasztó kölcsönhatásba lépnek egymással, közösen határozzák meg.

Az ízletesség ezért nem egy állandó tulajdonság, és az élelmiszer ízletessége csökken a fogyasztás során, amit érzékszervi, specifikus jóllakottságnak hívnak.

A jóllakottság egy érzékszervi specifikus kapcsolat az élelmiszerrel, mert az ízletesség folyamatosan csökken az élelmiszer elfogyasztása során, ezzel szemben amíg nem esszük meg az élelmiszert, annak kellemes érzete nem változik. Ez azt sugallja, hogy bizonyos élelmiszerek esetében a fogyasztás során az ízletesség folyamatosan csökken, mígnem elérünk egy olyan szintre, ahol más élelmiszerek ízletesebbé válnak, mint a korábban legízletesebbnek tartottak. Ennek hatására más élelmiszereket választ a fogyasztó, változatossá téve étkezését a mindennapok során. Fontos lenne megállapítani azt is, hogy miért csökken bizonyos élelmiszerek ízletessége a fogyasztás során.

Az élelmiszerek textúrája befolyásolja mind az ízletességet, mind az energiabevitelt. Bizonyították, hogy az étvágy szerinti étkezésnél a folyadék konzisztenciájú élelmiszerből az emberek lényegesen többet fogyasztanak, mint a szilárdból. Folyadékkonzisztenciájú ételből ugyanazt a mennyiséget sokkal gyorsabban be lehet vinni a szervezetbe, mint félig szilárd anyagból. Jó példa erre az alma, melyből fél kilót tízszer hosszabb idő alatt lehet megenni, mintha ugyanazt a mennyiséget dzsúsz formában vinnék be a szervezetbe. Meg kell azonban azt is jegyezni, hogy a lassúbb evés nem jelent egyben kevesebb élelmiszer-bevitelt is.

A kereskedelmi forgalomban kapható élelmiszereket úgy fejlesztették ki, hogy mind érzékszervileg, mind összetételét illetően elégítse ki a vásárló igényeit, legyen vonzó, fokozza a keresletet, és a fogyasztó ismételten vásárolja meg. Az ilyen élelmiszerek elősegítik a tömeggyarapodást, ami nem mond ellent annak, hogy az élelmiszeripar olyan élelmiszereket állít elő, amelyeket a fogyasztók igényelnek. További ismeretekre van szükség annak megítélésére, hogy az ízletesség hosszú távon hogyan befolyásolja az élelmiszer-fogyasztást, és hogy miként lehet úgy megváltoztatni az élelmiszer-feldolgozást, hogy a termék ízletessége maximalizálva legyen a fogyókúra során.

5.16. Az érzékszervi változatosság szerepe

A rövid távú kísérletek során kiderült, hogy az élelmiszerek érzékszervi változatossága növeli az élelmiszer-fogyasztást. Kimutatták, hogy az étkezés során az érzékszervi változatosság több élelmiszer fogyasztására ösztönöz. Az étkezés során a hasonló élelmiszerek érzékszervi változatossága növeli az energiabevitelt ahhoz képest, mint ha ugyanazt az élelmiszert egyféleképpen elkészítve kínálnák. Kimutatták, hogy ez az állítás igaz mind a sovány, mind a túlsúlyos nők esetében. Az eredmények azt mutatták, hogy az élelmiszer-fogyasztást növelte az élelmiszerek változatossága ahhoz képest, mint amikor a változatosság csökkent, illetve egyfajta ételt tálaltak a fogyasztóknak.

Beszámoltak arról is, hogy minél nagyobb a különböző élelmiszerek közötti különbség, annál nagyobb a rövid távú élelmiszer-fogyasztás, amit az érzékspecifikus jóllakottsági érzés jelenségével magyaráztak. Ez arra utal, hogy ugyanazon

étel hosszabb ideig történő fogyasztása során csökken az étel érzékszervi jelének jutalomértéke. Ez úgy is mondható, hogy az ember képes ráunni a finom ételekre is, ha azokat huzamosabban ajánlják neki.

Kimutatták azt is, hogy egy speciális időintervallumban egy élelmiszerben a zsír és a cukor megfelelő kombinációja van a legnagyobb hatással az energiabevitelre. Ebből az következik, hogy az energiabevitelt az élelmiszerek érzékszervi tulajdonságainak kombinációja fogja megszabni. Gyakran több élelmiszert fogyasztanak az emberek társaság hatására is, mely jelenséget az energiabevitel társadalmi előmozdításának nevezik, mely a társas táplálkozás egyik jellemzője.

Egy hétig tartó kísérletet végeztek annak megállapítására, hogy a nagyon hasonló összetételű élelmiszerek tetszés szerinti fogyasztása hogyan befolyásolja az energiabevitelt sovány és túlsúlyos férfiaknál. Amennyiben a kínált élelmiszerek száma 5-ről 10-re, majd 15-re nőtt, sovány férfiaknál az energiabevitel jelentős mértékben nőtt. Ezek az adatok azt mutatják, hogy ha a táplálkozási szempontból hasonló élelmiszereknél növelik az érzékszervileg különböző ételek mennyiségét, akkor jelentős mennyiségben megnövekszik az energiabevitel. A változatos ételkínálat jelentős hatással volt az energiabevitelre és az energia-egyensúlyra, mert a változatosság hatására jelentősen megnőtt az energiabevitel. Nincsenek adatok azonban arról, hogy ez a hatás csak rövid távon igaz, vagy hosszú távon is fennmarad.

5.17. Az étkezési szokások szerepe. A nassolás és az evés gyakorisága

Nem találtak szoros kapcsolatot az étkezési gyakoriság és az elhízás között, ezért feltételezhető, hogy az elhízott emberek azért visznek be több energiát, mert nagyobb az az ételmennyiség, amit egy étkezés során elfogyasztanak, tehát az adag mennyisége kulcsténye az elhízott embereknél. Az ételek és a rágcsálnivalók kövérséget okozó együttes hatását még vitatják.

A kutatók még mindig vitatkoznak azon is, hogy az ételek és a rágcsálnivalók milyen mértékben járulnak hozzá az élelmiszer-túlfogyasztáshoz. Két alternatív hipotézist dolgoztak ki arról, hogy a nasik hogyan járulnak hozzá a túlfogyasztáshoz és az elhízáshoz. Az első elképzelés szerint a nassolás segít az étkezési idők finomhangolásában, kitölti a két étkezési idő közti intervallumot, másrészt viszont a nassolás után következik a magas energiatartalmú italok fogyasztása, ami ugyancsak hozzájárul a tömeggyarapodáshoz.

Beszámoltak arról, hogy a nassolók több energiát visznek be a szervezetükbe, mint a nem nassolók, de ezek az emberek fizikailag aktívabbak, és a nassolással módosítják energiafogyasztásukat. Ezt tovább bonyolítja az a tény, hogy nincs egy általánosan elfogadott definíció a snackre, hogy azt két étkezés között fogyasztjuk, vagy hogy egy kis étkezésnek tekintjük, nincs definiálva, hogy

milyen összetételű tápanyagcsoportot értünk alatta, és az sem, hogy milyen a snack halmazállapota (folyadék vagy szilárd). A nassolás étkezési mintákkal, étvágytalansággal, energiabevitellel és testtömeggel való kapcsolata esetleges, még nincs kellő mértékben bizonyítva.

A keresztmetszeti vizsgálatok általában vagy nem mutatnak ki, vagy negatív összefüggést állapítanak meg az étkezés gyakorisága és a testtömegindex (BMI) között. Mások szerint a nassolás szoros kapcsolatban van a televíziózással, és ennek következtében az elhízással. Többen azzal érvelnek, hogy az ételek és rágcsálnivalók téves jelentése és téves besorolása miatt a nassolás és az energiaegyensúly közötti kapcsolat vizsgálata az átlagos életvitelű embereknél nagymértékben hibás.

A nassolásról és a kereskedelmi forgalomban kapható snackételekről gyakran úgy gondolják, hogy azok fogyasztása növeli az energiabevitelt. Ez nem azt jelenti, hogy a kereskedelmi forgalomban kapható élelmiszerek fogyasztása, amelyeket gyakran snack-élelmiszereknek neveznek, nem befolyásolják az étvágyat és az energiabevitelt. A snack-élelmiszerek energiasűrűsége eltérhet más élelmiszerekétől, mások az érzékszervi jellemzői, melyek mind befolyással lehetnek a makroösszetételre és a fogyasztási élvezetre.

Arra is van némi bizonyíték, hogy azok az emberek, akik gyakran rágcsálnak, jobban odafigyelnek az egyes ételek energiatartalmában bekövetkező változások kompenzálására, mint azok, akik energiabevitelük nagyobb részét ritkábban, de nagyobb adagokkal fedezik.

Laboratóriumi vizsgálatok során azt elemezték, hogy a főétkezések közti nassolások számának csökkenése milyen mértékben befolyásolja a teljes napi étkezést és az energiabevitelt, bár a vizsgálatokat kevésbé ellenőrzött körülmények között végezték. Amennyiben a snackételeket rövid távon beillesztik az élelmiszer-fogyasztási protokollba, akkor az növelheti az energiabevitelt. A valós környezetből származó adatok azonban arra utalnak, hogy sovány fiatal felnőtteknél, hosszabb időszak alatt, az étkezési szokások megváltoztatása önmagában nem változtatja meg drasztikusan az energiabevitelt.

Ezek az adatok azt mutatják, hogy az energiabevitel időbeli eloszlásának megváltoztatása önmagában nem valószínű, hogy tömeggyarapodáshoz vezethet, bár hangsúlyozni kell, hogy a különböző személyek eltérően reagálhatnak. Kimutatták azt is, hogy speciális, nem mindennapi ételek fogyasztásával sokkal nehezebb a napi energiabevitelt kontrollálni, mint azt a snackekkel, mindennapi gyakorisággal, a nassolók teszik. Valószínű azonban az is, hogy bizonyos embercsoportok esetében az étrend összetétele és érzékszervi jellemzői kölcsönhatása együttesen befolyásolhatják az energiabevitelt.

A rendszeresen kihagyott reggeli és a nagyobb testtömegindex között szoros összefüggést találtak felnőttek esetében, a rendszeresen fogyasztott reggeli pedig hozzájárult a testtömeg megtartásához, illetve a fogyáshoz. Többen arra a következtetésre jutottak, hogy a napi egyszeri étkezés nem járult hozzá a fogyáshoz.

Kontrollált laboratóriumi körülmények között megvizsgálták az étkezés gyakoriságának, az ugyanolyan energiatartalmú kis adagok többszöri, és a nagyobb adagok kevesebb alkalommal való fogyasztásának hatását, azaz az étkezési gyakoriság energia- és tápanyag-anyagcserére való befolyását. Megállapították, hogy egyik módszer sem jelent metabolikus előnyt a fogyasztó számára.

5.18. Az adag méretének szerepe

Az 1970-es évek óta a kereskedelmi forgalomban kapható élelmiszerek és italok adagmérete nőtt, és ez a tendencia a legkülönfélébb olyan környezetben is megfigyelhető, mint az éttermek, a szupermarketek, és ez alól nem kivétel az otthoni környezet sem. Laboratóriumi környezetben végzett kísérletekkel bizonyították, hogy az egyszeri étkezések során a megnövelt adag jelentős mértékben megnövelte az energiafelvételt. Egyértelmű összefüggést állapítottak meg a felszolgált mennyiség és az energiabevitel között még akkor is, ha a résztvevők saját magukat szolgálták ki. Egy kísérletben, amikor a paradicsomlevest egy rejtett berendezés újratöltötte a tálban, az alanyok lényegesen többet fogyasztottak a kontrollcsoporthoz képest. Más tanulmányok is megerősítették ezt a hatást azzal, hogy az újratöltés négy nap után veszít jelentőségéből, és csak hosszabb ideig történő alkalmazás után éri el a tömegnövelő hatást.

Egy olyan természetes környezetben, mint a kávézó stílusú étterem vagy a munkahely, végzett tanulmányok azt mutatták, hogy az 50%-kal megnövelt élelmiszer mennyisége egy hónapon át fogyasztva megnövelte az energiabevitelt anélkül, hogy az alanyok bármiféle kompenzációt alkalmaztak volna. Az egyéb beszámolók is arra utalnak, hogy a megnövelt mennyiség esetében a szabályozás nem működik. Egy férfiakkal és nőkkel elvégzett 11 napos kísérlet során a szokásoshoz képest 16%-kal megnövelt energiabevitel (19,4 kJ) átlagosan fél kiló testtömeg-gyarapodást eredményezett.

A szuperméretű adagok elterjedése során a média is felhívta arra a figyelmet, hogy a szükségesnél nagyobb adagok milyen mértékben járulnak hozzá a gyerekek és a felnőttek elhízásához. Az amerikaiak 40%-a nyilatkozott úgy, hogy hetente három vagy több alkalommal esznek kereskedelmi forgalomban kapható ételeket. Az olcsó és nagy energiasűrűségű készételek hosszú időn át való fogyasztása jelentős mértékben hozzájárulhat a pozitív energiamérleg kialakulásához, az elhízáshoz. Az adatok azonban nem bizonyítják egyértelműen, hogy az adag mérete jelentős szerepet játszik az elhízás kóroktanában, és kevés a bizonyíték arra is, hogy az adag méretének csökkentése hatékony módszer lenne az elhízás megakadályozására.

A kereskedelmi forgalomban kapható élelmiszeradagok méretének csökkentése nem igazán alkalmazható, mert a fogyasztók a nagy adagokat a jó értékkel azonosítják, míg ez az érzés a kis adagoknál elmarad.

A jövőben még lényegesebb lesz a fogyasztók hiteles tájékoztatása az élelmiszer csomagolásán, és az élelmiszeripar arra való ösztönzése, hogy különböző méretű adagokat kínáljon a vásárlóknak, továbbá fontosak lesznek olyan adminisztratív intézkedések is, amelyek fokozottan ellenőrzik azokat az élelmiszereket és élelmiszer-előállítókat, akik termékeikkel hozzájárulnak a lakosság nagymérvű elhízásához.

5.19. Az energiabevitellel, az elhízással és az étkezési viselkedéssel kapcsolatos pszichológiai hatások

Egyre több bizonyíték támasztja alá, hogy az emberek eltérően viselkednek a különböző táplálkozási kihívásokat illetően. Egyesek gyakran reagálnak, mások nem reagálnak a különböző kihívásokkal szemben. A válaszbeli eltérés okai lehetnek fiziológiai természetűek (testméret, kor), genetikai (leptinrezisztencia), fenotípusos (az egyén genetikája és a tápanyag közötti kölcsönhatás) vagy pszichológiai jellegűek. Ezek közül legnagyobb mértékben a lelki adottságok befolyásolják az étkezési viselkedést.

5.20. Visszafogott étkezési viselkedés

Az étrendi korlátozás arra irányul, hogy a testtömeg szabályozása érdekében csökkenteni kell a táplálékbevitelt. A kutatók gyakran használnak kérdőívet, melynek alapján a kérdezettek étkezési szokásairól, a visszafogott étkezési viselkedés megítéléséről kapnak információt. Az étrendi korlátozás kapcsolatban van a gátlástalansággal, amikor az ember elveszíti a kontrollt a mértéktelen evés miatt. A szakirodalmi adatokból kitűnik az is, hogy az étrendi korlátozás befolyásolhatja a vizsgálati eredményeket. Egy kísérletben a visszafogott nők nem kompenzálták az energiahiányt akkor, amikor zsírhelyettesítőket kaptak, ezzel szemben a nem visszafogott sovány nők kompenzálták étkezésük során a zsírhiányt, illetve az energiabevitel hiányát. A vizsgálat kimutatta azt is, hogy a visszafogott nőknél az energiabevitel sokkal kisebb volt, mint féktelen társaiknál.

5.21. Érzelmi és külső étkezési viselkedés

A kérdőívek segítségével azt is meg tudták határozni, hogy a külső környezet és a belső érzelmi szempontok milyen mértékben hatnak az élelmiszer-bevitelre. Az ember elhízásának externália-elmélete szerint elhízott alanyok sovány társaikhoz viszonyítva jobban reagálnak a külső, élelmiszerekkel kapcsolatos

okokra, érzelmekre, és kevésbé érzékenyek az olyan belső okokra, mint az éhségérzet. Ez egyszerűbben fogalmazva azt jelenti, hogy egy péküzlet előtt elsétálva a sütemény látványa vagy illata készteti az egyént a nem tervezett vásárlásra. A tömeggyarapodásra való érzékenység különbözősége tekintetében a külső kiváltó okokra való érzékenység is szerepet játszhat, különösen a hízásra ösztönző környezetben.

Az élelmiszer utáni sóvárgás, az ellenállhatatlan kényszer, hogy az ember egy élelmiszert elfogyasszon, különösen a magas zsírtartalmú élelmiszerek esetében mutatható ki, mivel az élelmiszer zsírtartalma nagyon fontos az étvágy szabályozásában. Igazolták, hogy életkortól függetlenül, mind férfiaknál, mind nőknél összefüggés van az élelmiszer utáni sóvárgás és az élelmiszer minősége között. Pontosítva, a teljes élelmiszer utáni sóvárgás és a magas zsírtartalmú ételek utáni sóvárgás volt szoros kapcsolatban egymással a különböző BMI-jű csoportoknál. Ezt a területet tovább kell vizsgálni, mert az étkezési viselkedés, az externália és az élelmiszer utáni vágy kapcsolata még nincs teljesen feltárva.

5.22. Érzelmi elmélet

Az élelmiszer-fogyasztás jelentős hatással lehet az egyén hangulatára, és az emberek jelentős részének olyan étellel kapcsolatos hangulati szokásai alakulhatnak ki, mint pl. a reggeli kávézás, vagy az édes ízű ételek fogyasztása a hangulat javítása és a szorongás csökkentése miatt. Az érzelmi állapot is jelentős hatással van az olyan étkezési szokásokra is, mint pl. az élelmiszer-túlfogyasztás vagy koplalás. Többen vizsgálták az érzelmek hatására megváltozott táplálkozási szokások és a testtömeg alakulásának kapcsolatát. A túlsúlyos és a normál tömegű embereket összehasonlítva a vizsgálatok többsége megállapította, hogy a negatív érzelmek, mint a depresszió és a félelem, gyakran okozzák elhízott embereknél az élelmiszer-túlfogyasztást mindaddig, amíg ez az érzelmi állapot tart. A pszichoszomatikus értelmezés ezzel az állapottal kapcsolatban az, hogy az elhízott egyének az élelmiszer-túlfogyasztással próbálják kompenzálni ezt a negatív állapotot.

Egy normál tömegű és elhízott emberekkel végzett kérdőíves felmérés alapján megállapították, hogy a negatív érzelmek hatására a túlsúlyos csoportnál volt nagyobb az élelmiszer-túlfogyasztás, míg a sovány emberek a pozitív érzelmek és helyzetek esetén ettek többet. Szembetűnő és nagyon meglepő volt, hogy a sovány egyének a negatív érzelmek és helyzetek hatására még kevesebbet ettek, ami hozzájárult további fogyásukhoz. Összefoglalóan meg kell állapítani, hogy az érzelmi állapot és az élelmiszer-fogyasztás közötti összefüggés pontos megállapítása még további vizsgálatokat igényel.

5.23. A stressz és az étkezési szokások

A stressz a modern, mindennapi életünk velejárója, és nagyon összetett a kölcsönhatás a stressz és az étkezési szokások között, különösen ha az derül ki, hogy a lakosság egyes csoportjai az étkezési viselkedési profiltól és a személyiség fenotípusától függően stressz hatására többet, más csoportjai pedig kevesebbet esznek. Összefüggést mutattak ki a stressz, a napi problémák és az étkezések közötti nassolás, a magas zsír- és cukortartalmú ételek fogyasztása között.

A stressz hatását az étkezési viselkedésre befolyásolja a stressz típusa, a személyiség és az étkezési szokások. Beszámoltak arról, hogy a munkához kapcsolódó, az egyént fenyegető és az egyének közti stressz fokozott nassolással, míg a fizikai stresszorok csökkent nassolással járnak együtt. Ezért is gondolják, hogy a krónikus, hosszan tartó stressz jelentős mértékben hozzájárulhat az elhízáshoz. A visszafogott vagy gátlástalan evés a stresszre adott választ is megváltoztathatja, aminek élelmiszerfogyasztás-növekedés vagy -csökkenés lehet a következménye. Összességében tehát az élelmiszer-fogyasztás és a stressz közötti kapcsolat függ a nemtől, az elhízás mértékétől és az olyan étkezési viselkedéstől, mint az érzelmi táplálkozás vagy az étrendi korlátozás.

5.24. Fiziológiai hatások az energiabevitelre, az elhízásra és az étkezési viselkedésre

Az élelmiszerek fogyasztása fiziológiai és pszichológiai válaszokat indukálnak, melyek az élelmiszer összetételétől, energiatartalmától és szerkezetétől függnek. Az élelmiszer makroösszetétele határozza meg annak energiatartalmát, emészthetőségét, a falat továbbhaladását az emésztőrendszerben, és jelentős mértékben befolyásolja a peptid hormonok szekrécióját a bélben. Ezek a hormonok jelzéseket küldenek az agyközpontnak, melynek során kontroll alatt lehet tartani az étkezési viselkedést, az anyagcserét és az energia hasznosulását. Az étkezés közbeni emésztés során a bélben nagy mennyiségű hormon keletkezik, melyek jelet küldenek az agyközpontba, korlátozva ezzel a további élelmiszer-fogyasztást. Az olyan élettani változásokat, mint a bél peptidhormon-koncentrációja, amelyek kapcsolatban vannak az étvággyal és az élelmiszer-fogyasztással, markerül lehet használni az étvággyal kapcsolatban. Az étvágy szabályozása azonban a szervezetben összetett, és több ellenőrzési rendszer kontrollálja.

A jóllakottsági érzés biomarkerei az alábbiak. A glükóz már a múlt század közepétől központi szerepet játszott a rövid távú étvágyszabályozási elméletek kidolgozása során. Az elmélet alapvető hipotézise az, hogy a spontán étkezés utáni vágyat rendszerint megelőzi a vércukorszint átmeneti csökkenése, ami miatt javasolták a glükóz étvágygerjesztő biomarkerként történő használatát. Ez az

állítás azonban nem feltétlenül igaz, mert a glükózszint nincs erőteljes hatással az étkezés megkezdésére, ugyanis az étkezés utáni vágy vércukorszint-csökkenés nélkül is bekövetkezik.

Az inzulinkoncentráció változását az étvágy biomarkerének tekintették normál tömegű egyének esetében. Újabban a ghrelin bélben termelődő peptidet azonosították, mint az étkezés kezdeményezőjének biomarkerét. A vizsgálatokból az következik, hogy a ghrelin, intravénásan alkalmazva, mind a sovány, mind az elhízott embereknél az ad libitum táplálékbevitel erős stimulátora.

A kolecisztokinin (CCK) talán a jóllakottsági érzéshez kapcsolódó legjobban tanulmányozott, bélben termelődő peptid, mely különösen a zsírfogyasztáshoz kapcsolódik. A CCK az elfogyasztott élelmiszerek hatására a béltraktusban termelődik, és többek között szerepe van az epehólyag összehúzódásában, a belső elválasztású hasnyálmirigy szekréciójának fokozásában, a gyomor ürítésének gátlásában és az étvágy csökkentésében. A CCK tehát ösztönzi az emésztési folyamatokat, és gátolja a fogyasztott élelmiszer mennyiségét az egyes étkezések során.

Azok a gyógyszerek, amelyek perifériásan fokozzák a jóllakottsági érzést keltő olyan peptidek szintézisét, mint a glükagonhoz hasonló peptid (glucagon like peptide) rendszerek, étvágycsökkentő gyógyszerként jöhetnek számításba. A GLP-1 peptid főként a vékonybélben szabadul fel, és mivel gátolja a gyomor-, bélrendszerben az étel mozgékonyságát, csökkenti az étvágyat. Ezen hatása miatt a GLP-1 peptideket vagy a GLP-1 receptor antagonistákat a 2-es típusú cukorbetegség kezelésénél alkalmazzák.

Az YY peptidnek nevezett vegyület a vastagbélben szabadul fel, és hatását mint hipotalamusz receptor antagonista fejti ki. Befolyása különböző módon érvényesülhet az egyes embereknél, de úgy tűnik, hogy mind a soványaknál, mind az elhízottaknál csökkenti a rövid távú táplálékfogyasztást. További kísérleteket kell végezni különböző élelmiszer-összetétel és energiabevitel mellett annak eldöntésére, hogy ez a peptid alkalmas-e biomarkerként az étvágy csökkentésével kapcsolatban.

Az inzulin nem valószínű, hogy a jóllakottsági érzés biomarkere, mert részt vesz a hosszú távú energia-egyensúly kialakításában. Egészséges embereknél azáltal stabilizálja a vércukorszintet, hogy serkenti a perifériás szövetek glükózfelvételét, és csökkenti a máj glükózszintézisét.

A leptin a zsírszövetben szintetizálódik, és információt nyújt a hipotalamusznak a zsírraktárak elérhetőségéről. A leptin, mint biomarker, hatásait akkor fejti ki, ha az ember energia-egyensúlya felborul, ha a felhasználható energia mennyisége korlátozott. A leptin nem érzékeny a rövid távú jóllakottsági érzésre.

Glükózfüggő inzulinotróp polipeptid. A glükózfüggő inzulinotrop polipeptid (Glucose dependent insulinotropic polypeptide, GIP) a glükóz és zsírfogyasztás esetén szabadul fel a szervezetben. Sovány és elhízott egyénekkel rövid távon végzett vizsgálatok arra utalnak, hogy csak igen gyenge kapcsolat van az étvágy és a GIP között, ezért nem tekinthető jó biomarkernek az étvággyal kapcsolatban.

5.25. Ételfüggőség

Modern életünk egyik legfontosabb sajátossága, hogy szinte korlátlanul állnak rendelkezésünkre biztonságos, energiadús élelmiszerek. Az élelmiszerek előállítása és fogyasztása a társadalom minden tagja számára nagyon fontos, és az ízletes ételek fogyasztása gyakorlattá vált. Azok a közegészségügyi stratégiák, amelyek nem veszik figyelembe a lakosság szokásait, kudarcra vannak ítélve. A neuropszichológa keveset tud az élelmiszerről mint jutalomról, az élelmiszer-választásról, az étkezési viselkedés és az élelmiszer-preferencia közötti kapcsolatokról.

A jövőben kutatni kell a kapcsolatokat a neuroanatómia és az élelmiszerek jelentette kihívásokkal kapcsolatban, hogy az élelmiszerek okoznak-e függőségeket, hogy az élelmiszerek fogyasztása egyfajta jutalom-e az ember számára, és mindezen tapasztalatok alapján eljárásokat kell kidolgozni az egészséges élelmiszer-ellátás érdekében, az elhízás megelőzésére, a testtömeg optimális szinten tartására.

5.26. Az energia-egyensúly ellenőrzése egy életen át

Az éhség a pszichológiai és fiziológiai rendszerek komplex kölcsönhatása, kapcsolat a gyomor-, bélrendszer és agy között. Az energiabevitelnek három fontos eleme van: az élelmiszer tápanyag- és energiatartalma, fizikai összetétele, a gyomor- és bélrendszer, melyben több olyan vegyület keletkezik, amik jeleznek az agynak, és végül maga az agy, ami ezeket a jeleket feldolgozza és választ ad a szervezetnek. Együttesen alkotják az élelmiszer-emésztőrendszer-agy hálózatot, amelyek együtt felelősek a túlfogyasztásért. Az újszülött kor kezdetén a fejlődő hipotalamusz érzékeny a perifériás hormonok jeleire, amelyek közé tartoznak a bélben termelődő hormonok is, és ez a fejlődési program befolyásolja a későbbiekben az elhízás és a krónikus betegségek kialakulását a felnőtt élet során.

Nagyon fontos annak megértése, hogy a korai táplálkozás hogyan és milyen hatással van a későbbi étkezési viselkedésre, és hogy a fiataloknak milyen élelmiszereket kellene fogyasztaniuk a felnőttkori optimális hatás elérése céljából. Idősebb korban a különböző idegi és neuroendokrin folyamatok hiányosságai miatt étvágytalanság léphet fel, ez pedig rontja az idősebbek életminőségét és növeli a halálozást. Itt lenne a legnagyobb szükség olyan élelmiszerek kidolgozására, amelyek serkentik az étvágyat, és ellátják az idősek szervezetét a szükséges tápanyagokkal.

5.27. Az étrend indukálta jóllakottsági érzés és a súlykontroll mechanizmusának megértése

Az energiakorlátozáson vagy a tápanyag-összetevők manipulációján alapuló étrendi beavatkozások elősegíthetik a fogyást, és ezt energiadeficitet kialakító fizikai terheléssel is el lehet érni. Elméletileg minden esetben fogyás következik be, ha az energiabevitel kisebb, mint az energialeadás. Elhízott embereknél ezt a hatást közép- és hosszú távon elérni a gyakorlatban azonban nagyon nehéz, aminek egyik fő oka, hogy az éhségérzet miatt nem tartják be az előírt diétát.

Nem ismerjük az emberek különbözőségét, változatosságát a pszichológia, valamint az éhség és jóllakottság által kiváltott viselkedési paraméterek terén, az élelmiszer-preferenciákat a mozgás vagy az élelmiszer által kiváltott energiadeficit esetében az élet során, illetve azt, hogy ezek a dolgok hogyan kapcsolódnak az emésztőszervi hormontermeléssel, ezek idegi hatásával és az energia-anyagcserével. Ezen tényezők pszichológiai, viselkedési és endokrin-neurológiai hatását és alkalmazhatóságát az életkor, a nem és az egyén esetében még vizsgálni kell.

5.28. Jövőbeni irányok

Az étkezés, az energiabevitel és az elhízás kialakulásának kapcsolatát csak akkor lehet megérteni, ha multidiszciplináris kutatócsoportok dolgoznak a témán. Ennek során vizsgálni kell a munkahely és az elhízás kapcsolatát is. Mivel a felnőttek sok időt töltenek munkahelyükön, és ez alatt minden nap legalább egyszer étkeznek, az elhízás szempontjából nagyon fontos, különösen ülőmunkát végzőknél, az egészséges munkahelyi környezet. Az elhízott emberek számának növekedése a fokozottabb egészségi kockázat, betegségek, a munkahelytől való távolmaradás miatt közvetett gazdasági következménnyel járhat. Az elhízással való foglalkozás ezért a politikusok számára is kiemelt területté vált annak érdekében, hogy jobban megértsük a kapcsolatot a munkahelyi stressz és a testtömegszabályozás, valamint az elhízás között. Jelenleg csak kisszámú kezdeményezés történt a munkahelyi stressz csökkentése érdekében. Alapos kutatómunkát sürget az elhízást mérséklő munkakörnyezet kialakítása, a hátrányos étkezési szokások előfordulásának csökkentése, az egészséget szolgáló fizikai aktivitás gyakorlatának bevezetése, illetve az energiabevitel csökkentése a túlsúly megelőzésére. Különösen fontos lenne annak tanulmányozása, hogy a modern életvitel során kialakuló stresszhelyzetek, a hátrányos étkezési szokásokkal és az általánosan fogyasztott élelmiszerekkel karöltve, hogyan járulnak hozzá az elhízáshoz.

6. TÖMEGCSÖKKENTÉS, TÖMEGMEGTARTÁS, AZ ELHÍZÁS KEZELÉSE

6.1. Bevezetés

Az iparilag fejlett országokban a szívkoszorúér-betegség és a rák a vezető halálok, melyek szoros kapcsolatban állnak az életmóddal. A betegségek előfordulása jelentős mértékben csökkenthető az étkezési és testmozgási szokások megváltoztatásával és a dohányzás megszüntetésével. Fontos célkitűzés lehet ezen betegségek csökkentésére, hogy az emberek változtassanak eddigi életmódjukon, legfőképpen a táplálkozási szokásaikon, mert a táplálkozás megváltoztatásával lehet a legnagyobb sikereket elérni ezen a téren, hisz a megfelelő táplálkozás a betegségek kezelése során, de még inkább a betegségek megelőzésében is szóba jöhet.

6.2. Az elhízás, a táplálkozás és a testmozgás közötti kapcsolat

A viselkedési megközelítés alapjául szolgáló alapvetés a viselkedés funkcionális elemzése, azaz az A-B-C modell. A funkcionális elemzés során fel kell tárni azokat a viselkedési formákat, amelyeket meg kell változtatni a fogyás érdekében. Ezek főként az étkezési és a testmozgással kapcsolatos szokásokat jelentik, melyek szoros összefüggésben vannak az elhízással és annak mértékével. A kutatók állítása szerint az előzmények feltárása lehetőséget biztosít a szokások megváltoztatására, azaz az elhízás kezelésére és megelőzésére.

A viselkedési elvek alkalmazása az elhízás kezelésére, problémájának megoldására a múlt század hatvanas-hetvenes éveire tehető. A legkorábbi ilyen tömegcsökkentést célzó programot nyolc enyhén túlsúlyos nővel végezték, melynek időtartama 10 hét volt. Ezek az étkezési szokások megváltoztatását célzó programok nem foglalkoztak az elfogyasztott energia mennyiségével, hanem csak azt nézték, hogy mikor és hol fogyasztottak élelmiszert a páciensek. A résztvevőket arra ösztönözték, hogy változtassanak a mindennapi szokásaikon, hogy pl. lift helyett lépcsőn járjanak, de a fizikai aktivitásra semmiféle előírást sem tartalmaztak. Ezekkel a korai kezelésekkel 8-10 hét alatt átlagosan 3-5 kg fogyást tudtak elérni, és ez a módszer sokkal hatékonyabbnak bizonyult, mint a táplálkozással kapcsolatos oktatás vagy a fizikoterápia.

6.3. Az energiafelvétel és energiakiadás elemzése

A múlt század nyolcvanas-kilencvenes éveiben ezekben a viselkedési programokban egyre nagyobb szerepet kapott az energiafelvétel és energiakiadás elemzése. Bár eleinte csekélyebb célokat tűztek ki ezek a programok, idővel azonban szigorították az étrenden, és jóval nagyobb mértékű fizikai aktivitást javasoltak. Nagyobb figyelmet fordítottak a fogyással kapcsolatos körülmények megismerésére, a visszahízás megelőzésére és a kezelési programok fokozatos meghosszabbítására. A kilencvenes évek végére az átlagos fogyás 24 hét alatt elérte a 8,5-10,0 kg-ot.

A fogyási eredmények javulásával a figyelem az eredmények megtartása irányába tolódott el. Nyilvánvalóvá vált, hogy az eredményes fogyókúra utáni újbóli visszahízás csak akkor előzhető meg, ha az elhízást betegségként kezelik, létrehozzák az elhízás betegségmodelljét, és valamilyen folytonos terápiát dolgoznak ki az elhízás megakadályozására és a fogyókúra utáni visszahízás megelőzésére. A programokat meghosszabbították, és a folyamatos kezelés különböző formáit dolgozták ki. Így a standard viselkedési programok fokozatosan hosszabbakká, intenzívebbekké és hatékonyabbakká váltak. A múlt évszázad utolsó éveiben ezek a 6-12 hónap közötti programok 8-10 kg közti tömegveszteséget produkáltak.

6.4. A fogyás és az egészségmegőrzés kapcsolata

A tömegcsökkenéssel és a tömegmegtartással kapcsolatos kezdeti sikereken felbuzdulva kezdték vizsgálni, hogy a fogyásnak milyen szerepe lehet az egészség elősegítésében és megőrzésében. Számos vizsgálat kimutatta, hogy az életmódbeli változások, a tömegcsökkenés sikeresen csökkenthetik a magas vérnyomás kialakulásának kockázatát, és javíthatják a magas vérnyomásban szenvedők kezelési eredményeit is. 2002-ben kimutatták, hogy életmódbeli változás a placebohatáshoz képest 58%-kal csökkentheti a cukorbetegség kialakulásának kockázatát, és kétszer olyan hatékony volt, mint a korábban alkalmazott gyógyszeres kezelés.

Kimutatták azt is, hogy a viselkedési tömegcsökkenés túlsúlyos, illetve elhízott nőknél csökkentette az inkontinenciát, javította a nem alkohol okozta steatohepatitisben és az osteoarthitisben szenvedők állapotát, és javította a kettes típusú diabéteszben szenvedők glikémiás helyzetét és a szív- és érrendszeri betegségek kockázatát. A tömegcsökkenéssel jelentős javulást értek el a betegek hangulata és életminősége terén is.

6.5. Viselkedési stratégiák

6.5.1. A változtatni kívánt viselkedési forma beazonosítása

Az első lépés annak a felismerése, hogy mi az a viselkedési forma, amelyen változtatni kell a kívánt hatás elérése céljából. A fogyás szempontjából például annak a felismerése, hogy az elfogyasztott és a felhasznált energiának egyensúlyban kell lenni egymással, és tömegcsökkenés csak akkor érhető el, ha a bevitt energia kisebb, mint amit a szervezet felhasznál. Ez a korábbi álláspont szerint megkövetelte a telített zsírsavakat tartalmazó zsírok és a koleszterin jelentős csökkentését a táplálékban, bár a koleszterinnel kapcsolatban ma már megengedőbbek az elvárások. Figyelmet fordítottak a kisebb nátriumbevitelre is a vérnyomás-növekedés megakadályozása miatt.

6.5.2. Célok kitűzése

A viselkedés megváltoztatásában hasznos lehet a résztvevők által elérhető konkrét célokat meghatározni. Gyakran mind a viselkedési módokat, mind a fiziológiai eredményeket és célokat célszerű azonosítani. Példaként említhető, hogy a tömegcsökkentési programokban részt vevők elhatározzák, hogy napi 5000 kJ-nál több energiát nem vesznek magukhoz, és legalább 4200 kJ energiát fordítanak hetente testmozgásra, mellyel egy kilogrammot szeretnének fogyni. A rövid távú célok kitűzése hatékonyabbnak tűnik a viselkedés megváltoztatására, mint a hosszú távúak.

A célok gyakran változnak annak függvényében, hogy a résztvevők hogyan haladnak előre a kitűzött célok megvalósításával. Jó példa erre, amikor a résztvevő először 1000 kJ/hét, majd 2000 kJ/hét, illetve 4200 kJ/hét energiát fogyasztó fizikai aktivitást tűznek ki célul.

6.5.3. Önmegfigyelés

A fogyókúrás programokban részt vevők számára talán a legfontosabb az önmegfigyelés stratégiája, amikor rögzítik étkezési szokásaikat, a fogyasztott élelmiszereket és azok mennyiségét. Számos olyan információ rögzíthető önellenőrzéssel, mint az elfogyasztott élelmiszerek típusa és mennyisége, az egyes élelmiszerek energiatartalma, az elfogyasztott zsír, fehérje és rost mennyisége, hogy hol és milyen körülmények között fogyasztotta el az ételt, és milyen volt a hangulata az ételfogyasztás előtt és alatt. Ugyancsak rögzíteni lehet a fizikai aktivitást, akár az elfogyasztott energia, akár az időtartam alapján. A terápiában részt vevőktől azt kérik, hogy a naponta rögzített adataikat vigyék magukkal a csoportos gyűlésekre, lehetőséget adva a csoportvezetők és más résztvevők visszajelzéseire.

Az önmegfigyelés a kezelés első 6 hónapjában általában napi rendszerességgel történik, majd folytatódik a fenntartó kezelés során. Számos tanulmány bizonyítja az önmegfigyelés hasznosságát, mert erős az összefüggés az önmegfigyelés és a fogyás hatékonysága között.

Az olyan technológiák, mint az internet és a mobileszközök (okosórák és okostelefonok), valamint a fizikai tevékenységet objektíven mérő eszközök (gyorsulásmérők, lépésszámlálók), alternatív megoldást jelentenek a hagyományos, papíralapú dokumentáció mellett. Az internetalapú adatbázisok lehetővé teszik a felhasználók számára, hogy onnan keressék ki a fogyasztott élelmiszerek energiáit, amelyet aztán lementve bármely internetes hozzáférést biztosító helyen ellenőrizni tudnak.

A PDA (Personal Digital Assistant) és okostelefon-alkalmazások hasonló módon működve lehetővé teszik annak ellenőrzését, hogy mikor és mit evett, és lehetővé teszik az önellenőrző rendszer még hatékonyabb működését. A fizikai aktivitás figyelésére újabban olyan objektív monitorok állnak rendelkezésre, amelyek rögzítik a gyorsítást vagy a lépéseket, és lehetővé teszik a felhasználó számára azt is, hogy feltöltse az adatokat egy internetes webhelyre.

6.5.4. Ösztönző kontroll

A viselkedési módosítás központi alapelve, hogy az egyén viselkedését a környezete befolyásolja. Így a környezet manipulálásával a résztvevők meg tudják változtatni a viselkedési események valószínűségét. A résztvevőket a különböző programokban arra tanítják, hogy az átalakított környezetben csökkentsék a nem megfelelő élelmiszerek fogyasztását, és növeljék a megfelelő étrendre való átállást, illetve növeljék a fizikai aktivitást. A résztvevőket próbálják rávenni arra, hogy korlátozzák a magas zsírtartalmú élelmiszerek vásárlását, és ha már meg is vásárolták, nehezen látható helyen tárolják. Ezzel szemben a résztvevőket arra ösztönzik, hogy több gyümölcsöt és zöldséget vásároljanak, és olyan jól látható helyen tárolják őket, hogy mindig szem előtt legyenek. A testmozgás növelése érdekében a résztvevőket arra ösztönzik, hogy a testmozgással kapcsolatos tárgyakat jól látható helyeken tárolják. Helyes stratégia lehet az étkezés egy bizonyos helyre történő korlátozása, és más, olyan tevékenységtől történő elkülönítése, mint pl. a televíziónézés vagy az olvasás. Olyan technikákat lehet választani, amelyek más típusú táplálkozási viselkedéshez vezetnek, mint pl. a sószóró eltávolítása az asztalról a magas vérnyomásban szenvedők sófogyasztáscsökkentése érdekében.

6.5.5. Problémamegoldás

Amikor állandó életmódváltásra törekszünk, a résztvevők számos akadályba ütköznek és számos problémával szembesülnek. Annak érdekében, hogy a résztvevők sikeresen navigálhassanak ebben a folyamatban, a problémamegoldó

készségekkel kapcsolatos képzés is szerepel a viselkedéskezelési programokban. A résztvevőket arra tanítják, hogy azonosítsanak egy konkrét problémát, amely akadályozza a fogyásra irányuló erőfeszítéseiket; hogy lehetőleg több megoldást találjanak a problémára, hogy értékeljék a lehetséges megoldásokat, és válasszanak egyet, hogy hajtsák végre az elhatározásukat, majd értékeljék az eredményt, és ismételjék meg, ha szükséges, a problémamegoldó folyamatot. Az egyedileg azonosított problémákra egyedi problémamegoldó technikákat használnak akkor, ha pl. az egyik résztvevőnek nehézséget okozhat a vacsora készítése közben a túlevés, a másik pedig az éttermekben való étkezés nehézségeire összpontosít. Bebizonyították, hogy fontos a problémamegoldás tanítása a fenntartási fázisban a viselkedési fogyásprogram során.

6.5.6. Megismerő átalakítás

Nagyon fontos annak felismerése, hogy az elhízáshoz leginkább a túlzott élelmiszer-fogyasztás és a mozgáshiány járul hozzá. Nem szabad úgy gondolkodni, hogy én nem tudok 30 percig testgyakorlatokat végezni, egyáltalán nem tudom megcsinálni, vagy hogy stresszes napom volt, ezért igazán megérdemlek némi süteményt. A résztvevők gyakran nincsenek tisztában a gondolataik viselkedésükre gyakorolt hatásával. A megismerés, a probléma felismerése arra szolgál, hogy a résztvevők száműzzék negatív gondolataikat, és olyan új, pozitív hozzáállást tanúsítsanak, amely segíti az életmódjuk változtatását.

6.5.7. A visszaesés megelőzése

A résztvevők segítése a fogyókúrában való részvételre és a fogyókúra során elkövethető hibák megelőzésére a viselkedésalapú fogyókúra programok része. A programok során a résztvevőket megtanítják arra, hogy a túlevéshez vezető problémás helyzeteket hogyan lehet előre jelezni, és miként lehet speciális stratégiákat kidolgozni az ilyen problémák leküzdésére. A résztvevőket arra biztatják, hogy dolgozzanak ki terveket, hogy a túlevés soha ne alakuljon ki náluk, mert az az addig elért eredményt tönkreteheti.

6.5.8. Az étkezési viselkedés megváltoztatása

A tömegcsökkentésben legfontosabb az energiamérleg szerepének a felismerése, azonban a felismertetés módszerére még nincsenek jól bevált eljárások. Valójában kevés az információ arról, hogy kinek mi az ideális energiamennyiség, és hogy ezt a mennyiséget a táplálék makrokomponenseivel hogy lehet kielégíteni. A legjobb módja ezen változások felismerésének továbbra is tisztázatlan. Valójában kevés információ van ezeknek a viselkedésmódoknak az alapvető aspektusairól, pl. az energiabevitel szintjéről, amelyet a legjobb felírni, vagy

a makrotápanyag-összetétel típusairól az étrendben, amelyet ajánlanunk kell. A legfontosabb kérdések közé tartozik, hogy miként lehet csökkenteni a telített zsírsavakat tartalmazó zsírokat és az élelmiszer sótartalmát, vagy hogyan lehet növelni a rostbevitelt, a gyümölcsök és a zöldségek fogyasztását.

6.6. Energiabevitel

A viselkedési tömegvesztési programok olyan alacsony energiatartalmú diétát alkalmaznak, amelyeknél az energiatartalom 5000-6300 kJ/nap között változik, és amelynek célja, hogy a tömegveszteség hetente fél-egy kiló között legyen. Ezeket a kezelési sémákat empirikus vizsgálatok alapján fejlesztették ki, amelyekben különböző energiatartalmú étrendeket hasonlítottak össze. Az 1980-as években és az 1990-es évek elején, a fogyókúrás program kezdeti szakaszában nagy volt az érdeklődés a nagyon alacsony energiatartalmú étrend iránt. Ezek az étrendek 1600-3400 kJ/nap energiát, jellemzően folyékony ételeket, sovány húsokat, halakat és szárnyasokat tartalmaztak. Azért ilyen alacsonyan szabták meg az energiatartalmat, hogy kezdetben 12 hét alatt átlagosan 20 kg fogyást érjenek el.

Mivel a tömegvisszanyerés azonnal megtörtént a diéták leállását követően, a kutatók azt javasolták, hogy hasznos lehet a nagyon alacsony energiatartalmú diéta, de csak a fogyás első felében, és ezt a gyors fogyást olyan viselkedési technikákkal kell kombinálni, amelyek hosszú távon segítenek fenntartani a fogyást. Sajnos azonban az eredmények következetesen azt mutatták, hogy a résztvevők gyorsan visszanyerték eredeti tömegüket a nagyon alacsony energiatartalmú diéta abbahagyását követően még akkor is, ha különböző viselkedési programokat tanítottak nekik. Így hosszabb távon nem volt előnye ezeknek a szigorúbb energiaszinteknek a szerényebb energiatartalom-korlátozáshoz képest, és ennek következtében a módszerek többsége visszatért a napi 5000-8000 kJ ajánlások alkalmazásához.

6.6.1. Makrotápanyag-összetétel

A második kérdés az étrend makrotápanyag-összetételével kapcsolatos. A múltban a viselkedéskutatók elsősorban az energiára összpontosítottak, és kevesebb figyelmet fordítottak az elfogyasztott élelmiszerek fajtájára. Mivel az epidemiológiai és metabolikus vizsgálatok azt mutatták, hogy összefüggés van az étkezési zsírbevitel és a testtömeg között, a kutatók azt kezdték vizsgálni, hogy a korlátozott zsírbevitel vajon pozitív módon befolyásolná-e a hosszú távú tömegveszteség eredményességét. Azok a tömegcsökkentő programok, amelyek segítségével a betegek csökkenteni tudták mind az energia-, mind a zsírbevitelt, sokkal hatékonyabbnak bizonyultak azoknál, ahol csak az energia- vagy csak a zsírbevitelt csökkentették a program során. Így a tömegcsökkentés ezen megközelítése elfogadottá vált.

Jelenleg nagy az érdeklődés az alacsony szénhidráttartalmú diéta iránt, amely nem korlátozza a fehérje- vagy a zsírfogyasztást, de drasztikusan csökkenti a szénhidrátbevitelt. Rövid távon ezekkel a módszerekkel jelentős tömegvesztést lehet elérni, de a hosszú távú eredmények nem voltak meggyőzőek. Összehasonlítva 160 túlsúlyos vagy elhízott ember eredményeit az alacsony szénhidráttartalmú, a kiegyensúlyozott, nagyon alacsony zsírtartalmú pontrendszer szerinti és a nagyon alacsony zsírtartalmú diéta során, megállapították, hogy egyéves kísérlet során nem volt különbség a módszerek között a tömegveszteséget tekintve, mert mind a négy csoportnál átlagosan 2,1-3,2 kg tömegveszteséget tudtak elérni. Azok azonban, akik szigorúan betartották az előírt étrendet, mind a négy csoportban nagyobb tömegcsökkenést értek el. Ez a megállapítás rámutat arra, hogy egy speciális diétához való ragaszkodás helyett a makrotápanyag-összetétel a lényeg, amit a közelmúltban több kísérlet is bizonyított.

6.6.2. Élelmiszer-ellátás és strukturált étkezési tervek

A viselkedéskutatók már régóta felismerték az otthoni környezet módosításának fontosságát, mint olyan eszközt, amely befolyásolja az étkezési viselkedést, és hangsúlyozták az otthoni ingerek hatásának fontosságát is az élelmiszer-fogyasztás során. A viselkedéskutatók szerint a nagyobb változások az otthoni környezetben biztosítják, hogy a betegek csak annyi élelmiszert vegyenek magukhoz, amennyit feltétlenül szükséges. A kutatások bizonyították, hogy azok a páciensek, akiket kiszolgáltak azokkal az ételekkel, amelyeket el kellett fogyasztaniuk, nagyobb tömegcsökkenést értek el még akkor is, ha a kontrollcsoport is ugyanolyan energiatartalmú ételt fogyasztott, de az ételek összeállítását szabadon választhatták meg.

Pozitív eredményekről számolnak be abban az esetben is, amikor a résztvevők készételeket kaptak vagy mesterségesen összeállított ételeket fogyasztottak vacsorára, nagyon alacsony zsírtartalommal. Ezek a vizsgálatok arra utalnak, hogy az evési folyamat leegyszerűsítése, az egyénre szabott megfelelő étrendek elősegíthetik a tömegvesztés fenntartását. A legfontosabb az étrend betartása, tehát az olyan tényezők, mint az élelmiszer-ellátás, kritikus pontok lehetnek a tömegcsökkentő programok sikerében.

6.7. Fizikai aktivitás, mozgás, sport

A tömegcsökkenés hosszú távú fenntartásának legjobb előrejelzője a fizikai aktivitás. Azok az egyének, akik hosszú távon fenntartják a gyakorlatot, a legsikeresebbek a fogyás során. A viselkedéskutatók szerint a legnagyobb kihívás, hogy a fogyókúrában részt vevők hosszú távon fenntartsák a mozgásprogramjukat, azaz rendelkezzenek egy edzésprogrammal. Az ilyen mozgásprogram rendszerint a

gyors gyaloglást vagy hasonló mérsékelt mozgásformát jelent. Az embereket arra ösztönzik, hogy a fizikai megterheléssel érjék el a heti 200 perc időtartamot, ami 40 percet jelent a hét öt napján.

6.7.1. Otthon vagy felügyelettel végzett mozgás

A felügyelet alatt végzett mozgás lehetővé teszi, hogy a szakemberek jobban ellenőrizzék a betegek tevékenységét, pontosabban állítsák be a mozgás intenzitását, a dózist és az időtartamot, valamint a betegek mozgás előtti bemelegítését, illetve a szükséges pihenési szakaszokat. Azonban a felügyelt helyre (edzőterem) való járás további terheket ró a betegekre, és elriaszthatja őket a rendszeres részvételtől, ami megakadályozhatja a tömegcsökkenést. Számos kutató összehasonlította a hosszú távú tömegcsökkentés során a felügyelettel vagy anélkül otthon végzett fizikai aktivitás hatékonyságát. Összehasonlítva a felügyelet alatt végzett fizikai aktivitást azokkal, akik otthon, felügyelet nélkül gyakoroltak, megállapították, hogy a kezdeti tömegcsökkenés hasonló volt, azonban az életmódcsoportban a tömeg visszanyerése kisebb volt hosszú távon a másik csoporthoz viszonyítva. Egy hasonló kísérletben a kezdeti tömegveszteség az életmódcsoportban és az ellenőrzött csoportban hasonló volt, de 15 hónappal később az otthon végzett gyakorlatok hatására a tömegveszteség 11,65 kg, míg az ellenőrzött fizikai aktivitást végző csoportban csak 7,01 kg volt. Ez azt sugallja, hogy a hosszú távú fogyás tekintetében az otthon végzett gyakorlatok sokkal hatékonyabbak, mint a felügyelettel végzettek.

6.7.2. Rövid, intenzív vagy hosszan tartó, kevésbé megerőltető gyakorlatok

A korábban ismertetett felügyelet melletti és életmódszerűen végzett fizikai gyakorlatok nemcsak a helyszínben, hanem a tevékenység végzésének módjában is különböznek. A felügyelt edzések résztvevői minden héten 3-5 alkalommal végeztek fizikai aktivitást. Az életmódszerűen edző egyének napi 30 perc intenzív mozgást végeztek átlagosan. Ezen utóbbiak a gyakorlatokat vagy folyamatosan végezték 30 percig, vagy pedig több rövidebb szakaszra osztották a nap során. Mivel az emberek időhiánya jelentős mértékben befolyásolja az otthoni edzésüket, könnyebb a résztvevők többségének négyszer 10 percet, mint egyszer 40 percet teljesíteni. A hipotézis bizonyítására két tömegcsökkentő programot hasonlítottak össze, amelyben az előírt gyakorlatokat hetente öt napon keresztül vagy napi egy alkalommal 40 percig, vagy négyszer 10 percig végezték. Az első vizsgálat során megállapították, hogy 6 hónap alatt a rövidebb ideig intenzívebben végzett gyakorlatokkal értek el jobb eredményt a tömegcsökkentés tekintetében. A második vizsgálat során is hasonló megállapításra jutottak a vizsgálat első pár hete alatt, de tovább folytatva az elemzéseket, a vizsgálat 6-18 hónapja

között nem találtak különbséget a két csoport tömegcsökkenésében. A két csoportot azért lehetett összehasonlítani, mert azonos gyakorlatokat végeztek, csak az egyik csoport rövid idő alatt, a másik hosszabb idő alatt teljesítette a feladatokat. A vizsgálatokból azt a következtetést vonták le, hogy a rövid ideig intenzíven végzett gyakorlat különösen hasznos lehet a tömegcsökkentő program elején, a két különböző edzésprogramról azonban megállapítják, hogy mindegyik ugyanolyan hatékony a teljes időtartam alatt, és mindegyiket a másik alternatívájaként lehet alkalmazni.

6.7.3. Otthoni edzőberendezések használata

Az otthoni mozgás egy másik lehetséges módja a házi használatra szánt edzőberendezések használata. Gyakran megjegyzik azonban, hogy ezen gépek használatának kezdeti lendülete fokozatosan csökken, bár ebben a témában nem végeztek korrekt vizsgálatokat. Többen pozitív összefüggést találtak a házi használatra szánt berendezések száma és a fizikai aktivitás között.

A vizsgálatokból úgy tűnik, hogy ezek a berendezések elősegítik a résztvevő számára a megfelelő testmozgásrendszer kialakítását, a megfelelő viselkedési formákat, és jelentős mértékben csökkentik a testmozgással kapcsolatos költségeket is. Egy túlsúlyos nőkkel végzett kísérletben megvizsgálva ezt a stratégiát, a nők egyik csoportja egy otthoni futópaddal kombinálva rövid ideig intenzív gyakorlatokat végzett, második csoportjuk ugyanezeket a gyakorlatokat végezte, de hosszabb idő alatt. A futópadot is használó csoportnál a fogyás 13-18 hónap alatt lényegesen nagyobb volt (7,4 kg), mint azoknál, akik ilyen berendezést nem használtak (3,7 kg). Ez a tanulmány tehát támogatja azt az elképzelést, hogy hosszabb távon a sporteszközök használata hasznos lehet a fogyási cél elérésében.

6.7.4. Az ülve végzett tevékenységek csökkentése

Többen azt vizsgálták, hogy az ülő helyzetben történő tevékenység csökkentése hogyan változtatja meg az aktivitási szintet, és milyen hatással van az egyén általános aktivitására, az elhízás kezelésére vagy megelőzésére. Az ülő életmód hatását mind a mai napig elsősorban gyermekek esetében vizsgálták. 8-12 éves gyermekek estében az elhízás kezelésére különböző módszereket alkalmazva az ülő tevékenység (tévé, videojátékok) idejét, a fizikai aktivitást és a kettő kombinációját hasonlították össze. A legnagyobb tömegcsökkenést abban a csoportban kapták, ahol az ülő tevékenységet sikerült jelentős mértékben csökkenteni, majd következett a kombinált csoport, és a legkisebb tömegcsökkenést ott kapták, ahol csak a fizikai aktivitást sikerült növelni. Az ülő életmód csökkentésére kijelölt csoportban nemcsak a tömegcsökkenés volt a legnagyobb, hanem erőteljesen nőtt náluk a fizikai aktivitás iránti igény is. Az összes csoportban jelentősen nőtt a résztvevők állóképessége.

Az átlagosan kilencéves iskolás gyermekek elhízására a televíziózás hatását ugyancsak vizsgálták. Az egyik iskolában a véletlenszerűen kiválasztott gyermekek csoportját arra kérték, hogy csökkentsék a tévénézés idejét. A gyermekek ebben az iskolában önállóan feljegyezték a televízió, a videojáték és a videokazetta használatának idejét, és közben megpróbáltak egy olyan tíznapos időszakot beiktatni, amikor ezeket az eszközöket nem használták. Ezt követően megpróbálták ezen eszközök használatát heti hét órára csökkenteni. A televíziókhoz olyan elektronikus eszközöket csatlakoztattak, amelyekkel nyomon lehetett követni azok használatát. A kísérletben részt vett tanulóknál statisztikailag jelentős mértékben csökkent a televíziózással eltöltött idő, és csökkent a tévénézés közben elfogyasztott élelmiszerek mennyisége is. A kísérletben rész vevő gyerekeknél a testtömegindex is kisebb mértékben nőtt, mint azoknál, akik több időt töltöttek el a tévé előtt.

Míg az ülő aktivitás csökkenése egyértelműen előnyös volt a gyermekek esetében, egy kontrollált kísérlet során megvizsgálták ennek hatását a felnőttek esetében is. Olyan 36 felnőttel végeztek kísérletet, akik legalább három órát vagy többet töltöttek naponta a tévé előtt. Két csoportra osztva őket, az emberek felét arra kérték, hogy 50%-kal csökkentsék a tévé előtt eltöltött időt. Azoknál az embereknél, akik kevesebb időt töltöttek a tévé előtt, a napi energiafogyasztás szignifikánsan nagyobb volt a kontrollcsoporthoz viszonyítva, és nagyobb volt az energiafelvétel is, ami arra utal, hogy felnőtteknél ez a módszer is szóba jöhet az elhízás elleni küzdelemben.

6.7.5. A fizikai aktivitás mértéke

A viselkedési tömegcsökkentő programok hagyományosan arra ösztönzik a résztvevőket, hogy fokozatosan növeljék a fizikai aktivitást addig, amíg el nem érik a 4200 kJ/hét célt. Egy 68 kg-os ember ezt az energiafogyasztást heti 25 km gyaloglással vagy egy hét alatt ötször öt kilométer gyaloglással képes elérni. Nem volt azonban világos, hogy ez a tevékenység elegendő volt-e a fogyáshoz és az elért tömeg megtartásához.

Az az elképzelés, hogy a magasabb szintű fizikai aktivitás összefüggésbe hozható a hosszú távú tömegvesztéssel és az elért tömeg megtartásával, a fogyókúrában részt vevők adatainak statisztikai értékeléséből derült ki. A figyelembe vett egyének egy hét alatt 12 000 kJ energiát használtak fel a mozgásra, és úgy tűnik, hogy ez a magas szintű fizikai aktivitás rendkívül hasznos mind a tömegcsökkentés, mind az elért tömeg megtartása során, ahogy azt különféle mérőműszerekkel objektív módon mérni is lehet. További vizsgálatok is megerősítették a fokozott fizikai aktivitás szerepét a tömegcsökkentésben és a tömeg megtartásában, ugyanis azon egyéneknél, akik heti 8500 kJ-nál több energiát fordítottak a mozgásra, sokkal sikeresebbek voltak a tömegcsökkentésben és -megtartásban is.

Egy randomizált klinikai vizsgálatban összehasonlították olyan emberek tömegveszteségét, akik 4200, illetve 10 500 kJ energiát használtak fel hetente a fizikai aktivitásra. Megállapították, hogy 12-18 hónap után a nagyobb fizikai

aktivitást végző csoport 3-4 kg-mal több tömegveszteséget produkált a kisebb fizikai aktivitású csoporthoz viszonyítva. Másfél év után a nagyobb fizikai aktivitású csoport csökkentette a fizikai terhelést, és 30 hónap után már nem lehetett különbséget kimutatni a két csoport között. Azonban azok, akik a fizikai aktivitást a 10 500 kJ/hét vagy annál nagyobb szinten tartották, nagyobb tömegcsökkenést (12 kg) mutattak, mint azok, akik kevesebb aktivitást végeztek (0,8 kg).

Az utóbbi időben egy nagyon fontos kérdést vizsgáltak: mi a fizikai aktivitás optimális mennyisége és intenzitása a fogyás és a tömegmegtartás szempontjából? Egy tömegcsökkentő programban a fizikai aktivitásra hetente 4200 és 8400 kJ energiát fogyasztó csoportokat összehasonlítva megállapították, hogy 12 hónap elteltével sem az intenzitási szint, sem a dózis nincs hatással a tömegcsökkentésre. 24 hónap után mindkét csoport visszanyerte eredeti tömegét, és a nettó fogyásban sem különböztek egymástól. Mivel a vizsgálatokat szigorúan nem kontrollálták, azt feltételezik, hogy a részvevők nem tartották be az utasításokat, és idővel a fizikai aktivitás is hasonlóvá vált. Ennek ellenére, akik heti 8400 kJ energiánál többet fordítottak a fizikai terhelésre, több fogyásról és sikeresebb tömegmegtartásról számoltak be.

6.7.6. Az egészséges táplálkozás és a testmozgás szerepe

Az étkezési és testmozgási szokások megváltoztatásakor az embereket gyakran befolyásolják a körülöttük lévők tettei és szavai. A legújabb bizonyítékok arra utalnak, hogy mind az elhízásra, mind a fogyásra nagy hatással lehetnek a közösségi hálózatok. Számos tanulmányban értékelték a házastársak és más családtagok szerepét, a barátok és ismerősök hatását, de az eredmények nagyon vegyesek voltak. A vizsgálatok kimutatták, hogy van egy csekély összefüggés a házastársak esetében, de a család szerepe a tömegcsökkentő folyamatban nagyon minimális a gyerekek és a felnőttek esetében, és szinte semmi hatása nincs a serdülőknél.

Egy tanulmányban a szociális támogatás két különböző megközelítését értékelték. A tömegcsökkentő programban részt vevőket arra kérték, hogy nevezzenek meg három túlsúlyos ismerőst, akik velük együtt részt vennének a tömegcsökkentő programban. Azokat a személyeket, akik három ismerőst azonosítottak, olyan személyekkel hasonlították össze, akik nem tudtak vagy nem voltak hajlandók azonosítani három ismerőst, vagy nem kérték fel őket mások toborzására. Olyan csoportokat állítottak össze, amelyek versengtek egymással az eredményért, sőt pénzdíjban is részesültek. Azok a csoportok érték el a legjobb eredményt, amelyek ismerősökkel, barátokkal dolgoztak együtt a tömegcsökkentésben, tehát nyilvánvaló előnyöket jelentett a szociális támogatás. Az ezekben a csoportokban részt vevők 95%-a, míg az egyedül, szociális támogatás nélkül indulóknak csak 76%-a fejezte be a programot. A szociális támogatásban részt vevők 66%-a, míg a standard csoportban lévőknek csak 24%-a csinálta végig a 10 hónapos programot.

Mások nem találtak ilyen különbséget a csoportok között a tömegcsökkenést illetően, és azt is hangsúlyozták, hogy a szociális támogatás során csak akkor lehet jelentős eredményt elérni, ha a társak is erősen elkötelezettek a tömegcsökkentésre.

6.8. A média hatása a fogyásra

A tömegcsökkentő programok hagyományosan egy szemtől szembe történő beszélgetéssel kezdődnek egészségügyi szakemberekkel. Mivel azonban az elhízás rendkívül elterjedt probléma, a kutatás olyan kezelési megközelítések kidolgozására összpontosított, amelyek alig vagy egyáltalán nem tartalmaznak személyes kapcsolatot, ezért könnyebben terjeszthetők. A telefonhívások részét képezik a hagyományos klinikákon folyó tömegcsökkentő programoknak, melyek lehetővé teszik a terapeuták számára, hogy fenntartsák a kapcsolatot a résztvevőkkel, de fokozatosan csökkentik a személyes kapcsolatok számát.

A telefonos tanácsadással kiegészített anyagok jobbnak bizonyultak a későbbi ellenőrzéseknél, és a heti, majd kéthetenkénti telefonhívásokkal hasonló eredményt értek el, mint a személyes találkozásokkal. Az elmúlt évtizedben az internetalapú szolgáltatások is elszaporodtak, és ma már alternatívát jelentenek a személyes tanácsadásnak, konzultációnak. Az internet jelentősége abban rejlik, hogy a költségek alacsonyak, anyagokat, tanulmányokat, tanácsokat könnyen és gyorsan lehet küldeni, és lehetővé teszi az interaktív kommunikációt is. A kutatások azt mutatják, hogy jobb eredményeket lehet elérni olyan összetett viselkedési formákkal, mint az önellenőrzés, a heti útmutatók összeállítása, a visszajelzés, mint ha csak az információs honlapokon szereplő tényekre számíthatnánk. Kimutatták azt is, hogy a folyamatos visszajelzés, tanácsadás, kommunikáció, elektronikus levelezés vagy beszélgetés növeli az internetprogramok hatékonyságát.

Rájöttek arra is, hogy a kezdeti tömegcsökkenés még a számítógépes automatizált visszajelzések használatával is javítható. A tömegcsökkentő programban részt vevőket egy olyan internetes programba irányították, amelyet heti számítógépes automatizált visszajelzésekkel egészítettek ki, mely tartalmazta az önellenőrzést, a monitorozással és a tömegcsökkenéssel kapcsolatos információkat, tehát valójában egy automatizált elektronikus tanácsadást valósítottak meg.

Három hónapot követően mind az automatizált tanácsadó csoport, mind az elektronikus tanácsadó csoport emberei jelentős tömegcsökkenést értek el, és mindkettő nagyobb volt, mint az önirányított internetes csoporté. Hat hónap alatt az emberi tanácsadó csoport érte el a legnagyobb fogyást, de az automatizált tanácsadó csoportnál is elérte a fogyás az eredeti testtömeg 5%-át, ami azt jelenti, hogy a folyamatos visszajelzés nagyon hatékony lehet a tömegcsökkenés segítésében.

Bár az internetes tömegcsökkentő módszerek olyan mértékű fogyást okozhatnak, amely egészségügyi előnyöket eredményezne, sokan ezeket az eredményeket nem tekintik olyan mértékűnek, ami felérne a személyes tanácsadással elérhető

eredményekkel. 481 túlsúlyos felnőttet három csoportba osztva: csak internetprogram, csak személyes tanácsadás, és internetes és személyes tanácsadás is, azt kapták, hogy a testtömegcsökkenés a személyes tanácsadás esetében volt a legnagyobb a két másik programhoz viszonyítva. A személyes tanácsadással kombinált internetes program semmiféle előnyt nem jelentett a pusztán internetes programhoz képest. Ebből azt a következtetést lehet levonni, hogy a személyes kéthetenkénti, havi tanácsadás nem javítja az internetes fogyókúrás program hatékonyságát.

A telefon és egyéb engedélyezett mobileszközök elterjedése lehetővé teszi a széles körű internetes hozzáférést. A különféle programok nem igénylik a laptopok vagy a nagy számítógépek alkalmazását, ezért az elektronikus tömegcsökkentő programok nagyobb elterjedésére lehet a jövőben számítani. Bár az ezzel kapcsolatos kutatások még gyerekcipőben járnak, mégis úgy tűnik, hogy a mobiltechnológiákra alapozott tömegcsökkentő programok hatékonyabbak, mint az önállóan irányított programok.

6.9. Az elért tömeg megtartása

A sikeres fogyókúrákat gyakran követi az elvesztett tömeg újbóli visszanyerése. Sokan beszámoltak arról, hogy a sikeres fogyókúrák 95%-ában az egyének 3-5 év alatt visszanyerték a tömegüket, ami felveti annak a kérdését, hogy a sikeres fogyókúra után hogyan lehet az elért tömeget megtartani, és elkerülni az újabb elhízást. Felmerül az a kérdés is, hogy a fogyás hiábavaló-e a testtömeg visszaállása miatt. A kutatások kimutatták, hogy azoknál az egyéneknél, akiknél sikerült legalább 13-14 kg tömegcsökkenést elérni, és azt legalább egy évig megtartották, a fogyás hosszú távon fenntartható.

Egy vizsgálatban a nyilvántartott tagok átlagosan 33 kg-ot fogytak, és a csökkent testtömegüket hat éven keresztül megtartották. A program során kezdetben egy dokumentációs csomagot kapott mindenki, majd napi személyre szabott üzenetek következtek kettő-öt alkalommal, ezt követően egy tanácsadó telefonos konzultációja következett havi egy alkalommal. Ennek a módszernek a segítségével négy hónap alatt 3%-os átlagos fogyást tudtak elérni, szemben az 1%-os fogyást elérőkkel, akik havonta csak egyszer kaptak információs anyagot.

Hogy az elért tömeget meg tudják tartani, ezek a személyek továbbra is tartották az alacsony energia- és zsírtartalmú étrendet. A legtöbb beszámoló szerint mindenki reggelizik, és tartják folyamatosan az alacsony energiatartalmú étrendet a hét minden napján. A regisztrált személyek többsége arról is beszámol, hogy figyelnek a rendszeres, magas szintű fizikai aktivitásra. A sikeres testtömegmegtartó program egyik fő jellemzője a folyamatos éberség a fogyasztott élelmiszerek irányában és a rendszeres mozgás.

Elemezve az előzőekben elmondottakat, most már össze lehet foglalni, hogy valójában mi is kell a fogyáshoz. A legfontosabb talán, hogy a fogyni vágyó

fogyasszon alacsony energia- és zsírtartalmú ételeket, és napi rendszerességgel végezzen magas szintű fizikai gyakorlatokat, mutasson optimális aktivitást. Korlátozza a tévénézést, és naponta mérje meg a testtömegét. Következetesen tartsa be a diétát hétköznap és hétvégén is. Csökkentse minimálisra a fogyasztott élelmiszerek fajtáját. Naponta reggelizzen, ezt az étkezést soha ne hagyja ki. Csökkentse minimálisra a gyorséttermekben való élelmiszer-fogyasztást, és cukor helyett édesítőszereket, zsír helyett pedig alacsony energiatartalmú zsírhelyettesítőket használjon.

A közelmúltban olyan programokat fejlesztettek ki, amelyek nemcsak a kezdeti tömegcsökkentésre koncentráltak, hanem arra is ügyeltek, hogy az elért eredmény megmaradjon, azaz segítsenek megtartani azt a tömeget, amelyet bármely típusú fogyókúra során elértek a résztvevők. Az „állítsuk meg a tömeg visszavételét" próba során a résztvevőknek olyan programokat tanítottak meg, amelyeknek része volt a napi méretkezés, melynek során összehasonlították az aktuális tömeget az elérni kívánttal, és attól függően, hogy a cél elérése megkívánta-e, az étkezés és a testmozgás esetében korrekciókat iktattak be, tehát a cél megerősítése önállóan és naponta megtörtént. A résztvevők telefonon keresztül hetente beszámoltak a tömegükről, az elvégzett testmozgásról, és ha a kitűzött célokat elérték, havonta kaptak egy kis ajándékot azért, hogy még lelkesebben végezzék a munkát a kitűzött célok elérésére.

Az eredményeket megvitatták az interneten keresztül és személyes konzultáció során is, és az elért célokat összehasonlították egy hírlevél alapján működő csoportéval. Egy 18 hónapos időszak alatt a személyes konzultáción és az internetes tanácsadáson alapuló csoport tagjainak 46-52%-a szedett vissza 2,3 kg vagy több testtömeget, szemben a kontrollcsoport 72%-ával.

A személyes konzultáció a kontrollcsoporthoz képest 50%-kal csökkentette a tömegvisszanyerést. A csoportokban azok a résztvevők, akik naponta mérik magukat, több mint 80%-kal kisebb valószínűséggel nyerik vissza a tömegüket azokhoz képest, akik ritkábban mérik magukat. A személyes konzultációnak is nagy a jelentősége, mert nagymértékben megakadályozza a tömegvisszanyerést.

6.10. Jövőbeli irányok

Minden jel arra mutat, hogy az életmód megváltoztatása hatékony lehet a tömegkezelő programok kezdeti szakaszában a kívánt tömeg elérésére és az egészség javítására. Jelenleg a figyelem arra irányul, hogy az elért tömeget hogyan lehet megtartani, és elkerülni a nemkívánatos újabb túlsúly megjelenését. Bár tudjuk, hogy mind az elfogyasztott élelmiszerek mennyisége és minősége, mind a testmozgás rendkívül fontos a hosszú távú testkontroll szempontjából, mégis kevés az információ a tekintetben, hogy hosszú távon hogyan lehet megtartani az elért tömeget.

Tekintettel arra, hogy az elhízás már járványos méreteket ölt, többet kellene költeni az elhízás megelőzését célzó programokra. Az elhízás megelőzésével kapcsolatos kutatás kiemelt fontosságú; az ilyen kutatások során meg kell vizsgálni, hogy milyen étkezési és testmozgási viselkedést kell kialakítani a kisgyermekeknél, és vizsgálni kell mind az otthoni, mind a külső környezet szerepét az elhízás megelőzésével kapcsolatban. Az egészséges táplálkozás és a testmozgás szerepének jobb megértése kritikus fontosságú nemcsak az elhízás járványa elleni küzdelemben, hanem a magas vérnyomás, a hiperlipidémia és a rák bizonyos formáinak kezelésében és megelőzésében is.

7. AZ ELHÍZÁS MINT EGÉSZSÉGI KOCKÁZAT

7.1. Bevezetés

Az elhízás a felesleges testzsír mennyiségét jelenti a szervezetben, melyet a testtömegindexszel (Body Mass Index, BMI) lehet definiálni, bár a zsír mennyiségén túl a testzsír eloszlását is figyelembe kell venni. Az elhízás előfordulása világszerte járványos méreteket öltött. Az elhízás a legtöbb esetben összetett okokra vezethető vissza, mint amilyenek a környezeti, a genetikai és a pszichoszociális tényezők, és csak az esetek kis részében van szerepe az endokrinológiás rendszer abnormális működésének.

Az elhízás olyan társbetegségekkel jár együtt, mint a cukorbetegség, szív-érrendszeri panaszok, fokozza a rosszindulatú folyamatok kialakulását, az alvási zavarokat, az osteoartritist, és számos pszichoszomális zavart is előidézhet. Ezeken a társbetegségeken keresztül az elhízás jelentős mértékben hozzájárul különféle betegségekhez és elhalálozáshoz. A népesség döntő része számára még ma sem elérhetők azok a módszerek, amelyek segítenének az elhízás megelőzésében. Ha sikerülne megváltoztatni a magas energiatartalmú étrenddel és a mozgásszegény életmóddal kapcsolatban kialakult szokásokat, valamint figyelembe lehetne venni az egyén pszichoszomális és környezeti körülményeit, sikereket lehetne elérni a testtömeg csökkentésében és a normális testtömeg megtartásában.

Az elhízás a múlt században vált világméretű problémává oly mértékben, hogy a túlzott mennyiségű testzsír-felhalmozódás számos betegség kialakulásához járult hozzá. A túlsúly és az elhízás felelős a legtöbb esetben a 2-es típusú cukorbetegség és a magas vérnyomás kialakulásáért, hozzájárul a kóros vérzsírprofilhoz, a meddőséghez, a születésnél fellépő szövődményekhez, az ízületi gyulladáshoz és a rák több fajtájának kialakulásához, fokozza az asztma tüneteit, és jelentős mértékben rontja az általános egészségi állapotot. Az elhízás és az azzal kapcsolatba hozható betegségek elméletileg megelőzhetők, ha megfelelő mennyiségű és minőségű az étrend, kellő mértékű a fizikai aktivitás, megfelelő az alvás, csekély mértékű a stressz, kedvezőek a környezeti és genetikai feltételek, azonban ennek megvalósítása nagy kihívást jelent minden, ezen a területen dolgozó ember számára.

7.2. Az elhízás epidemiológiája

Az epidemiológia vagy járványtan a betegségek elterjedésének statisztikai vizsgálata. Ebben a fejezetben a túlsúly világméretű elterjedését tárgyaljuk.

7.2.1. Az elhízás definíciója és mérése

Az elhízást nem lehet csak egy tulajdonsággal jellemezni. A legtöbbször egy mérőszámmal mérik annak mértékét, ez pedig a testtömegindex (BMI), ami definíció szerint a testtömeg (kg) és a méterben mért magasság négyzetének (m^2) a hányadosa, azaz BMI = tömeg (kg)/magasság^2 (m^2). Az Egészségügyi Világszervezet (WHO) a BMI-re az alábbi osztályokat állapította meg: sovány, normál tömegű, túlsúlyos, elhízott (ezen belül három kategória létezik).

Osztályozás	**BMI (kg/m^2)**
Sovány	<18,5
Normál tartomány	18,5–24,9
Túlsúlyos	≥25
Elhízott	≥30
I. osztály	30–34,9
II. osztály	35–39,9
III. osztály	≥40

A magasságnak és a tömegnek a mérése lehetővé teszi az összehasonlítást mind az azonos etnikai származású populációkon belül, mind azok között is. A BMI normál tartományát a kaukázusi típusú emberek mortalitása alapján számolták ki. Az ázsiai populációkra ezek a kategóriák: 18,5 kg/m^2 alatt sovány, kevésbé veszélyeztetett kategória,18,5-23 kg/m^2, növekvő kockázatú, de elfogadható kategória, 23-27,5 kg/m^2, növekvő kockázatú kategória, 27,5 kg/m^2-nél nagyobb, 30 kg/m^2-nél nagyobb a magasan veszélyeztetett kategória. A testtömegindexnek azonban jelentős korlátai vannak, mert nem különbözteti meg a zsír- és izomszövetet, és azt sem veszi figyelembe, hogy a zsír hol halmozódik fel a testben, pedig pl. a hasban felhalmozódott zsírszövetnek sokkal súlyosabb egészségi következményei vannak.

A testzsír becslésére egyre gyakrabban használnak olyan technikákat, mint a bioelektromos impedancia és a röntgenvizsgálat, amelynek segítségével a testzsír és a test egyéb szövetei elválaszthatók és mennyiségük meghatározható. Ugyancsak alkalmazzák a mágneses rezonancián és a röntgentomográfián alapuló berendezéseket is, amelyek segítségével megállapították, hogy a hasi körméret és a BMI együttes értékelésével megbízhatóbb információk kaphatók a szív- és érrendszeri megbetegedések előfordulásával, azok kockázatával kapcsolatban. A fentieken túl a derék-csípő arányt és a bőrredő vastagságát is fel lehet használni az egyén elhízottsága mértékének meghatározására.

7.2.2. A túlsúly és az elhízás előfordulása

A túlsúly és az elhízás világméretű probléma, mivel a világon jelenleg 1,5 milliárd túlsúlyos vagy elhízott ember él. Lévén hogy számuk folyamatosan növekszik, az elhízás járványnak tekinthető, és mivel az egész világra kiterjed, ezért világjárványnak, pandémiának nevezhető. 2010-ben Dániában a felnőtt férfiak 15%-a, a nőknek pedig 18%-a volt elhízott, az Egyesült Királyságban a férfiak 21%-a, a nőknek pedig 24%-a volt elhízott, a férfiak további 47%-a, a nőknek pedig 33%-a a túlsúlyos kategóriába (BMI 25–30) tartozott. A túlsúlyosak és az elhízottak aránya Észak-Európában 10–20% között, Dél-Európában pedig 20–36% között mozog, és igen magas az arányuk Dél-Olaszországban.

Európában bizonyos népcsoportoknál, az európai életmóddal szembeni fokozott genetikai fogékonyság miatt, az elhízottak aránya a vártnál jóval magasabb. Az elhízás aránya az indiai, pakisztáni és fekete karibi származású emberek körében a legmagasabb, az ázsiai származású fiatalok körében pedig az elhízás előfordulása három-négyszer magasabb, mint a kaukázusiak körében.

Az Egyesült Államokban a helyzet még szélsőségesebb. 2010-ben az elhízás aránya 34% volt, és ezzel valószínűleg el is érték a lehetséges maximumot. Európa lakossága mintegy 10 éves lemaradással követi az USA példáját, és várhatóan 10 év múlva eléri az USA-ra jellemző elhízási szintet.

Az elhízás ma már a világ legszegényebb országaiban is nyilvánvaló. Az elhízás egy országban először a lakosság tehetősebb részeinél jelenik meg, de az utóbbi évtizedekben az elhízás jellemzően nagyobb mértékű az alacsony iskolai végzettséggel, alacsony jövedelemmel és alacsony társadalmi besorolással rendelkező csoportok körében.

Az elhízott emberek aránya a korral jelentős mértékben nő, különösen a nyugdíjkorhatár körül növekszik számottevően. Ezen a koron túl az elhízással összefüggő korai elhalálozás és betegségek hatására az elhízott felnőttek aránya mérsékelten csökken. A ma hatvanas éveikben járó emberek esetében a születésük körüli időben érvényes megszorítások következtében korlátozott volt az élelmiszer-ellátás. A fiatalabb generációk ma már nagyrészt olyan világban nőnek fel, ahol az élelmiszerek nagy választéka viszonylag könnyen és olcsón hozzáférhető, ezért hajlamosabbak a fiatalabb korban történő elhízásra. Ezért a figyelem egyre inkább a fiatalokra összpontosul, ahol a túlsúly és az elhízás problémája egyre hangsúlyosabbá vált.

A vizsgálatokban részt vevő fiatal dán férfiak esetében drámai mértékben megnőtt az elhízottak aránya, ugyanis 1955-ben még csak 0,1%-uk volt elhízott, számuk 2000-re 8%-ra nőtt, ami mintegy 80-szoros növekedésnek felel meg. Az Egyesült Királyságban 1997-ben a 4–18 évesek 4%-a volt elhízott, további 15%-uk pedig túlsúlyos, és Skóciában és Walesben Angliához képest még magasabb volt az elhízottak aránya a fiatalok körében.

A gyermekkori elhízás problémáját először az iparosodott országokban ismerték fel, de az utóbbi években, különösen az iparosodott, városi területeken nagymértékben nőtt az elhízott gyermekek aránya a fejlődő országokban is. Az olyan sűrűn lakott országokban, mint Kína és India, a lakosság elhízása hatalmas egészségügyi problémát fog jelenteni, hacsak nem sikerül ezt a tendenciát megállítani. Az egyre fiatalabb korban bekövetkező elhízás valószínűleg meghosszabbítja azon évek számát, amelynek során az egyén az elhízástól és annak következményeitől fog szenvedni.

7.2.3. Gyermekkori elhízás

A gyermekkori elhízás korunk talán legfontosabb egészségügyi kihívása. A gyermekkori elhízás a magas vérnyomás kialakulásával, az LDL-koleszterinszint megnövekedésével, a májgyulladás fokozott kockázatával, a 2-es típusú cukorbetegség, illetve pszichoszociális és mozgásszervi problémák kialakulásával jár. A mérsékelten elhízott gyermekek többségénél azonban a negatív egészségügyi következmények főként a későbbi életkorban bekövetkező súlyos elhízás kockázatával, valamint a kapcsolódó betegségek (cukorbetegség, szív- és érrendszeri betegségek és rák) fokozott mértékű kialakulásával függnek össze. Tekintettel előfordulásának riasztó növekedésére az elmúlt 20-30 évben, rendkívül fontos a veszélyeztetett gyermekek felismerését, azonosítását szolgáló megfelelő stratégiák kidolgozása, valamint a gyermekkori elhízás előfordulásának csökkentése, megelőzése.

Fejlődő gyermekek esetében a túlsúly és az elhízás definiálása rendkívül nehéz, ami befolyásolja a gyermekek esetében a BMI számításának módját is. A BMI általában meredeken növekszik az első 9-12 hónapban, amely után 6-7 éves korig jelentős mértékben csökken, majd ismét növekszik a gyermekkortól a pubertáskorig, bár a nemek közötti különbségek jelentősek lehetnek. A gyermekek túlsúlyát és elhízását ezért jobban lehet értékelni a BMI-százalékgörbék alkalmazásával.

Ezeket a görbéket, melyek figyelembe veszik az életkor és a nem szerepét is, általánosan használják az elhízás előfordulásának értékelésére, bár ezen kívül számos más módszert is használnak szerte a világon. A bőrredő vastagsága alapján az elzsírosodásmintázat is mérhető, ami több információt ad a BMI-nél. Fiatalabb korban a zsír főleg a bőr alatti kötőszövetben található, míg idősebb korban az abdominális zsírraktárak növekednek jelentős mértékben.

Kimutatták, hogy a BMI ötéves kor előtti jelentős növekedése, még mielőtt az iskoláskorban megkezdődne annak csökkenése, kockázati tényezőt jelent az elhízással kapcsolatban. Összefüggést találtak a korai növekedés csökkent intenzitása és az elhízás között, ami fejlődő országokban a szív- és érrendszeri panaszok kialakulásával járhat az élet későbbi szakaszában. Az esetek kis számában a gyermekek elhízását magyarázni lehet genetikai tényezőkkel, ritka betegségekkel, endokrin rendellenességekkel, amennyiben pedig a genetikai alapok azonosak,

az elhízásra ösztönző környezet lehet az elhízás kialakulásának elsődleges tényezője. A legvalószínűbb az, hogy a gyermekkori elhízás nagyobb részéért a pszichoszociális és környezeti tényezők a felelősek.

7.3. Etiológia

Az etiológia az ok-okozati összefüggéseket tanulmányozó tudomány. Ebben a fejezetben az elhízáshoz vezető különféle okokat ismertetjük.

7.3.1. A környezet hozzájárulása az elhízáshoz

Bizonyított tény, hogy az elhízásért a túlzott energiabevitel a felelős, mely nem jár együtt az energia kellő mértékű felhasználásával. Ezért a fizikai aktivitás hiánya és a zsírban és cukorban gazdag élelmiszerek megnövekedett fogyasztása okolható elsősorban az elhízás kialakulásáért. Az étkezési zsírtartalom és a testmozgáshiány elhízásra gyakorolt hatásait feltáró elemzések arra utalnak, hogy ez a két tényező, amelyekről hagyományosan úgy gondolják, hogy jelentős mértékben hozzájárulnak az elhízáshoz, csak korlátozott mennyiségű tömeggyarapodást magyaráznak meg. Egyre nyilvánvalóbbá válik, hogy az elhízás egy összetett és változatos patogenezisű multifaktoriális állapot.

Kimutatták például, hogy a túlsúly vagy az elhízottság kockázata egyértelműen magasabb mindazon gyermekek és felnőttek esetében, akik számos nem hagyományos kockázati tényezővel rendelkeznek (pl. rövid alvási időtartam és kevesebb kalcium az étrendben), összehasonlítva azokkal, akiknél a hagyományos kockázati tényezőket találták, mint például a magas zsírtartalmú ételek fogyasztása és a testmozgás hiánya. Ezért fontos a hagyományos kockázati tényezőkön túlmutató stratégiákat kidolgozni az elhízás és a vele járó társbetegségek megelőzésére. A legújabb tanulmányok rámutatnak arra, hogy olyan tápanyagok, mint a zsír vagy a cukor, beleértve a cukortartalmú üdítőitalokat, és a fehérjék rovására szénhidrátban dús étrend, valamint a finomított szénhidráttartalmú élelmiszerek használata a teljes kiőrlésű, rostban dús, alacsony glikémiás indexű gabonalisztek helyett, elősegítik a tömeggyarapodást, illetve a fogyás során elveszített tömeg gyors visszanyerését.

Az emberiség története során talán egyetlen generáció sem ment át ilyen jelentős életmódbeli átalakuláson, mint a mai fiatalabb generációink az elmúlt évtizedekben. Ez az átmenet egybeesik a testtömeg hirtelen növekedésével, ami az elhízási járványt eredményezte. A modern környezetünk és életvitelünk eredményeként kialakult ülő életmód megakadályozza az energia-egyensúly fenntartását. A fizikai aktivitás a legtöbb ember számára már nem természetes eleme a munkának és a közlekedésnek, inkább csak szabad idejükben mozognak, végeznek fizikai aktivitást.

A pozitív energiamérleg azonban nemcsak az alacsony energiafelhasználás miatt alakul ki, hanem azért is, mert az ülő tevékenység során is képesek vagyunk élelmiszer-fogyasztásra, amit esetleg a főétkezések során nem veszünk számításba. Ülő munkavégzés során képesek vagyunk nagy mennyiségű és energiasűrűségű ételek és italok fogyasztására, és az élelmiszerek által kiváltott ingerek nagy hatással lehetnek az energia-túlfogyasztásra. Gyermekkorban rengeteg órát töltünk a tévé és számítógép előtt, magas energia- és alacsony rosttartalmú ételek fogyasztásával, melyet követően elmarad a szükséges fizikai aktivitás.

Az epidemiológiai vizsgálatok során számos környezeti tényezőt azonosítottak, amelyek közvetlenül vagy közvetve az energiamérleg-egyenlet mindkét oldalát befolyásolhatják. Az elhízásra hajlamosító környezet kifejezést gyakran használják azokra a tényezőkre, melyek befolyással vannak a tömeggyarapodásra. Ezeket a tényezőket, a köztük lévő ok-okozati kapcsolatokat nagyon nehéz felderíteni, mivel ezek a tényezők gyakran nagyon összetettek, és sokrétű hatással vannak az elhízásra. A néha egymásnak is ellentmondó ok-okozati összefüggések összezavarhatják a különböző tényezők elhízáshoz való hozzájárulásának megértését, bár az utóbbi időben az okok egyre világosabbá válnak a kutatók számára.

Megállapították, hogy azon időszak alatt (40 év), amikor az éjszakánként 7 óránál kevesebbet alvó fiatal felnőttek száma 16%-ról 37%-ra emelkedett, addig az elhízás ugyanebben az időszakban 13%-ról 32%-ra nőtt. Néhány epidemiológiai tanulmány szoros összefüggést állapított meg a rövid ideig tartó alvás és az elhízás között. Emellett kimutatták, hogy a rövid ideig tartó alvás negatívan befolyásolja a glükóz metabolizmusát és a fiatal felnőttek táplálékbevitelének szabályozását.

Mentális stressz esetén fokozott energiabevitelt mutattak ki, amit az éhség vagy étvágyhormonok változása hiányának tulajdonítottak, és megállapították, hogy stressz esetén az élelmiszer-bevitel szabályozása nem működik megfelelő mértékben.

Lehetségesek olyan közös mechanizmusok, melyek magyarázhatják a stressz hatását az élelmiszer-bevitelre, és indokolhatják az elhízás, a figyelemzavarok, a depresszió és a pszichoszociális problémák közötti összefüggéseket. A stressz és az elhízás közötti kapcsolatot egy olyan környezet jellemzi, ahol a kognitív képességek túlmutatnak a fizikai kihívásokon, amit az elhízás megelőzésére irányuló hatékony stratégiák kidolgozásánál figyelembe kell venni.

Kimutatták, hogy a környezet, amelyben eszünk, befolyásolja, hogy mennyit eszünk. A tévénézés vagy számítógépes játékok közbeni evés növeli az élelmiszer-bevitelt, és gátolja a jóllakottsági érzés kialakulását. A tevékenységek közül elsősorban a videojátékok vezetnek a későbbiek folyamán több nassoláshoz. Más olyan hatások, mint például a zene, ritmustól és a hangerőtől függően, befolyásolhatja az étkezést, és az élelmiszert előállító vállalat is hatással lehet a bevitt élelmiszer mennyiségére. Általánosságban elmondható, hogy többet eszünk

barátokkal, mint egyedül vagy idegenekkel, és hajlamosak vagyunk többet vagy kevesebbet enni annak érdekében, hogy utánozzuk társainkat.

Bizonyítékok vannak rá, hogy a túlsúly és az elhízás nem korlátozódik csupán az emberre, hanem előfordul a háziasított kutyáknál, a macskáknál, sőt még olyan vadon élő állatoknál is, mint a patkány, amelyek szoros kapcsolatban vannak velünk az életük során, ami azt sugallja, hogy rájuk is hasonló tényezők hatnak az elhízással kapcsolatban. Ez a tendencia igaz azokra a laboratóriumi állatokra is, amelyeket évtizedek óta szigorúan ellenőrzött, állandó összetételű ad libitum étrenddel tápláltak, és amely állatok fizikai aktivitási szokásai nem változtak az idők során. Ezek a megfigyelések arra utalnak, hogy környezetünkben olyan elhízást ösztönző tényezők vannak, amelyek mindenkire hatnak.

Számos tanulmány pozitív összefüggést mutatott ki a zsíroldható szerves klórvegyületek testünkben történő felhalmozódása és a BMI között, ami arra utal, hogy a környezeti szennyező anyagok szerepet játszhatnak az elhízásban. A plazma szerves klórvegyületei koncentrációjának növekedését tapasztalták a fogyás során, mellyel párhuzamosan csökkent az energiafelhasználás, és ennek következtében csökkent a pajzsmirigyhormonok szintje.

7.3.2. Genetika

Az elhízási esetek csak csekély hányadát okozza kromoszóma-rendellenesség vagy génmutáció. Létezik azonban egyeseknél egy olyan genetikai hajlam az elhízásra, amely a genetikai kereteken belüli patogenetikai mechanizmusokon keresztül befolyásolja a test zsírtartalmát és a testzsír eloszlását a szervezetben. A betegségekre fogékonyságot okozó gének tanulmányozása során rájöttek arra, hogy legalább 30 testtömegindexet befolyásoló lokusz azonosítható az emberi genomban. Az egyes gének hatása a testtömegre kicsi, bár lehet, hogy az eddig azonosított gének 2-3 kg plusz tömeget okozhatnak. A zsigerek közötti zsír eloszlását legalább 15 lokusz befolyásolja, melynek során a kapcsolat a nők esetében szorosabb, mint a férfiaknál.

A terhesség alatti epigenetikai hatások is jelentős szerepet játszanak az elhízás etiológiájában, és a terhesség alatt az anyától a placentán keresztül a magzatnak átadott anyagok is befolyással lehetnek a metabolikus szindrómák kialakulására és az elhízásra való hajlamra. A genetika hozzájárulása az elhízáshoz nem fix és megváltoztathatatlan. Egy olyan rejtett tulajdonságnak, hajlamnak tekinthető, mely csak akkor fejeződik ki, amikor a környezeti feltételek erre kedvezőek.

A legfontosabb elhízáskiváltó környezeti tényezők az étrend magas zsír- és finomított szénhidráttartalma, valamint az alacsony szintű fizikai aktivitás. Nem pontosan ismert, hogy a genetikai tényezők hogyan jelentkeznek az élettani tevékenység során, bár többen arra utalnak, hogy a kóros lipidanyagcsere, a

megváltozott étvágyszabályozás vagy ízpreferencia, a túlevés és a fizikai aktivitás csökkenése a legfontosabb hajlamosító tényezők.

Az egyik leggyakoribb (bár mégis nagyon ritka) kromoszóma-elhízászavart egy olyan kromoszóma-rendellenesség okozza, ahol a gén egy része törlődött, egy másik része pedig megkettőződött, melynek következtében kognitív károsodás és különféle funkciós zavarok állnak elő. Az olyan egyetlen génmutáció, mely az embernél elhízást okoz, nagyon ritka. A leptin jóllakottságot előidéző hormonhiányát leptininjekciókkal lehet kezelni, melyre a szervezet nagymérvű fogyással reagál. Az elhízás legközönségesebb formáját előidéző génmutáció, a melanokortin-4 receptor génjének mutációja, a gyerekek 3-4%-ánál okoz súlyos elhízást. A proopiomelanokortin és a prohormon konvertáz-1 gének mutációja ugyancsak súlyos elhízáshoz vezethet.

7.3.3. Egészségügyi feltételek

Bár számos endokrin-rendellenesség okozhat tömeggyarapodást, ezek azonban az elhízásos esetek csak kis részéért felelősek. A pajzsmirigy alulműködése gyakran okozhat tömeggyarapodást, ami annak tulajdonítható, hogy az energiafelhasználás mértéke sokkal kisebb az átlagosnál. A hatékony hormonkezelés ellenére gyakran nehéz a felesleges tömegtől megszabadulni, és visszatérni az elhízás előtti alapállapotba. A hormon túladagolása hatására a fogyás nagyon látványos lehet, a kezelés abbamaradása után azonban a tömegnövekedés nagyon gyakran előfordul.

A hormonkezelés utáni normál állapotba való visszatérés egy év alatt 5-7 kg vagy több tömegnövekedéssel is járhat, ha a beteg hormontermelése a kezelés következtében átmenetileg nem kielégítő. Ez a tömeggyarapodás súlyosbodhat, ha a kezelés céljaként a hormonszint alsó tartományát célozzák meg, amikor az energiakiadások lényegesen csökkennek, ami együtt jár a fokozott tömeggyarapodással.

A normálisnál nagyobb kortizoltermelés gyakran eredményez tömeggyarapodást, és különösen a hasi zsír eloszlására van hatással. A nagyobb mennyiségű kortizoltermelés ezen kívül 2-es típusú cukorbetegséget, magas vérnyomást, dislipidémiát és oligomenorreát okozhat. A hormontúltermelést nagyon nehéz diagnosztizálni, illetve hatását szétválasztani a zsigeri elhízást okozó és metabolikus szindrómával járó egyéb betegségektől, mivel a tünetek szoros átfedésben vannak egymással. Mégis rendkívül fontos a klinikai felismerés, mert a túlzott kortizoltermelés esetenként az agyalapi mirigy vagy a mellékvese daganatával jár együtt.

A növekedési hormon hiánya ritkán fordul elő, amit általában az agyalapi mirigy patológiás zavara okoz, amely daganat vagy sugárkezelés esetén alakul ki. A növekedési hormon csökkent termelése esetén a sovány testtömeg csökkent, a zsír, különösen a zsigeri zsír tömege viszont nőtt kezeletlen felnőtteknél azokkal összehasonlítva, ahol a növekedési hormon szekréciója normális volt. Ezeken a folyamatokon a növekedésihormon-terápiával javítani lehet.

Számos olyan gyógyszer létezik, amely hatásával hozzájárulhat az elhízáshoz, mely esetben az orvosoknak mérlegelniük kell alternatív gyógyszerek felírását. Az antidepresszánsként alkalmazott triciklikus antidepresszáns gyógyszerek jelentős tömeggyarapodást okozhatnak, míg a szelektív, szerotonin visszanyerést gátló gyógyszerek kapcsolatba hozhatók a fogyással.

A valproát és a karbamazepin antiepileptikumok tömeggyarapodást okozhatnak, míg az antiepileptikum topiramate, amfetaminnal és fenterminnel kombinálva, mint potenciális tömegcsökkentő szerek kerültek kipróbálásra. Az első generációs antipszichotikus szerekről kimutatták, hogy néhány hónapos kezelés után több kilogramm tömeggyarapodást okoznak. A széles körben alkalmazott glükokortikoidokról is bebizonyosodott, hogy elhízást okozhatnak.

Összefoglalóan az elhízást okozó tényezők az alábbiak. Környezeti tényezők: magas feldolgozottsági fokú, nagy energiasűrűségű élelmiszerek rendszeres fogyasztása, az élelmiszeradag jelentős méretnövekedése, modern, főként ülő életmód, rövidebb alvásidő, mentális és kognitív stresszorok növekedése és a környezeti szennyezőanyagok mennyiségének növekedése. Genetikai tényezők: gyakori genetikai polimorfizmusok, epigenetikai tényezők, genetikai elváltozások, ritka egyedi génmutációk (leptinhiány). Egészségügyi tényezők: a pajzsmirigyhormon termelődésének hiányosságai, csökkent növekedési hormontermelés. Latrogén tényezők: hipoglikémiás szerek szájon át történő fogyasztása, inzulin, antidepresszánsok, glükokortikoidok, antipszichotikus szerek, epilepsziát kezelő gyógyszerek, béta-blokkolók. Pszichoszociális tényezők: depresszió, mértéktelen étvágy, alacsony társadalmi, gazdasági státusz.

7.4. Az elhízással együtt járó betegségek

7.4.1. Cukorbetegség

A 2-es típusú cukorbetegség akkor alakul ki, amikor a hasnyálmirigy nem termel elegendő inzulint a perifériás szövetek inzulinrezisztenciájának leküzdéséhez, ami hiperglikémia kialakulásához vezet. A 2-es típusú cukorbetegséget meg kell különböztetni az 1-es típusú cukorbetegségtől, amely egy autoimmun betegség, amelyet a hasnyálmirigy inzulintermelésének teljes elmaradása jellemez.

A 2-es típusú cukorbetegség kialakulásának fő okai a túlsúly és az elhízás, bár normál testtömegű embereknél is kialakulhat a genetikai hajlamosító tényezők hatására az inzulinrezisztencia, és ennek következtében a 2-es típusú cukorbetegség. A genetikai hajlam határozza meg, hogy egy elhízott egyén 2-es típusú cukorbetegségben szenved-e vagy sem, és hogy sok genetikai hajlam nélküli, kórosan elhízott ember tartja normál vércukorszintjét egész életén át.

A cukorbetegség egészségre gyakorolt hatása súlyos, és vitathatatlanul az elhízás az a kiváltó ok, amely a legtöbb esetben ennek az állapotnak az okozója. A cukorbetegség az Amerikai Egyesült Államok lakosságának több mint 8%-át érinti, és a kezelésére fordított összeg az amerikai egészségügyi kiadások közel 14%-át teszi ki. A krónikus hiperglikémia a szemet érintő mikrovaszkuláris betegségekkel, a vesékkel (nephropathia) és az idegekkel (neuropátia), valamint a szívet, az agyat és a perifériás keringést érintő makrovaszkuláris szövődményekkel jár. A cukorbetegség lehet az okozója a szívinfarktusnak, az agyvérzésnek, a veseelégtelenségnek, a vakságnak és a végtagok amputációjának, és mintegy 8-10 évvel csökkenti a várható élettartamot.

A cukorbetegség megelőzésének alapja az elhízott emberek drasztikus fogyásának elkezdése. Bizonyos esetekben a cukorbetegséget a fogyással meg lehet szüntetni, de ez kevésbé valószínű akkor, ha a 2-es típusú cukorbetegségre való genetikai hajlam erős, vagy a cukorbetegség túl sokáig fennállt, és visszafordíthatatlan károsodást okozott a hasnyálmirigy β-sejtjei inzulinszekréciójában.

Ezekben az esetekben azonban, a perifériás inzulinrezisztencia mértékének egyidejű csökkenése miatt, a fogyással javul a 2-es típusú cukorbetegség súlyossága. A cukorbetegség előtti állapotban lévő embereknél, ahol a glükóztolerancia már jelentősen csökkent, a fogyás megakadályozhatja vagy késleltetheti a 2-es típusú cukorbetegség kialakulását.

A 2-es típusú diabéteszben szenvedő betegek kezelésénél figyelembe kell venni a különböző gyógyszerek tömegre gyakorolt hatását. A metformin, amely a 2-es típusú cukorbetegség legfontosabb gyógyszere, gyakran okoz enyhe vagy közepesen súlyos fogyást, míg más olyan gyakran használt orális hipoglikémiás szerek, mint például a szulfonil-karbamidok és a tiazolidindionok, tömeggyarapodást okoznak. Az inzulin, melyet gyakran alkalmaznak a 2-es típusú cukorbetegségben szenvedőknél, különösen a betegség későbbi szakaszaiban vagy súlyosabb esetekben, tömeggyarapodást okoz. Az inkretinalapú terápiák újabb kezelési lehetőségeket jelentenek a 2-es típusú cukorbetegségben, amelyek a GLP-1 agonisták esetében fogyással, a DPP-IV enzimgátlók esetében pedig a tömeg megtartásával járnak.

A metabolikus szindróma definíciója: A derék körmérete férfiaknál 94 cm-nél, nőknél 80 cm-nél nagyobb, ezen túl a vércukorszint magasabb, mint 5,6 mmol/dm^3, vagy a cukorbetegséget megállapították, a HDL-koleszterin koncentrációja kisebb, mint 1,0 mmol/dm^3 férfiak, és 1,3 mmol/dm^3 nők esetében, vagy gyógyszeres kezelés történik annak csökkentésére, 1,7 mmol/dm^3-nél magasabb trigliceridszint, vagy gyógyszeres kezelés a magas trigliceridszint csökkentésére. A vérnyomás magasabb, mint 130/85 Hgmm, vagy gyógyszeres kezelést alkalmaznak a magas vérnyomás csökkentésére.

7.4.2. Szív- és érrendszeri kockázati tényezők

A kockázati tényezőt jelentő metabolikus szindróma olyan betegségek együttesét jelenti, mint az inzulinrezisztencia, a magas vérnyomás, a vérszérum abnormális lipidösszetétele és a hasi elhízás. A szindrómát inzulinrezisztencia-szindrómának is nevezik, mert az összes betegség mögött a sejtek inzulinrezisztenciája, a csökkent érzékenység áll.

A szív- és érrendszeri betegségek kialakulásának különböző kockázati tényezői összefüggésbe hozhatók ezzel a szindrómával, mely az elhízás és a legjelentősebb egészségügyi szövődmények (2-es típusú cukorbetegség, érelmeszesedés, magas vérnyomás) közötti kapcsolatot mutatja. Az elhízás mértéke mellett a metabolikus szindrómát jelentősen befolyásolja a testzsíreloszlás mintázata, a fizikai aktivitás szintje és a genetikai hajlam. Nem teljesen világos ugyan, hogy a túlsúly és az elhízás hogyan járul hozzá a metabolikus szindrómához, az azonban világosnak tűnik, hogy a zsírszövetben termelődő hormonoknak és egyéb anyagoknak jelentős szerepe lehet benne.

A zsírszövet csökkent adiponektin hormon szekréciója, a szabad zsírsavak fokozott anyagcseréje, valamint a citokinek, a gyulladásközvetítő vegyületek, a nekrózisfaktorok és az interleukinek fokozott szekréciója jelentős szerepet játszanak az inzulinrezisztencia és a vele járó anyagcserezavarok kialakulásában. Az így kialakult metabolikus szindróma kezelése magában foglalja a fogyást és a fizikai aktivitás növelését, különös figyelmet fordítva a szív- és érrendszeri kockázatok csökkentésére.

A magas vérnyomás kialakulásának kockázata az elhízott egyéneknél sokkal nagyobb, mint a normál testtömegűeknél, és vagy a metabolikus szindróma részeként, vagy anélkül jelentkezik. A vérnyomás nagysága szoros összefüggést mutat mind a has kerületével, mind az elhízás mértékével. Úgy tűnik, hogy a legtöbb esetben az inzulinrezisztencia és a hiperinzulinémia felelős a magas vérnyomás kialakulásáért. Az inzulin egy olyan antinatriuretikus hatással rendelkezik, amely mind az extracelluláris, mind az intravaszkuláris folyadék térfogat-növekedését eredményezi. A hiperinzulinémia közvetlenül is trofikus hatást vált ki az arteriolák simaizomsejtjeiben, ami fokozott vaszkuláris tónushoz és artériás vaszkuláris rezisztenciához vezethet.

Az elhízással összefüggő magas vérnyomásnak ugyanolyan lehetséges következményei vannak, mint a más okokból eredő magas vérnyomásnak, azaz a szívinfarktus, a stroke, a vesekárosodás és a retinakárosodás fokozott kockázata. Ezért nagyon fontos, hogy a vérnyomást ugyanolyan gonddal kezeljék, mint a normál tömegű egyének esetében. E kezelésnek kulcsfontosságú eleme a tömeg csökkentése, mert kismértékű tömegcsökkenés is nagymértékű javuláshoz vezethet.

Az előzőekből világosan látszik, hogy az elhízás, különösen a hasi elhízás az atherosclerotikus szövődmények fokozott kockázatával jár. Az ischémiás szívbetegség vagy stroke kialakulásának kockázata 2,5-6,0-szor nagyobb a hasi

elhízás esetén, mint azoknál, ahol a zsír eloszlása egyenletes a szervezetben. A hasi elhízás esetén a kockázat multifaktoriális, mely magában foglalja a kedvezőtlen lipidprofilt, a magas vérnyomást, az inzulinrezisztenciát és a 2-es típusú cukorbetegségre való hajlamot, a gyulladási markereket és a fibrinolitikus aktivitás csökkenését.

Egy nemrégiben készült tanulmány arra a következtetésre jutott, hogy a BMI és a derék kerülete alapján nem lehet jó hatásfokkal előre jelezni a szív- és érrendszeri megbetegedés kockázatát, ha a vérnyomás, a cukorbetegség állapota és a lipidprofil ismert, jelezve, hogy ezek a paraméterek jobban jelzik a szív- és érrendszeri betegségek kockázatát elhízott embereknél.

Az elhízás pangásos szívelégtelenséggel járhat, amely másodlagos lehet az ischémiás szívbetegséghez képest, vagy összefüggésben lehet a megnövekedett szívműködéssel, amely később szívizom-hipertrófiához és -diszfunkcióhoz, súlyos inzulinrezisztenciához, a szívizomban lévő túlzott zsírfelhalmozódáshoz, pulmonális hipertóniához vagy ezen tényezők bármilyen kombinációjához vezethet. Összehasonlítva a normál testtömegű egyénekkel, az elhízás a pitvarfibrilláció fokozott kockázatával is jár.

7.4.3. Rosszindulatú betegségek

Az elhízás a felelős több olyan rosszindulatú daganat kialakulásának megnövekedett kockázatáért, mint a vastagbél-, a nyelőcső-, az endometrium-, a vese-, a mell-, a hasnyálmirigy-, a máj-, az epehólyag- és a gyomorrák, valamint a limfóma és a myeloma. A becslések szerint a túlsúly és az elhízás lehet felelős a férfiak rákbetegségeinek 3%-áért, míg ez az arány a nőknél 9%.

Az elhízás által elősegített rák kialakulásának mechanizmusa rendkívül összetett, és befolyásolja a szervezetben elfoglalt helye is. A krónikus hiperinzulinémia növelheti a bioaktív IGF-1 mennyiségét a szervezetben, amely serkenti a tumor növekedését és fejlődését.

Epidemiológiai vizsgálatok összefüggésbe hozták a magas inzulinszekréciót az emlő-, a vastagbél-, a hasnyálmirigy- és az endometriumrákkal, illetve a megbetegedéshez kapcsolódó mortalitással. A zsírszövet aromatizálása miatt az ösztrogén biológiai hozzáférhetősége fokozódik, ami fontos szerepet játszik az emlő- és endotériumrák fokozott kialakulásában. A zsírsejtekben termelődő polipeptidek, mint a leptin és az adiponektin, valamint a gyulladást közvetítő anyagok is fontos szerepet játszanak a rák kialakulásában.

Az elhízás hatása a rák általi halál kockázatára még bonyolultabb. A 40-es vagy nagyobb BMI-vel rendelkező férfiaknál és nőknél a normál testtömegű alanyokkal összehasonlítva a rák relatív kockázata 1,5, illetve 1,6-szoros. Becslések szerint az Egyesült Államokban a túlsúly és az elhízás lehet felelős a rákos megbetegedések 14%-áért a férfiaknál, és 20%-áért a nőknél. A jelentős mértékű fogyás csökkenti a rákos betegségek okozta elhalálozások számát.

7.4.4. Obstruktív alvási apnoe

Obstruktív alvási apnoe (OSA, átmeneti légzéskimaradás) betegség esetén az alvás közben légzéskimaradás történik, sőt az egész légzési rendszer is összeomolhat, ami folyamatosan ismétlődhet az alvás egész folyamata során. A klinikai tünetek közé tartozik az alvás közbeni nyugtalanság és horkolás, a nyugtalan ébredés, a gyakori reggeli fejfájás, a rossz koncentráció és a nappali aluszékonyság. Az OSA a magas vérnyomás, a cukorbetegség, a szívinfarktus, a szívritmuszavarok, a pangásos szívelégtelenség és a véletlen sérülések fokozott kockázatával jár. A kezeletlen, súlyos OSA-ban szenvedő betegeknél 3-6-szor nagyobb a halálozás aránya az egészségesekhez viszonyítva.

Az elhízás a legjobban dokumentált kockázati tényező az OSA esetében. Az OSA előfordulása a testtömegindex, a nyak kerülete és a derék-csípő aránya növekedésével fokozatosan növekszik. A gyulladásos mediátorok koncentrációja mind az elhízás, mind az OSA esetében nő, amelyek hozzájárulnak az OSA atherosclerotikus szövődményeihez, és etiológiai szerepet játszhatnak az OSA-ban is. Elhízás hatására megváltozhatnak a tüdőfunkciók is, mert a megnövekedett mellkasi nyomás miatt alacsonyabb lesz a tüdőtérfogat, és a légzőizmok állóképessége is csökken.

7.4.5. Osteoarthritis

Az osteoarthritis kockázata a BMI növekedésével nő, és az elhízással kapcsolatos összes egészségügyi kiadás jelentős részét teszi ki. A teherviselő ízületek vannak a legnagyobb kockázatnak kitéve, de a nem teherviselő ízületek is érintettek a betegségben, ami arra utal, hogy a metabolikus szindróma hatására elhízáskor a porc és a csont is megváltozik, amely tömegtől független traumát jelent.

A fogyás lineárisan csökkenti az osteoarthritis kialakulásának kockázatát. A 2 kg/m^2 vagy több BMI-csökkenés a nők esetén 10 év alatt 50%-kal csökkentette a térd osteoarthritisze kialakulásának esélyét. Még egy szerény mértékű fogyás is javíthat az ízületi problémákon, és csökkentheti az ízületi fájdalmakat osteoarthritisben szenvedő betegeknél.

7.4.6. Egyéb társbetegségek

A túlsúly hatására a szervezetben fizikai és metabolikus változások játszódnak le, ezért több más betegség is kapcsolatba hozható az elhízással. Az elhízás jelentős hatással lehet a gyomor-bél és a máj-epe rendszerre. A májban felhalmozódott zsír a zsírmáj szindróma kialakulásához vezethet, mely kiváltó oka lehet a májcirrózisnak. Az elhízott embereknél az epekő kialakulásának kockázata is nő, de az epekő kockázata a fogyással is nő akkor, ha a fogyás gyors, mivel a koleszterin áramlása az epén keresztül ilyen élettani állapotban megnő.

Az elhízás hatására nő a gyomor-nyelőcső refluxban szenvedők száma, és az elhízás hatással van az emésztőrendszeri rák kialakulására is. Összefüggés van az elhízás és a mélyvénás trombózis között is, ami azért lehet életveszélyes, mert a potenciálisan halálos tüdőembóliához vezethet. A kockázat különösen nagy azoknál a betegeknél, akiknél a trombózis korábban már előfordult, és ugyancsak fokozottabb veszélynek vannak kitéve a dohányosok, a hosszú távú utazók és azok, akik szájon át szednek fogamzásgátló szereket.

Elhízott egyéneknél a termékenység is jelentős mértékben károsodhat, és gyakran kialakulhat policisztás ovárium szindróma (PCOS) is. A PCOS mögötti kórélettani hiba az inzulinrezisztencia; a fokozott tesztoszterontermelés a petefészkek és az ovuláció károsodását, szabálytalan, ritka vagy hiányzó menstruációt okoz.

A PCOS a normál tömegű nőknél is előfordulhat, és mivel a PCOS tünetegyüttes rendkívül komplex okokra vezethető vissza, az elhízás lényegesen nem befolyásolja, csak az elhízáshoz kapcsolódó inzulinrezisztencia van hatással rá. Ezért a kezelés középpontjában az elhízott vagy túlsúlyos nők inzulinrezisztenciájának csökkentése áll, amit legkönnyebben a fogyással lehet elérni. Minden elhízott terhes nő olyan betegségek fokozott kockázatával néz szembe a terhessége alatt, mint a magas vérnyomás, a terhességi cukorbetegség és a nehéz szülés, melynek folyománya a császármetszés.

Az urogenitális szempontból a legfontosabb elhízással kapcsolatos szövődmény a vesekárosodás, amely veseműködési zavarral, többek között a cukorbetegséggel és a magas vérnyomással összefüggő betegségek fokozott kockázatával függ össze. A túlsúly és az elhízás jelentős kockázatot jelent a vesekő kialakulásával kapcsolatban, és az elhízás sok nő esetében vizeletinkontinenciát okozhat.

Az elhízással kapcsolatos egyéb állapotok közé tartozik a köszvény, amelyet a szérum húgysav-koncentrációjának növekedése okoz, mely az ízületekben lerakódva akut és krónikus következményekkel jár. A túlsúly demenciával és pikkelysömörrel is járhat, de az ok-okozati összefüggések még nem tiszták.

7.5. Pszichoszociális kérdések

Számos tanulmány vizsgálta a BMI és az életminőség különböző aspektusai közötti kapcsolatot. E vizsgálatok során kiderült, hogy negatív kapcsolat van az elhízás és az egészségi állapot megítélése, a vitalitás, a lelki tényezők és a társadalmi jólét között. Az elhízás szoros kapcsolatban volt a saját testről kialakított rossz véleménnyel, a diszkriminációval, a csökkenő társadalmi kapcsolatokkal, a munkahelyről való távolmaradással és az alacsony gazdasági és társadalmi helyzettel. A testgyakorlás, a sport és a fitness jelentős mértékben enyhítette az elhízás hatására kialakult negatív érzéseket. Az ok-okozati összefüggések elemzésénél ezekre a tényezőkre is ki kell térni.

Az elhízás és a pszichológiai problémák közötti kölcsönhatások sok esetben kétirányúak, ami potenciálisan növeli a probléma súlyosságát és összetettségét. Ezért rendkívül fontos, hogy ne csak a tömegproblémát, hanem az elhízás pszichoszociális társbetegségeit is kezeljük.

A gyermekeknél is és a felnőtteknél is a pszichológiai szorongás elősegítheti a tömeggyarapodást, ugyanakkor az elhízás is pszichoszociális problémákhoz vezethet. 60 000 vizsgálati alany adatait elemezve egy metaanalízisben megállapították, hogy az elhízott embereknél 55%-kal nagyobb a depresszió kialakulásának kockázata, a depressziós egyéneknél pedig 58%-kal nagyobb volt az elhízottság kockázata. Mások valamivel gyengébb összefüggéseket találtak a túlsúly és a depresszió között.

Az elhízás kezelésének szempontjából az egyik fontos meghatározó elem, hogy a tömegcsökkenéssel a társbetegségek egyidejű csökkenése jár együtt, ami a pszichoszociális állapot javulását is eredményezi. Ezért a pszichoszociális tényezőknek fontos szerepük van az előkezelési módszerek kiválasztásánál, majd ezt követően a legmegfelelőbb kezelési stratégia kiválasztása előtt.

A fogyással kapcsolatban a legtöbb esetben megállapították, hogy az életminőséget meghatározó tényezők szinte mindegyikénél javulás áll be fogyás hatására. Az életminőség javulása független a kezelési mechanizmustól, csak a fogyás mértékétől függ, mely érzés egy maximum után csökkenhet, amit pszichológiai és fiziológiai mechanizmusokkal magyaráznak. Több páciensnek rá kellett döbbenni arra, hogy a sikeres fogyókúra után, a normál testtömeg elérésekor sem lett az élet tökéletes, sőt a fogyókúra eredményének fenntartása is komoly erőfeszítésbe kerül. Az elhízásnak és a fogyásnak a különböző pszichoszociális kérdésekre gyakorolt hatása az egyéntől és a kontextustól (azaz a különböző populációktól és szubkultúráktól) függően jelentősen eltérhet, ezért rendkívül fontos a betegekre jellemző tényezők figyelembevétele.

Az elhízással kapcsolatos társbetegségek az alábbiak: Kettes típusú cukorbetegség: szív- és érrendszeri megbetegedések, theroscleroticus szívbetegség, sztrók, magas vérnyomás, perifériális érbetegség, mélyvénás trombózis, tüdőembólia, pitvari fibrilláció. Rosszindulatú megbetegedések. Légzőszervi megbetegedések: átmeneti légzéskimaradás, restriktív tüdőbetegség. Mozgásszervi megbetegedések: osteoarthritis, köszvény. Gyomor-, bélrendszeri megbetegedések: májgyulladás, epekő, nyelőcsőreflux. Vesével kapcsolatos megbetegedések: veseműködési problémák, vesekő, vizeletinkontinencia. Szaporítószervekkel kapcsolatos megbetegedések: policisztás petefészek szindróma, terhesség indukálta magas vérnyomás, terhességi cukorbetegség, a császármetszés kockázatának növekedése. Pszichoszociális megbetegedések: depresszió, társadalmi diszkrimináció, munkanap-veszteségek, orvosi költségek.

7.6. Halálozás

Az elhízásból és a hasi túlsúlyból eredő betegségek még nincsenek minden tekintetben feltárva, de annyi biztos, hogy jelentős terhet rónak az egészségügyi rendszerre, és az egészségügyi költségek egyre nagyobb részét teszik ki. Még ha a BMI a normál kategóriába esik is, de a hasi zsírfelhalmozódás jelentős, az felelős lehet a magas vérnyomás, a hiperlipidémia, a 2-es típusú cukorbetegség, valamint a szív- és érrendszeri betegségek kialakulásáért, ami fontossá teszi az elzsírosodás okának megállapítását, hogy az oka-e a betegségnek, vagy a betegség okozza-e az elzsírosodást.

Az elhízás arányának növekedése jelentős hatással van a szív- és érrendszeri betegségek, a 2-es típusú cukorbetegség, a rák, az osteoarthritis, a meddőség, a szülési komplikációk, a munkaidő-kiesés és az alvási átmeneti légzéskimaradás globális előfordulására. E hatások miatt az elhízás jelentősen befolyásolja a halálozási arányt.

Az elhízás a 40 éves nemdohányzók körében a becslések szerint férfiaknál 5,8 évvel, nőknél pedig 7,1 évvel rövidíti meg a várható élettartamot. A dohányosok esetében az elhízásnak súlyosabb hatásai vannak, mert nőknél 13,3 évvel, a férfiaknál pedig 13,7 évvel rövidíti meg az élettartamot. Az Egyesült Államokban az elhízás több halálesetet okoz, mint a dohányzás.

7.7. Az elhízás megelőzése

A világot sújtó elhízási járvány tükrében számos kutatás folyt az elhízás megelőzését célzó módszerek kidolgozására, az össznépesség szintjén azonban ezeket a próbálkozásokat nem kísérte siker. Számos népszerű, változatos, ízletes étrendet dolgoztak ki, amelyekről azt állították, hogy segít megelőzni az elhízást, és segít az optimális tömeg megőrzésében. Az állítások többsége azonban megalapozatlan, és némely étrend még a szervezet szükségleteit sem képes kielégíteni. A magas rosttartalmú ételek, a zöldségek, a gyümölcsök és a teljes kiőrlésű gabonák, amelyek eltelítenek, jóllakottsági érzést keltenek bennünk, kevés energiát tartalmaznak, és segítenek az optimális testtömeg megtartásában. A kísérleti adatok azt bizonyítják, hogy a fehérje jóval előbb okoz jóllakottsági érzést, mint a szénhidrát és a zsír.

Egy nyolc európai országban végzett klinikai vizsgálat kimutatta, hogy a fehérjében gazdagabb, alacsonyabb glikémiás indexű étrend jótékony hatású a testtömeg megtartásában. Ugyancsak jótékony hatású e tekintetben a naponta végzett fizikai aktivitás, a mozgás és a nem megerőltető sportolás. A testmozgás hatása a testtömeg-szabályozásra az emberek azon képességén alapul, hogy megfelelő szintű tevékenységet folytasson. A minimális ajánlott szint a testmozgásra legalább 45-60 perc mérsékelt intenzitású fizikai aktivitás, lehetőleg a hét minden

napján. Ez a fizikai aktivitás nem csak segít megelőzni az elhízást, hanem a testi kondíció javulásán keresztül jobbítja az egészséget befolyásoló tényezőket. A testmozgás iránti tartós elkötelezettség fontos része az egészség iránti egész életen át tartó törekvésnek.

7.8. Jövőbeli irányok

Egy olyan világban, ahol az elhízás járványos méreteket öltött, megdöbbentő hatással van a lakosság megbetegedésére és halálozására, valamint az elhízáshoz kapcsolódó betegségek kezelése rendkívüli módon növeli az egészségügy kiadásait, ezért lépéseket kell tenni ezen folyamatok megakadályozására. Létfontosságúak azok a stratégiák, amelyekkel az elhízás által okozott betegségeket kezelni lehet, de legalább ilyen fontosak azok, amelyekkel az elhízást meg lehet előzni.

Olyan társadalmi stratégiákra van szükség, amelyek az egészségtelen étkezési szokásokkal foglalkoznak, elősegítik az egészségesebb étkezési szokások elterjedését, és különösen kevés fizikai aktivitással járó környezetben ösztönöznek az aktívabb életmód folytatására. Olyan új kezelési módok kidolgozására van szükség, amelyek módosítják a jóllakottsági érzést, vizsgálják az éhséggel kapcsolatos hormonok hatását, fel kell még tárni a kezelésben való részvételük lehetőségét is, és egyéb orvosi terápiákat kell kidolgozni a túlsúly és az elhízás megakadályozása érdekében.

Jelenleg a különféle tömegcsökkentő műtétek jelentik a megoldást a túlsúly mérséklésére, mely beavatkozás hatékony, hatása hosszú távon megmarad, és gyakorlatilag az egyetlen lehetőség akkor, ha az elhízáshoz olyan társbetegségek is társulnak, mint a 2-es típusú cukorbetegség. A sülycsökkentő műtét a társbetegségek javulását tekintve változó sikerrel jár, és magában hordozza a műtét kockázatát, mely a beavatkozás minőségétől és az egyéntől is nagymértékben függhet. További kutatásokra van szükség annak meghatározására, hogy milyen típusú tömegcsökkentő műtét biztosítja az optimális eredményt, hol a legkisebb a kockázat, és hol a legkisebbek a lehetséges komplikációk, illetve hogy hosszú távon milyen hatások várhatók ettől az eljárástól.

8. VÁLOGATOTT FEJEZETEK

8.1. A ketogén diéta alapjai

A ketózis a szervezet olyan anyagcsere-állapota, amikor az energiát a ketontestek szolgáltatják szemben a glikolízissel, amikor az energia fő alapanyaga a vércukor vagy glükóz. Általánosságban a ketózis akkor alakul ki, amikor a máj nagy mennyiségben alakítja át a zsírsavakat vagy az alkoholt acetil-CoA-vá, azok pedig, mivel a trikarbonsavciklus nem tudja hasznosítani azokat, ketontestekké alakulnak.

Az első ketontest az acetecetsav, mely a továbbiakban béta-hidroxi-vajsavvá alakul, majd szén-dioxid távozása után aceton képződik. Mivel a máj a ketontesteket nem tudja hasznosítani, azok a véráram segítségével a test minden részébe eljutnak, ahol energiaként hasznosulhatnak.

A ketózis esetében a ketontestek koncentrációja a szérumban nagyobb, mint 0,5 mM, az inzulin- és a vércukor-koncentráció pedig a normálisnál lényegesen alacsonyabb szinten állandósul. Hiperketonémiát is jelent, mivel a ketontestek koncentrációja a teljes testben nagyobb a normálisnál.

A ketontestek a ketogenezis során alakulnak ki, amikor a máj glikogénraktárai kimerülnek, képződhetnek a közepes lánchosszúságú zsírsavak metabolizmusa során is, és külső forrásból is bekerülhetnek a szervezetbe. A szervezet az acetecetsavat és a béta-hidroxi-vajsavat használja energiaként, az aceton pedig vagy vizelettel, vagy a tüdőn keresztül távozik a szervezetből, rossz szagú leheletet okozva. Koncentrációjukat az inzulin és a glükagon hormonok szabályozzák. A ketózis során a szervezet legtöbb sejtje mind a glükózt, mind a ketontesteket képes energiaszintézisre hasznosítani, és ennek során hasznosítja még a szabad zsírsavakat és a glükoneogenezis által előállított glükózt is.

Az éhezés vagy az alacsony szénhidráttartalmú élelmiszerek (ketogenikus diéta) fogyasztása hosszabb ideig tartó ketózist alakít ki, melyet bizonyos betegségek (epilepszia, különböző fajtájú cukorbetegségek) gyógyításánál is alkalmaznak. A glikolízis során az inzulin magas koncentrációja elősegíti a zsírraktárak kialakítását, akadályozza a zsírszövet felhasználását, míg ketózis során a zsír kiszabadul a zsírraktárakból és energiaként hasznosul, ezért aztán a ketózist a köznyelvben zsírégetésnek is hívják.

A ketózist és a ketoacidózist a vérben lévő ketontestek koncentrációja különbözteti meg egymástól. A ketózis valójában egy élettani adaptáció az alacsony szénhidráttartalmú környezethez, mint amilyen az éhezés, a böjt vagy a ketogenikus diéta. Ezzel szemben a ketoacidózis egy akut, életveszélyes állapot, amikor a vér pH-ja olyan alacsony, hogy az közvetlen orvosi beavatkozást igényel. Legközönségesebb formája ennek a diabetikus ketoacidózis, amikor mind a

glükóz, mind a ketontestek koncentrációja szignifikánsan nagyobb a normálisnál, a vér pH-ja pedig 7,35-nál kisebb.

A zsírszövet egyrészt energiaraktárként szolgál a szervezet számára, másrészt szabályozza annak hőmérsékletét. A zsírsavak a glükagon és az epinefrin magas koncentrációja hatására szabadulnak ki a zsírszövetből, melynek során a vérszérum inzulinszintje alacsony. A magas glükagon- és az alacsony inzulinszint annak az állapotnak felel meg, amikor a szervezet éhezik, és a vércukorszint minimális. Ilyen esetben a zsírsavak az ismert mechanizmus szerint belépnek a mitokondriumba, ott, majd a citrátciklusban energiaként hasznosulnak, vagy a ketogenezis során ketontestek keletkeznek belőlük. Ketontestek a mitokondriumban is keletkeznek akkor, ha a vér cukorszintje alacsony, és a ketogenikus aminosavak is forrásai lehetnek a ketontesteknek. Normál szérumban a ketontestek koncentrációja 0,05-0,30 mg/liter között van, amely ketózis esetében fölmehet 1,4-5,2 mg/literre is.

A ketontestek koncentrációja függ az elfogyasztott élelmiszerektől, a gyakorlattól, a metabolikus adaptációtól és a genetikai faktoroktól. Ketózis akkor alakul ki, amikor a ketogenikus diétát legalább három napon keresztül alkalmazzák, melyet sokszor táplálkozási ketózisnak is hívnak. A vérben akkor is vannak ketontestek, ha nincs ketózis (kevesebb mint 0,2 mM), mely enyhe fokú ketózis esetében 0,2-0,5, élelmezési ketózis esetében 0,5-3,0, edzés utáni ketózis esetében 2,5-3,5, éhezéses ketózis esetében 3,0-6,0, ketoacidózis esetében pedig 15-25 mM-ra nő.

A vizelet analízise nem igazán jó a ketózis diagnosztizálására, mert a ketontestek koncentrációja a jelentős hígulás miatt sokkal kisebb, mint a vérben, és a ketogenikus diétához történő alkalmazkodást követően a vizelet ketontest-koncentrációja jelentős mértékben csökken, holott a metabolikus állapot továbbra is ketogén marad.

Mi a szakma véleménye a metabolikus ketózissal kapcsolatban? Az orvosok közül sokan úgy tekintik, hogy kifejezetten egészségtelen, sőt káros az egészségre a szénhidrátok teljes tilalma. Ezzel szemben többen állítják, hogy nem szükséges a szénhidrátok teljes tiltása ahhoz, hogy a ketózis kialakuljon. Az orvosok egy része úgy tekint a ketózisra, mint egy lehetőségre a fölös zsírpárnáktól való megszabadulásra, egy olyan biztonságos biokémiai mechanizmusra, mely segíti a zsírégető állapot kialakulását. Többen vallják azt is, hogy a szervezet fő energiaforrása a glükóz, és hogy a tartós ketózis állapot veszélyes lehet a szervezet számára, bár ez a vélemény az utóbbi időben jócskán megváltozott a ketózis javára.

Miközben többen úgy gondolják, hogy a szénhidrátbevitel a legegyszerűbb és leghatékonyabb módja az edzés során kiürült glikogénraktárak feltöltésének, különböző tanulmányok kimutatták, hogy 2-4 hét adaptáció után a fizikai megterhelést a ketózisos állapot nem befolyásolta akkor, ha a diéta jelentős mennyiségű zsírt tartalmazott a szénhidráthoz viszonyítva. Néhány orvos ezt a folyamatot

ketoadaptációnak hívja, melynek során a szervezet a glükózadaptációról áttér a ketontestek hasznosítására.

Ketontestek az egészséges, normális táplálkozást folytató emberek szervezetében is nap mint nap keletkeznek, melyet a szervezet sejtjei, különösen az idegsejtek felhasználnak energiaszükségletük kielégítésére. A ketontestek közül egyedül az aceton az, ami a vizelettel és a kilélegzett levegővel hasznosítatlanul távozik a szervezetből. Az élelmiszerekkel felvett sokfajta szénhidrát döntő mennyiségét a szervezet glükózzá alakítja, és ilyen formában lépteti be a különböző biokémiai folyamatokba, többek között a glikolízisbe, melynek végtermékeiből újabb folyamatokban keletkezik a szervezet számára szabadon felhasználható energia. Az agy és az idegszövet a glükózt közvetlenül hasznosítja energiaigényének kielégítésére. Ketózis akkor alakul ki, ha nincs elég szénhidrát a táplálékban, melynek következtében a szervezet a zsírokat alakítja át zsírsavakká, majd a májban ketontestekké, és a továbbiakban ezek a ketontestek látják el energiával a szervezet legtöbb sejtjét, tehát a szervezet a zsírokból fedezi energiaszükségletét.

A ketogén diéta alapvető élelmiszerei azok, amelyek kevés szénhidrátot, közepes mennyiségű fehérjét és sok zsírt tartalmaznak, mint amilyenek pl. a tojás, a különféle halak és húsok, az alacsony laktóztartalmú tejtermékek (a tej a tejcukortartalom miatt nem), a kevés szénhidrátot tartalmazó olajos magvak, a szénhidrátot alig tartalmazó leveles zöldségek, mint amilyenek pl. a különféle saláták, káposztá k, kelbimbó, karalábé, retek, és az alacsony szénhidráttartalmú, inkább savanykás ízű, cukrot alig tartalmazó gyümölcsök.

A diéta megfelelő alkalmazása során jelentős és gyors súlycsökkenést lehet elérni, stabilizálódik az inzulin- és vércukorszint, javulnak a vérparaméterek, hosszú távú alkalmazásáról azonban még nincsenek információk. Kezdetben olyan mellékhatásokkal járhat, mint az alacsony vércukorszint, fokozott fáradtságérzet, szédülés, hányinger, hasmenés, székrekedés, amelyek azonban a kúra kezdetét követő pár héten belül elmúlnak, és visszaáll a szervezet normális állapota.

A diéta elkezdésekor naponta maximum 20-30 g szénhidrát fogyasztása javasolt, lehetőleg az alacsony glikémiás indexű fajtából. Kezdetben a ketogén diétában a napi energiaszükséglet 70-75%-át a zsír tette ki, 20%-át a fehérje, a maradékot pedig a minimális mennyiségű szénhidrát. Amennyiben a szervezetnek szükséges összesenergia-mennyiségét az optimálisnál 15-20%-kal kevesebbnek szabjuk meg, akkor a ketózis folyamán beindulhat a gyors fogyás. Ebben az időszakban meg kell őrizni a zsír dominanciáját az energiabevitelt illetően, mert a túl sok fehérje nitrogénkiválasztása karbamid formában rendkívüli módon megterheli a májat és a vesét.

A napi 20-30 g szénhidrátfogyasztást az első hét végén fel lehet vinni 40-50 g-ra anélkül, hogy az veszélyeztetné a kialakult ketogén étrendet. Célszerű fokozni a minimális mennyiségű szénhidrátot tartalmazó zöldségek és gyümölcsök fogyasztását, de óvakodni kell a hüvelyesektől, mert ezek is sok szénhidrátot

tartalmazhatnak, és továbbra is kerülni kell a magas keményítőtartalmú gabonaféléket. A legfontosabb táplálékok ebben az időszakban az alacsony szénhidráttartalmú zöldségek és gyümölcsök, a magas rosttartalmú élelmiszerek (legjobbak a rostkoncentrátumok, mert a gabonafélék és a hüvelyesek korpái is sok szénhidrátot tartalmazhatnak), bármilyen hús- és halféleség, a tojás bármilyen módon elkészítve, a sajtok és a laktózintoleranciában szenvedőknek készített, csökkentett szénhidráttartalmú készítmények (a laktázzal kezeltek nem jók, mert az enzim csak a tejcukrot bontja, de a cukor mennyisége változatlan marad), felvágottak, kolbászok és pl. az alacsony cukortartalmú majonéz.

A ketogén diétában nincs megszabva az étkezések száma, mert a rendkívül alacsony szénhidrátfogyasztás miatt a vércukor- és az inzulinszint stabil, nincsenek ingadozások, ezért az energiatartalom alapján kalkulált napi adagot akár egy étkezéssel, akár 4-5 étkezéssel is el lehet fogyasztani. Ha valaki fogyni akar, akkor célszerű a napi energiabevitelt 6300-7200 kJ-ban (1500-1700 kcal) megszabni, mert egyébként hiába a ketogén diéta és a kialakult ketózis, a fogyás nem fog menni.

Felmerül a kérdés, hogy mennyi a fogyasztott fehérje ideális mennyisége naponta? A minimális szükséglet alacsonyabb testtömeg esetén 50 g körül van, míg az optimális mennyiség 80-100 g-ra tehető. Természetesen nem mindegy, hogy milyen fehérjét fogyasztunk. Optimális, ha a napi fehérjeadag legalább 50%-át az állati eredetű fehérjék teszik ki, hisz ezek az ember számára megfelelő mennyiségben és arányban tartalmazzák az esszenciális aminosavakat. A fehérjeszükséglet számolásánál figyelemmel kell lenni arra is, hogy az aminosavak egy részéből (glükoplasztikus aminosavak) a szervezet cukrot tud szintetizálni a glükoneogenezis folyamata során, míg az aminosavak másik részéből (ketoplasztikus aminosavak) ketontestek keletkezhetnek, és vannak olyan aminosavak is, amelyekből cukrot is és ketontesteket is tud szintetizálni a szervezet.

Veszélyes-e a ketózis a szervezet számára? Valószínűleg nem, mert életünk során sokszor kerülünk olyan állapotba, ami nagyon hasonlít a ketózishoz. Amennyiben hosszabb időn keresztül nincs módunk enni, szénhidrátot fogyasztani, pl. egy hosszú utazás alkalmával, kialakul szervezetünkben a ketózis, megnő vérünk ketontest-koncentrációja. Amikor őseinknek a jégkorszak hosszú telein nem volt mit enniük, mert a tartalékok elfogytak, nem volt zöld növényzet és gyümölcs, s csak néha adódott valami vad, amit el tudtak fogyasztani, akkor hosszan tartó ketózist éltek meg egészen a következő tavaszig. Ezt bizonyítják a Vénusz-szobrocskák ebből a korból, ahol az ideális nőalak valószínűleg az volt, aki kellő tartalékokat tudott elraktározni zsír formájában a hosszú és ínséges tél túlélésére. Egy évszázada még ezt a ketózisos állapotot élték meg szinte egész évben az északi sarkkör környékén élő inuitok, akik nehezen vagy nem jutottak hozzá szénhidráttartalmú ételekhez, és táplálékuk fő forrása a zsír és a hús voltak.

Természetesen az ilyen táplálkozás megköveteli, hogy makro- és mikroelemekből, vitaminokból, egyéb esszenciális tápanyagokból kellő mennyiséget

vigyünk be szervezetbe. Nagyobb probléma ezen a téren sem szokott adódni, mert a szervezetünk a zsírban oldódó vitaminokat és a B_{12}-vitamint hosszabb ideig is tárolni tudja, és ez igaz az esszenciális mikroelemek egy részére is. De azért sem jelent ez az állapot problémát, mert a ketogén diétát csak addig érdemes (2-3 hónap) tartani, amíg a kívánt eredményt (fogyás) el nem érjük, ezt követően lehet lazítani, és a napi szénhidrátfogyasztást 100 g körülire emelni. Ma már friss gyümölcsökhöz, zöldségekhez az év bármely szakában hozzáférhetünk, ezért már nem tartható az az álláspont, hogy télen jobb a ketogén diéta, az év többi szakában pedig célszerű az évszaknak megfelelő gyümölcsöket és zöldségeket fogyasztani. Amire viszont az év bármely szakában figyelni kell, hogy a szénhidrátfogyasztásunk soha ne lépje túl a napi 150 g-ot.

8.2. Az alacsony szénhidráttartalmú termékek szerepe a testkontrollnál és a kívánt testsúly elérésében

A legfontosabb különbség az alacsony szénhidráttartalmú termékek és a hagyományosan fogyasztott élelmiszerek között, hogy az alacsony szénhidráttartalmú termékek fehérje- és rosttartalma jóval magasabb, szénhidráttartalma pedig jóval alacsonyabb a hagyományos élelmiszerekénél. Példának említhető az alacsony szénhidráttartalmú liszt, mely búzafinomlisztet, zsírtalanított szójalisztet, búzaglutént, szárított kovászt, bambuszrostot és szójafehérje-izolátumot tartalmaz. A hivatalos adatok szerint energiatartalma 1364 kJ/100 g, zsírtartalma 1,4%, amelyből telített zsírsav kevesebb mint 0,5%, szénhidráttartalma 35,4%, melyből cukor 2,8%, keményítő 32,6%, rost 14,4%, fehérje 35,0% és só 0,125%. Összességében elmondható róla, hogy a finomliszthez képest majd háromszoros fehérjetartalmú és 50%-kal csökkentett szénhidráttartalmú természetes élelmiszer-alapanyag.

Egy, az ember szükségletét optimális módon kielégítő élelmiszer energiatartalmát elsősorban annak zsírtartalma és szénhidráttartalma szabja meg, mert a fehérje nem energiatermelésre, hanem aminosavai révén testépítésre szolgál. Egy gramm zsír energiatartalma a benne lévő zsírsavak hosszától, telítettségétől függően változhat, de általában 36-40 kJ között van, a szénhidrátoké és a fehérjéé ennek kb. a fele. Egy felnőtt napi energiaszükséglete a kifejtett munkától, aktivitástól, pihenéstől függően 15 000-30 000 kJ között (3500-7290 kcal) van, melyből az alapanyagcsere energiaszükséglete kb. 8500 kJ (2000 kcal) naponta. A minimális értékek a kisebb testi erőfeszítésre, a maximális értékek pedig a nehéz fizikai munkára vagy a sportolásra vonatkoznak).

A szervezet a zsírokat elsősorban energiaként hasznosítja, de a zsírok glicerintartalmából tud a glükoneogenezis során szénhidrátot (cukrot) gyártani. A legtöbb táplálkozástudománnyal foglalkozó szakember úgy tartja, hogy egy

felnőtt átlagos napi energia-szükségletének kielégítése akkor optimális, ha az élelmiszeradag 280-350 g szénhidrátot, 60-100 g fehérjét és 60-100 g zsírt tartalmaz. Arra is figyelni kell, hogy a zsíron belül a telített, az egyszeresen telítetlen és a többszörösen telítetlen zsírsavak mennyisége kb. azonos legyen, mert így járulnak hozzá optimálisan a szervezet szükségleteinek kielégítéséhez.

Élelmiszereink többségénél a fő komponens nem a zsír, hanem a szénhidrát, melyből négyszer-hatszor többet fogyasztunk, mint zsírból. Egységnyi szénhidrát energiatartalma mintegy fele a zsírénak, de a szénhidrátokat a szervezetünk a különféle biokémiai folyamatokban könnyen hasznosítani tudja, a fölösleget pedig zsír formájában raktározza. Mitől hízunk tehát? A szénhidrátoktól, főként a nagyon könnyen energiává és zsírrá alakítható cukroktól. A búza, az árpa, a rozs, a zab, a kukorica, a rizs, de még a burgonya is sok keményítőt, kevés, és a burgonya kivételével erősen közepes biológiai értékű fehérjét tartalmaz, tehát a fő szerepük az, hogy energiával látják el szervezetünket. Zsírtartalmuk minimális, az energia fő forrása a keményítő.

Az alacsony szénhidráttartalmú termékek lényegét úgy lehetne megfogalmazni, hogy növeljük a fehérjetartalmat lehetőleg úgy, hogy a szervezet esszenciális aminosav-szükségletét optimálisan ki tudjuk elégíteni. Állítsuk be a zsírtartalmat, a zsírsavösszetételt is figyelembe véve az optimálisra, csökkentsük úgy a szénhidrátok mennyiségét, hogy az az ember energiaszükségletét még éppen kielégítse. Növeljük a rosttartalmat, ami az emésztőrendszerben megduzzadva jóllakottsági érzést kelt, fogyasztása számos élettani előnnyel jár, de energiatartalma gyakorlatilag nulla.

Az alacsony szénhidráttartalmú termékek minden szempontból megfelelnek ennek a követelményrendszernek. Fogyasztásuk után az éhségérzet a magas rosttartalom következtében később jelentkezik, felesleges energia nem kerül a szervezetbe, a kiváló minőségű alapanyagok következtében viszont a szervezet esszenciális zsírsav- és aminosav-szükségletét tökéletesen ki lehet vele elégíteni.

Felmerülhet a kérdés, hogy érdemes-e a napi elfogyasztott tápanyagok energiatartalmát számolni? Jó, ha az ember szem előtt tartja: azonos tömegű zsír energiatartalma megközelítőleg kétszer annyi, mint a szénhidráté vagy a fehérjéé. Ha beszámítjuk azt is, hogy a zsír nem hidratálódik, akkor ez a szervezetben négyszeres különbséget jelent a zsír javára. A zsírból azonban főleg energia lesz a szervezetünkben, esetleg a glicerin komponenséből kevés cukor, a szénhidrátok pedig az energiaszolgáltatás mellett könnyen zsírrá tudnak alakulni. A nagy gond akkor van, ha kevés a fehérje a táplálékban, és az még ráadásul rossz minőségű is, mert nem tartalmazza kellő mennyiségben és arányban az esszenciális aminosavakat. Gond az is, ha sok van belőle, mert a szervezetünk a fölösleget energiaként hasznosítja, a nitrogént pedig energiaigényes folyamatban karbamiddá alakítja.

Összességében nem energiát kellene számolni, hanem törekedni arra, hogy fehérjében dús, optimális zsír- és szénhidráttartalmú táplálékot fogyasszunk, amely megfelelő arányban tartalmazza a növényi és az állati eredetű élelmiszereket egyaránt.

Miért működik az alacsony szénhidráttartalom? Mi a lényege? Hogyan hat?

Az alacsony szénhidráttartalmú diéták lényege a lehetőleg minél alacsonyabb szénhidrátfogyasztás, és különösen ajánlott a magas cukortartalmú élelmiszerek és az iparilag előállított tiszta cukrok mellőzése. A szénhidrátok feleslege ugyanis a különböző biokémiai folyamatokban a zsírok alkotórészeivé alakul, ezért a szervezetben lévő zsírok nagy része a szénhidrát- (cukor-) túlfogyasztás következménye. A szénhidrátok közül előnyben részesíti a rezisztens keményítőt nagyobb mennyiségben tartalmazó élelmiszereket, mely az ember szervezetében nem emésztődik, energiát nem szolgáltat, ennek megfelelően zsírrá nem tud alakulni.

Az alacsony szénhidráttartalmú diéta előnyben részesíti a fehérjéket is, ugyanis ezek tartalmazzák az ember számára esszenciális és nem esszenciális aminosavakat, amelyek szénvázából szükség esetén a szervezet képes cukrot előállítani. Fogyókúra esetén pedig különösen előnyös a sok fehérje, mert a szervezet energiatartalékait mozgósítja, hogy a fehérjével bevitt felesleges nitrogént karbamid formában ki tudja választani a vizelettel. Ezen utóbbi folyamat igen energiaigényes, melyből az energiát több esetben a szervezet a zsírtartalékaiból állítja elő, ami végső soron fogyáshoz vezethet.

Ugyancsak előnyben részesíti az élelmi rostokat, amelyek az emésztőrendszerben megduzzadva a jóllakottság érzését keltik, a bélsár könnyen továbbíthatóvá válik, nagy felületükön pedig megkötik az epesavak és a táplálékkal felvett koleszterin egy részét, így járulva hozzá az egészséges táplálkozáshoz.

Az alacsony szénhidráttartalmú diéta nem ellenzi a növényi olajok és állati zsiradékok fogyasztását, mert ezek energiát adnak a szervezetnek a lezajló biokémiai reakciókhoz és élettani folyamatokhoz. A zsír glicerin részéből a szervezet képes glükózt szintetizálni, tartalmazzák a szervezet működéséhez nélkülözhetetlen, esszenciális zsírsavakat, a zsírban oldódó (A-, D-, E-, K-) vitaminokat, az íz- és aromaanyagokat, valamint a természetes színanyagok egy részét.

Az alacsony szénhidráttartalmú diéta valójában nem tilt semmit, csak a fogyasztott élelmiszerek mennyiségére és minőségére hívja fel a figyelmet. Nem zárja ki a zöldségeket és a gyümölcsöket, csak óvatosságra int a magas cukortartalmú (füge, szőlő) fogyasztásakor.

Ketózis nem fordul elő az alacsony szénhidráttartalmú diétán élőknél, és az alacsony szénhidrátbevitel és a máj- és epebetegségek között sincs semmiféle kapcsolat, hisz ezek egyetlen kiváltó oka a kiegyensúlyozatlan zsírbevitel. Amennyiben a fehérje aminosav-összetétele kiegyensúlyozott, a vese működése pedig normális, az optimálisnál több fehérje semmiféle zavart nem okoz, mert a felesleges fehérjét a szervezet energiaként hasznosítja, a nitrogéntől pedig karbamid formában szabadul meg a vesén keresztül.

Az alacsony szénhidráttartalmú diétával a szervezet a zsírt bontja, és a szervezet az elfogyasztott zsírból és fehérjéből is állít elő glükózt. Az alacsony

szénhidráttartalmú diéta az inzulininingadozás megállításával optimálja a sejtek inzulinérzékenységét, ami csökkenő testzsírtömeget is eredményez, helyreáll a trigliceridszint, és a normál vércukorszint mellett lassítja, gátolja az érelmeszesedést is. Mivel csökken az inzulinterhelés, így a vérnyomás is normalizálódik.

Milyen kérdések merülhetnek fel az alacsony szénhidráttartalmú diétával kapcsolatban?

A szója az alacsony szénhidráttartalmú diéta egyik alapanyaga. A szója energiában, fehérjében, esszenciális aminosavakban igen gazdag táplálékforrás. Nagy lecitin- és E-vitamin-tartalma segíti a karotin felszívódását, a szaporodást és az idegtevékenységet. A legnagyobb fehérjetartalmú, sokoldalúan hasznosítható kultúrnövény. Magja 40% körüli fehérjét tartalmaz, melynek biológiai értéke kimagasló a növényi fehérjék közül. Aminosav-összetételére jellemző a magas lizintartalom; a többi növényi vagy állati eredetű fehérjével kombinálva optimálisan ki tudja elégíteni az ember szükségleteit, ezért a szója igényt tarthat a funkcionális jelzőre.

A glutén ugyancsak az alacsony szénhidráttartalmú diéta egyik alapanyaga. Egy közönséges fehérje, mely nem csak a búzalisztben fordul elő, hanem több élelmiszer-alapanyagban is megtalálható. Ez a fehérje okozza a liszt- (glutén-) érzékenységet vagy más néven cöliákiát, mely egy, a vékonybelet károsító autoimmun betegség, és a genetikailag fogékony személyek minden korosztályát érintheti a csecsemőktől a kamaszokon át a felnőttekig. A cöliákia megelőzhető a rizs, a köles és a kukorica fogyasztásával, a nevezett fehérjék kiiktatásával az étrendből. A kenyér és a tészta gyártása során a glutén képződése a legfontosabb technológiai folyamat. A búzaliszt víz hozzáadással a dagasztás során viszkoelasztikus kohéziv tésztává áll össze, melyben a glutén felelős a tészta plasztikus tulajdonságáért és stabilitásáért.

Az alacsony szénhidráttartalmú és a teljes kiőrlésű liszt. Az alacsony szénhidráttartalmú liszt egy természetes alapanyagokból előállított, magas fehérje- és rosttartalmú, csökkentett szénhidráttartalmú speciális lisztkeverék, amely önmagában alkalmas különböző, csökkentett szénhidráttartalmú készítmények (pl. kenyerek, péksütemények, desszertek, édes sütemények) elkészítésére. Búzafinomlisztből, zsírtalanított szójalisztből, búzagluténból és szójafehérje-izolátumból áll. A teljes kiőrlésű liszthez képest rosttartalma 3-4%-kal magasabb, fehérjetartalma két és félszerese annak, keményítőtartalma pedig kevesebb mint fele. Kiemelkedő fehérjetartalmánál fogva akár önmagában is alkalmas lehetne az ember esszenciális aminosav-szükségletének kielégítésére.

A nem megfelelő időjárási viszonyok között betakarítva, a búza felülete fertőzött lehet mikotoxinok szintézisére képes mikroszkopikus gombákkal, amelyek megfelelő körülmények között toxint termelhetnek, ami belekerülhet a teljes kiőrlésű lisztbe, onnan az ételbe, majd a szervezetünkbe. Az alacsony szénhidráttartalmú liszt tehát tartalmasabb és hasznosabb a szervezet számára,

és nem tartalmazza azokat a mikotoxinokat, melyek a teljes kiőrlésű lisztben előfordulhatnak.

Iparilag előállított finomított cukrok. Cukorra szüksége van a szervezetnek, mert ez adja az energia nagyobb részét, ez fogja táplálni az agyunkat, hisz az idegszövet csak a glükózt képes felhasználni (vagy szükség esetén a ketontesteket), ebből lesz a tartalék szénhidrát, a glikogén a májunkban és az izmainkban. Azonban nem feltétlenül szükséges a cukrokat cukor formában bevinni a szervezetbe, hisz a szervezet cukrot tud előállítani a fehérje aminosavainak egy részéből (glikogén aminosavak) és a zsír glicerinjéből is a glükoneogenezis útján. A finomított vagy az édes gyümölcsökkel bevitt cukor hasznosulása között csekély a különbség, hisz a cukor hamar felszabadul a sejtekből, és rendelkezésére áll a szervezetnek. Ha a cukor glükóz (szőlőcukor), a felszívódás nagyon gyors, ha fruktóz (gyümölcscukor) vagy szacharóz (répacukor vagy nádcukor), kissé lassúbb. A mérték a lényeg. Egyik fajtából sem szabad sokat fogyasztani, mert átalakulhatnak zsírsavakká, azokból pedig zsírok keletkeznek, amik elraktározódva túlsúlyossá vagy elhízottá tesznek bennünket.

Édesítőszerek. Az egyik általánosan alkalmazott édesítőszer az aszpartám, mely az aszparaginsavból és fenilalaninból álló dipeptid metil észtere, ami a szervezetünkben két fehérjealkotó aminosavra, az aszparaginsavra és a fenilalaninra, valamint metilalkoholra bomlik. A két aminosav nem jelenthet veszélyt a szervezet számára, így minden hivatalos, korrekten elvégzett vizsgálat cáfolta az aszpartámmal kapcsolatos rémhíreket, és cáfolták, hogy bármiféle káros hatása lehetne a szervezetre. Megállapították, hogy normál napi használata semmiféle veszélyt nem jelenthet.

Egy másik széles körben alkalmazott édesítőszer a szukralóz, melyet a répacukor módosításával állítottak elő úgy, hogy édesítő képessége kb. 600-szor nagyobb a répacukorénál. Szervezetünkbe jutva nem képes lebomlani, energiát nem szolgáltat, a vércukorszintet ennek megfelelően nem emeli meg, ezért cukorbetegek vagy fogyókúrázók is előnyösen használhatják.

Állati eredetű zsiradékok. Az állati eredetű zsírok tartalmazzák azokat az esszenciális zsírsavakat (többszörösen telítetlen zsírsavak), amelyeket szervezetünk nem tud előállítani, de amelyekre a szervezetünknek feltétlenül szüksége van, és amelyek a növényi zsírokban, olajokban nem fordulnak elő. Ha nem eszünk vajat vagy disznózsírt, tengeri halat, szervezetünket nem tudjuk megfelelő módon ellátni ezekből az esszenciális tápanyagokból. Az ember által naponta elfogyasztott állati zsiradékok koleszterintartalma töredéke annak, amire egy felnőttnek szüksége van, tehát nem kell félni attól, hogy az állati eredetű zsírokkal túl sok koleszterin kerül a szervezetünkbe.

Egészséges-e vegánnak lenni? A válasz egyértelmű: nem. A mindennapi szóhasználatban az a vegetáriánus, aki nem eszik húst, vegán pedig az, aki semmilyen állati eredetű élelmiszert (tej, tejtermék, tojás) nem fogyaszt. A vegetáriánusokon belül lakto-ovo vegetáriánus az, aki a növényi eredetű élelmiszerek

mellett tejet és tejterméket, valamint tojást fogyaszt, a laktovegetáriánus csak tejet és tejtermékeket, az ovovegetáriánus pedig csak tojást fogyaszt a növényi élelmiszerek mellett. Az alacsony szénhidráttartalmú kenyér egyébként tartalmaz tojás- és tejfehérjét is.

Az állati eredetűek fehérje-összetétele komplettnek mondható, tehát a szervezet számára szükséges összes aminosavat kellő mennyiségben és arányban tartalmazza, míg a növényi élelmiszerek fehérjéi bizonyos aminosavakból a szükséglethez mérten nagyon keveset tartalmaznak. A növényi zsírok és olajok nem tartalmazzák az ember számára létfontosságú esszenciális zsírsavak egy részét, a növények nem tartalmaznak B_{12}-vitamint, makro- és mikroelem-tartalmuk egészen más, mint az ember szükséglete. Kalciumtartalmuk pl. rendkívül alacsony, így tej és tejtermékek nélkül a szervezet kalciumszükségletét szinte képtelenség kielégíteni. A tej és tejtermékek és a tojás az ember számára létfontosságú anyagok nagy részét tartalmazza, tehát a lakto-ovo vegetáriánusok jobban ellátják szervezetüket tápanyagokkal, mint a vegánok.

8.3. A magas tápértékű funkcionális élelmiszer, az alacsony szénhidráttartalmú kenyér előállítása

8.3.1. Bevezetés

Napjainkban növekszik az érdeklődés a funkcionális, magas biológiai értékű élelmiszerek iránt, és egyre több cikk jelenik meg az étrenddel és az egészséggel kapcsolatban a szakirodalomban a funkcionális élelmiszerek hatásáról. Sok könyv, folyóirat és interneten megtalálható információ foglalkozik ezzel a témával, és több televíziós műsor is született a betegségek megelőzésével, kezelésével kapcsolatban. A funkcionális élelmiszerek iparága – beleértve az ételeket, italokat és a kapcsolódó és támogató szektorokat – az utóbbi években az élelmiszeripar egyik legnagyobb növekedést produkáló ága lett. Ennek a nagymértékű növekedésnek a motorja nemcsak az egészségtudatos vásárlók csoportja, hanem azok a népbetegségek is, amelyek civilizált életmódunkhoz köthetők (cukorbetegség, elhízás, idegrendszert, emésztőrendszert érintő betegségek). Manapság még sokan szkeptikusak a funkcionális élelmiszerek jótékony hatásával kapcsolatban, mert hatásuk kifejtéséhez rendszeresen kell fogyasztani azokat, és a jótékony hatás hónapok, esetleg évek elteltével tapasztalható.

A fejlődő világ több országában a kis fehérjetartalmú növényi táplálék túlsúlya miatt gyakori fehérjehiánnyal lehet számolni. A fehérjehiány növekedésben való visszamaradáshoz, ödémák képződéséhez, valamint vérszegénységhez vezethet; amennyiben a fehérjehiány energiahiánnyal is párosul, az alultápláltság sok csecsemő és kisgyermek halálát is okozhatja.

Az elmúlt évtizedek kutatásainak eredményeként ma már nem általában fehérjeszükségletről, hanem a nélkülözhetetlen aminosavak meghatározott mennyiségi igényéről beszélünk. A kutatók rájöttek arra is, hogy nemcsak a limitáló aminosavak hiányát kell pótolni, hanem törekedni kell az esszenciális aminosavak harmonikus arányára is, sőt figyelni kell arra, hogy az esszenciális és nem esszenciális aminosavak is optimális arányban forduljanak elő az élelmiszerekben.

Az aminosavak iparszerű termelésének beindulása után lehetőség volt a limitáló aminosavak pótlására, amelynek következtében az optimálishoz közeli aminosav-összetétel érhető el, ami az egyik útja a magas biológiai értékű fehérje előállításának. Az aminosav-analitika széles körű alkalmazásával ma már közismert sok élelmiszer-alapanyag aminosav-összetétele, melyek kombinálásával az ember számára ugyancsak optimális összetételű élelmiszer, pl. kenyér állítható elő, amely a másik útja a magas biológiai értékű élelmiszer-termelésnek.

Az élelmiszer-összetevők okszerű megválogatásával lehetőség van olyan fehérjék alkalmazására, melyekkel az alapélelmiszer, pl. a liszt limitáló aminosavai pótolhatóak, ezért optimális összetételt biztosítanak a fejlődő szervezet számára. Újabban az aminosav-szükségleti adatok mellett az optimális és minimális fehérjeszinteket is megadják. Elegendő fehérje birtokában az energiatöbblet elősegíti az energiaigényes fehérjeszintézist, növeli a tömeggyarapodást és javítja a fehérjeértékesítést, valamint a fehérjehasznosítást.

8.3.2. Irodalmi áttekintés

8.3.2.1. A búzaliszt és búzaliszt alapú készítmények tápértékének növelése

Egy felnőtt ember fehérjeszükséglete az életkortól és a fizikai megterheléstől függően napi 80-110 g. Vegyes étrend esetében ez a fehérjemennyiség elegendő esszenciális aminosavat tartalmaz, egyoldalú étrend esetén azonban, még a kellő fehérjefogyasztás mellett is, esszenciálisaminosav-hiány léphet fel. Egy felnőtt ember számára esszenciális aminosavak az izoleucin, a leucin, a lizin, a metionin, a fenilalanin, a hisztidin, a triptofán, a valin és a treonin.

Azokat a fehérjéket, amelyek az esszenciális aminosavakat kellő mennyiségben és megfelelő arányban tartalmazzák az ember számára, teljes értékű fehérjéknek nevezik, mint amilyenek pl. a hús, a tojás és a tej fehérjéi. A növényi eredetű fehérjékből azonban a lizin, a metionin, a treonin és a triptofán a szükséglethez képest kisebb-nagyobb mértékben hiányzik. Mivel a kevés teljes értékű fehérjét fogyasztók életműködéseiben rendellenességek léphetnek fel, ezért a túlnyomóan növényi eredetű élelmiszereket a hiányzó esszenciális aminosavakkal kiegészítik. A kiegészítésre leginkább a gabonaalapú élelmiszerek esetén lenne szükség, mert a búza és a rozs fehérjéi kevés lizint, metionint és treonint tartalmaznak.

Európában főként a természetes fehérjeforrásokkal való kiegészítés terjedt el. Erre a célra leginkább a különböző szójakészítmények alkalmasak, mert a szójafehérje sok lizint és az átlagosnál több treonint tartalmaz. Hátránya viszont, hogy viszonylag alacsony a metionin- és a cisztintartalma. Elsősorban a búzalisztből készült termékeket szokták feljavítani, mely fehérjekiegészítés eredményességét biológiai vagy kémiai módszerekkel lehet megítélni. Gyorsabb eredményeket kémiai módszerekkel kaphatunk, amelyek során meghatározhatjuk a fehérje aminosav-összetételét, és az aminosav-összetételt hasonlíthatjuk a teljes értékű fehérjékhez olyan kémiai indexeket számolva, amelyek számszerűen tájékoztatnak a vizsgált élelmiszer-fehérje táplálkozási értékéről.

A szója magas lizin- és treonintartalma kiválóan ki tudja egészíteni a búzaliszt aminosav-összetételét, azonban még jobb eredmény érhető el az okszerűen összeállított fehérjekiegészítéssel, mint az az alacsony szénhidráttartalmú kenyér esetében történt, ahol a szójafehérje mellett tojásfehérjepor-, gluténizolátum- és szárítottkovász-kiegészítésre is sor került. A fehérjekiegészítéssel a búzaliszt eredeti szénhidráttartalma felére csökkent, ami kiválóan alkalmassá teszi az ilyen kenyeret cukorbetegek és fogyni vágyók étrendjében.

8.3.2.2. A liszt magas biológiai értékű fehérjével és lizinnel való dúsítása

Az aminosavak mennyisége és aránya a búzában az emberi szervezet számára távol van az optimálistól, ezért a búzafehérje biológiai értéke a százas skálán 53 körüli. Mivel elsősorban a lizin aránya alacsony, a búzaliszt aminosav-dúsítására azok az anyagok alkalmasak, amelyekben a lizin aránya magas [burgonya (biológiai értéke 73) és szója (biológiai értéke 74-78)]. Mivel napjainkban rendszeresen fogyasztunk gabonafélékből előállított élelmiszereket, már régóta foglalkoznak a lisztek dúsításával, illetve nyomelemekkel (Se, Ca, Cu, Zn, Fe, P), vitaminokkal (B-vitamin család, E-vitamin), valamint fehérjékkel és aminosavakkal (triptofán, lizin, treonin) való feljavításával.

Az L-lizin klinikai és dietetikai alkalmazásának kutatása 30-40 éves múltra tekint vissza. 1976-ban szabadalmaztattak egy olyan kenyeret, amely a teljes értékű fehérjének megfelelő aminosav-összetétellel rendelkezett. Ebben a különböző fehérjepótlás mellett a liszthez L-lizin-hidrokloridot adagoltak, amely így 0,1-0,5% L-lizin-hidrokloridot tartalmazott. Mások a lizin ε-aminoacil származékát adagolták a búzaliszthez, melyből a szervezetben a deacilezés során lizin keletkezett. A kiegyenlített aminosav-összetétel elérése céljából az acil-lizin mellett még 0,1% körüli mennyiségben L-lizin-hidrokloridot is adagoltak a liszthez. A kenyér tápértékének növelésére is dolgoztak ki eljárást, melynek során egy lizint termelő tejsavbaktérium-törzs liofilizált mintáját adták a kovászhoz, ezzel javítva az aminosav-összetételt.

A lizint átlagosan 0,2-0,5%-ban adagolták a lisztekhez a fehérje- és a lizintartalom növelésének érdekében. A 0,5%-kal való dúsítás esetén a gyerekek fejlődésében jótékony hatást értek el, nők esetében a hemoglobinszint növekedett, míg férfiak esetében a transzferrinszint emelkedését észlelték. Ahhoz, hogy a 0,5% lizinnel kiegészített kenyérből az ember napi lizinszükségletének 25%-át kielégítsük, 325 g/nap kenyér fogyasztása javasolt.

Egy kísérletben a 0,3%-ban lizennel javított lisztből készült kenyeret három hónapon át fogyasztották a résztvevők. Megállapították, hogy a lizinnel dúsított kenyér fogyasztása pozitívan hat az immunrendszerre; a hemoglobinszint ugyan nem nő, de az IgA, IgB, IgE-re való hatása miatt a 0,3% lizin javítja az immunrendszer működését. Több kutatás eredménye is alátámasztja a lisztek lizinnel való dúsításának jótékony hatását. Ennek során a bablisztkiegészítés hatását vizsgálták tortilla esetében, a mustárliszt hatását vizsgálták a kétszersültnél, mások pedig egy lizinszármazék hatását vizsgálták a sütési tulajdonságokra.

A vonatkozó szakirodalmat áttanulmányozva nem találkoztunk olyannal, hogy valaki az extrahált szójadarát, a tojásfehérjeport, a glutént vagy a szárított kovászt együtt alkalmazta volna alacsony szénhidráttartalmú és magas fehérjetartalmú kenyér előállítására, melyben a fehérjén belül az esszenciális aminosavak aránya, az extrahált szójadarának köszönhetően – elsősorban a lizin mennyisége – kimagasló.

8.3.2.3. Az alacsony szénhidráttartalmú kenyér magas lizintartalmának élettani hatása

Régóta ismert, hogy az L-lizin, a fehérjéinket felépítő esszenciális aminosav hiányában a táplálékkal bevitt kalcium nem tud beépülni a csontokba, és számos fehérje szintézise is gátolt. Az L-lizinnek alapvető szerepe van a csontok és a bőr szerves állományát alkotó kollagén képzésében, és emellett immunrendszer-erősítő és vírusellenes hatását is igazolták. A csontanyagcserével és az oszteoporózis megelőzésével kapcsolatban a szakirodalomban a táplálkozási tényezők közül hosszú időn keresztül a kalcium, a foszfor és a D-vitamin-fogyasztás kapta a legnagyobb figyelmet, bár a C-vitaminnak és a lizinnek is alapvető szerepe van a csontok szerves állományát alkotó kollagén képzésében. A C-vitamin egyrészt a D-vitamin aktiválásában vesz részt, másrészt a csont kollagénállományának felépítésében részt vevő lizint alakítja át a prokollagén létrehozására alkalmas formává. A kutatási eredmények alátámasztják, hogy a C-vitamin mellett az L-lizin is jelentősen hozzájárul az egészséges csontozat kialakulásához.

A lizin és a C-vitamin érrendszerre és a szívkoszorúér-betegségekre kifejtett jótékony hatásáról többen beszámoltak, és kidolgoztak egy olyan készítményt, amely az extracelluláris mátrix károsodásával kapcsolatos betegségek (atherosclerosis, rák, fertőzés vagy más gyulladásos megbetegedések) kezelésére alkalmas. A készítmény lizint, prolint, aszkorbátot, ezek származékait és szintetikus

analógjait, továbbá vitaminokat, provitaminokat és nyomelemeket tartalmazott. Az L-lizin és a különböző szénhidrátok reakcióit vizsgálva kimutatták, hogy a Maillard-reakcióban keletkező reakciótermékek jelentős antioxidáns-aktivitással rendelkeznek.

Összefoglalva elmondható, hogy az L-lizin bevitele a szervezetbe, bármilyen formában is történjen, javítja a lizinhiányos fehérjék biológiai értékét, hozzájárul a fiatal szervezet optimális fejlődéséhez, és a sok terápiás hatása miatt eredményesen alkalmazható az egészség megőrzéséért vívott küzdelemben.

8.3.2.4. A lizin szerepe a Maillard-reakció-termékek kialakításában

A monoszacharidok, általában a redukáló szénhidrátok, szabad aminocsoporttal megfelelő körülmények között reagálnak, mely reakció során aromakomponensek és barna színű pigmentek, melanoidinek keletkeznek. Ez a folyamat a Maillard-reakció. A lizintartalmú sütőipari termékek előállítása alkalmával, mivel a lizin ε-aminocsoportja rendkívül érzékeny a Maillard-reakcióra, a nem enzimes barnulási reakció következtében, megfelelő hőmérsékletet alkalmazva antioxidánsok, szín-, valamint ízanyagok keletkeznek, melyek hozzájárulnak az egészségvédő hatáshoz.

Az alapanyagok összetételének tervezésénél azonban figyelemmel kell lenni arra is, hogy a magas lizintartalom következtében keletkező termékek ronthatják a termék élvezeti értékét, hisz a nagy mennyiségű Maillard-reakciótermékek nem kívánt íz- és színhatása is jelentkezhet. A kenyér szerencsés megoldásnak nevezhető, mert a kenyér belsejében a sütés alatti hőmérséklet sosem megy 100 °C fölé, a kenyér héjában viszont arányaiban csak kevés lizin található.

8.3.2.5. Az ember fehérje- és aminosav-szükséglete

Az ember fehérjeszükségletének megállapításakor figyelemmel kell lenni arra, hogy a szervezet megfelelő energiabevitel, fehérjementes étrend esetén is veszít fehérjét. Ez az endogénfehérje-veszteség a vizeletben, a bélsárban és a verejtékben ürül, valamint növeli ennek mennyiségét a bőr kopása, a növekvő haj és a köröm is. Az endogénfehérje-veszteség testtömeg-kilogrammonként átlagosan mintegy 0,34 g fehérjének felel meg. A felnőtt fehérjeszükségletét testtömeg-kilogrammonként 0,75 g jó minőségű fehérjével lehet kielégíteni, a csecsemők, a gyerekek, a gyereket váró és a szoptató anyák esetében a fehérjeszükséglet azonban ennél nagyobb, hisz a fejlődésben lévő szervezet számára biztosítani kell a növekedéshez és a fejlődéshez szükséges fehérjemennyiséget, az utóbbi két esetben pedig a magzat és a tejtermelés fehérjeigényét is ki kell elégíteni.

Az ember azonban természetesen nem a fehérjét, hanem a fehérjében lévő aminosavakat hasznosítja. Az ember számára esszenciális a hisztidin (az

életkortól függően), az izoleucin, a leucin, a lizin, a metionin, a fenilalanin, a treonin, a triptofán és a valin. Félig esszenciális a cisztin, amit metioninból, valamint a tirozin, amit fenilalaninból tud előállítani a szervezet. Az egészséges ember bélrendszerében élő mikroorganizmusok a hisztidint szintetizálni tudják, ezért ez az aminosav csak a csecsemő számára számít esszenciálisnak, mert a felnőtt ember szükségleteit a bélrendszerben szintetizálódott mennyiség tökéletesen kielégíti. Általánosságban elmondható, hogy az átlagos fehérjeszükséglet 0,6 g/testtömeg-kilogramm, a legkisebb fehérjebevitelnek pedig naponta el kell érnie a 0,45 g-ot testtömeg-kilogrammonként.

Hogyan tudnak a búzafehérje főbb komponensei ezeknek a kívánalmaknak megfelelni? A lizin szempontjából nehezen, mert a gabonafehérjék relatíve kevés lizint tartalmaznak. A búzafehérjék közül az albuminok csaknem valamennyi fehérjealkotó aminosavat tartalmazzák. Izoelektromos pontjuk pH=4-5 körül van. A globulinok az albuminokkal általában együtt fordulnak elő, szétválasztásuk a molekulatömeg alapján lehetséges. A globulinok híg sóoldatokban, egyesek desztillált vízben is oldódnak. Ez utóbbiakat pszeudo- (ál-)globulinoknak nevezték el, szemben az eredeti, híg sóoldatban oldódó eu-(valódi-) globulinokkal.

A prolaminok aminosav-összetételére jellemző a prolin és a glutaminsav nagy koncentrációja, lizint nem tartalmaznak. A gliadin a gluteninnel együtt képezi a sikér (glutén) komplex fehérjéjét, amely a búzatészta előállításának kulcsfehérjéje. A glutelinek jellegzetes növényi fehérjék, amelyek a magvakban fordulnak elő. Aminosav-összetételükben dominál az arginin, a prolin és a glutaminsav; legismertebb a búzában található glutenin. A lizin mennyisége tehát a gabonafélékben alacsony (2-4%), és több növényi eredetű fehérje biológiai értékének is limitáló faktora. Normál táplálkozási körülmények között nem kell félni lizintúltáplálástól. Ha mégis a szükségletnél nagyobb mennyiségű lizin kerülne a szervezetbe, akkor a szervezet azt energiaként hasznosítja.

8.3.3. A kísérletek célja

Kutatásunk célja egy olyan funkcionális élelmiszer, lizinnel és más esszenciális aminosavakkal dúsított kenyér előállítása volt, amely segít a szervezet optimális esszenciális aminosav-szükségletének kielégítésében, és előnyös hatású a csontritkulás és a keringési rendszer betegségeinek kezelésében is. Elképzelésünk szerint a búzaliszthez megfelelő mennyiségben extrahált szójadarát, tojásfehérjeport, glutént és szárított kovászt együtt adagolva növelni tudjuk az esszenciális, a búzaliszt esetében pedig limitáló lizin mennyiségét, növeljük a búzafehérje biológiai értékét, és a biológiai érték növelésénél nagyobb mennyiségben adagolva olyan funkcionális, egészségvédő, illetve egészségmegőrző terméket tudunk előállítani, mellyel meg tudjuk előzni az esszenciális aminosavhiánynak tulajdonított betegségeket, mint amilyenek a csontok gyengesége és a csontritkulás.

Reméltük, hogy mivel a kenyér sütése során a kenyérbél hőmérséklete a 100 °C-ot nem haladja meg, a kenyér belsejében a lizintartalom gyakorlatilag változatlanul megmarad, míg a kenyér héjában és közvetlenül az alatt jelentős mennyiségben átalakul szín- és ízanyagokká (Maillard-reakció), valamint antioxidánsokká. Ugyancsak bíztunk abban, hogy a tojásfehérjepor és a szárított kovász alkalmazásával azokat az esszenciális aminosavakat is be tudjuk vinni a kenyérbe, melyekből (metionin, cisztin) a szója relatíve kevesebbet tartalmaz. A glutén alkalmazásának egyetlen célja a fehérjetartalom növelése és a szénhidráttartalom csökkentése volt, és ugyancsak a keményítőtartalom csökkentését és a rosttartalom növelését szolgálta a hozzáadott bambuszrost is.

Összefoglalva, az általunk alkalmazott megoldás lényege az, hogy teljes értékű aminosav-összetételű kenyeret állítsunk elő magas – a szükségletet még némiképp meg is haladó – esszenciális aminosav-tartalommal, megnövelt fehérje- és rosttartalommal és csökkent keményítőtartalommal. E célunk elérése érdekében a 83,0%-os fehérjetartalmú tojásfehérjeport, a 79,4%-os fehérjetartalmú glutént, a 49,3%-os fehérjetartalmú extrahált szójalisztet, a 16,0% fehérjetartalmú szárított kovászt és a gyakorlatilag fehérjementes bambuszrostot kevertük össze 12-13% fehérjetartalmú búzalisztt úgy, hogy egy magas biológiai értékű, funkcionális élelmiszerek előállítására alkalmas lisztet kapjunk, amelynek egészségvédő, illetve egészségmegőrző hatása is van. A továbbiakban az alacsony szénhidráttartalmú kenyérrel kapcsolatos kutatásaink eredményeiről számolunk be.

8.3.4. Anyag és módszer

8.3.4.1. A kenyéralapanyagok összeállítása és a sütés

Az alapanyagok összetételének tervezésénél figyelembe kellett venni az alapanyagok és a késztermék esszenciális aminosav-tartalmát, az aminosavak egymáshoz viszonyított arányát, valamint az esszenciális aminosavak mellett a nem esszenciális aminosavak kiegyensúlyozott mennyiségét is. Ügyelnünk kellett arra is, hogy a megnövelt lizintartalom miatt a nagy mennyiségű Maillard-reakciótermék nem kívánt íz- és színhatással jelentkezhet, amit mindenképpen el kellett kerülni.

Az alapkeveréket 12-13% fehérjetartalmú búzalisztből, 83,0%-os fehérjetartalmú tojásfehérjeporból, 79,4%-os fehérjetartalmú gluténből, 49,3%-os fehérjetartalmú extrahált szójalisztből, 16,0% fehérjetartalmú szárított kovászból és gyakorlatilag fehérjementes bambuszrostból állítottuk össze. A keverék százalékos összetétele szabadalmilag védett, így ezt nincs módunkban közölni. A kenyér sütése után, melynek során speciális hőmérséklet- és időkombinációkat alkalmaztunk, vizsgáltuk a kenyerek mindazon tulajdonságait, melyeket a kenyerek minősítése során a gyakorlatban alkalmaznak. A kísérleti

gyártás során a tésztát a kenyér jellegétől függően kelesztettük, formáztuk, majd automata kenyérsütő berendezésben megsütöttük. Az előzetes eredmények birtokában szükség szerint változtattuk a sütési hőmérsékletet és időt annak megfelelően, hogy nagyobb lizin-, vagy nagyobb antioxidáns-tartalmú kenyeret akartunk előállítani.

8.3.4.2. Kémiai-analitikai vizsgálatok

8.3.4.2.1. Az összesfehérje és az aminosav-összetétel meghatározása

Az analitikai vizsgálatok előtt a kenyereket szobahőmérsékleten megszárítottuk, lisztfinomságúra daráltuk, majd ebből a homogén anyagból végeztük el a vizsgálatokat. A kenyerek összesfehérje-tartalmát a Kjeldahl-módszer elvén működő Velp Scientifica UDK 159 berendezéssel határoztuk meg. A fehérjét 6 mólos sósavval, 110 °C-on, 24 órán át hidrolizáltuk, majd az aminosavak meghatározását nagyhatékonyságú folyadékkromatográfiás módszerrel végeztük orto-ftáldialdehid (OPA)-2-merkapto-etanol oszlop előtti származékképzéssel. Készülék: Varian Pro Star, detektálás fluoreszcenciás módszerrel (λ_{ex}=340 nm, λ_{em}=455 nm). Oszlop: Pursuit C18 5µm, 250x4,6 mm. Gradiens elúció: A: 100 mmol/l acetát puffer (pH=6,95) 925 ml, metanol 50 ml, tetrahidrofurán 25 ml, B: metanol 975 ml, tetrahidrofurán 25 ml. Áramlási sebesség: 0,8 ml/perc. Az analízishez alkalmazott gradiens program: 0-8 perc: A komponens 100%, B komponense 0%, 8-11 perc: 90-10, 11-16 perc: 75-25, 16-20 perc: 60-40, 20-24 perc: 60-40, 24-27 perc: 40-60, 27-32 perc: 0-100, 32-33 perc: 0-100, 33-47 perc: 100-0. Az alkalmazott körülmények között az aminosavak jól elváltak egymástól, a mennyiségi meghatározást semmiféle körülmény nem zavarta.

A triptofán meghatározása során a fehérjét 4 M-os nátrium-hidroxiddal, 110 °C-on, 24 órán át hidrolizáltuk, majd a triptofántartalmat ugyancsak nagyhatékonyságú folyadékkromatográfiásan határoztuk meg.

8.3.4.2.2. A hidroxi-metil-furfurol (HMF) meghatározása

A Maillard-reakciótermékek mennyiségének becslésére nagyhatékonyságú folyadékkromatográfiával elvégeztük a kenyér hidroxi-metil-furfurol (HMF) koncentrációjának meghatározását. A HMF méréséhez a különböző kenyerekből vett mintákat elektromos malmon 0,75 mm szita méretűre daráltuk, és mindegyikből egy g-nyi mennyiséget mértünk be, melyhez 9 ml ioncserélt vizet adtunk, majd 3 percig kevertettük kémcső-vortex segítségével. Ezután a zavaró anyagok eltávolítása érdekében 0,5 ml Carrez I és Carrez II oldatot adagoltunk a kivonathoz, majd 10 percig centrifugáltuk 5000 g-n. A felülúszót leöntöttük, 0,45 µm-es szűrőfejeken átszűrtük, és a kapott oldatból 20 µl-t injektáltunk a Varian Pro Star HPLC készülékbe. A HMF mérésére izokratikus elúciós módszert alkalmaztunk, ahol a mozgó fázis 5%-os metanol-ecetsav 20:80% arányú elegye, az álló fázis

Pursuit C18-as oszlop (250x45 mm), az áramlási sebesség 1 ml/perc volt, az UV detektálást pedig 285 nm hullámhosszon végeztük.

8.3.4.2.3. A fehérje biológiai értékének számolása

A fehérje minőségének meghatározása a fehérjetartalom mérésével kezdődik, majd a fehérje aminosav-összetételének meghatározásával folytatódik. Az aminosav-összetételi adatokból megállapítható a fehérje limitáló aminosava a FAO/WHO ajánlásai szerint összeállított referenciafehérje aminosav-összetételéhez viszonyítva. A legkisebb százalékos mennyiségben előforduló aminosav a limitáló aminosav, amelynek számértéke a kémiai index (CS). Az aminosav-összetételből a CS mellett más indexek is számolhatók, ha figyelembe vesszük a többi esszenciális és nem esszenciális aminosavat is.

Manapság az ember szempontjából való biológiaiérték-meghatározás során sokan használják a dán kutatók biológiaiérték-számolási eljárását, akik fiatal férfi egyetemista hallgatókkal végzett kísérleteik alapján a legnagyobb nitrogénretenciót akkor tapasztalták, ha a kísérleti alanyok 66% burgonyából és 34% teljes tojásból álló keveréket fogyasztottak, ami hazánkban egy igen jó minőségű – kolbász nélkül készített – rakott krumplihoz hasonlít leginkább.

A biológiai érték számolásánál a lizinen, a treoninon és a triptofánon kívül együtt értékelték az aromás aminosavakat (fenilalanin + tirozin) és a kéntartalmú aminosavakat (metionin + cisztin). Az aminosavak közül a triptofánnak van a legkisebb, a treoninnak pedig a legnagyobb befolyása a biológiai értékre. A többi aminosavak kb. hasonló hatással vannak a biológiai értékre.

8.3.4.3. Érzékszervi vizsgálat

A kenyerek érzékszervi vizsgálata során kérdőívvel értékeltük a kenyér alakját (kenyértípusra jellemző, szabályos, arányosan domború, ne legyen torz alakú), a héját (a kenyértípusra jellemző színű, fényes, sima vagy cserepes, esetleg szórt vagy vágott, ne legyen végigrepedt, kormos, szennyezett, égett, ázott, sérült), a bélzetet (átsült, a héjtól nem elváló, a liszt jellegének megfelelő egyenletes színű, rugalmas, csomómentes, ne legyen szalonnás, ragacsos, morzsálódó, széteső, ne tartalmazzon idegen anyagokat), valamint ízét és illatát (kenyértípusra jellemző aromájú, ne legyen idegen ízű és szagú). Az érzékszervi vizsgálatokat a Codex Alimentarius (2004) előírásai szerint végeztük.

8.3.4.4. Az adatok statisztikai értékelése

Az adatok statisztikai értékelését a Microsoft Excel 2010 programcsomaggal, egytényezős varianciaanalízissel végeztük.

8.3.5. Eredmények és értékelés

8.3.5.1. A kenyéralapanyagok fehérjetartalma és aminosav-összetétele

Az összesfehérje-tartalom meghatározásához a különböző mintákat elektromos malmon 0,75 mm szita méretűre daráltuk, illetve a lisztet ilyen méretű szitán engedtük át, és a búzalisztből két g-ot, a többi alapanyagból pedig, a nagyobb fehérjetartalom miatt, egy g-ot roncsoltunk el. A roncsolást is és az ammónia desztillálását is háromszor ismételtük.

Az esszenciális aminosavak meghatározását megelőzően a búzaliszt és az alapanyagok fehérjéit 6 M-os HCl-val, 110 °C-on 24 órán át hidrolizáltuk, majd a hidrolizátumból, megfelelő hígítás és származékképzés után 20 µl-t injektáltunk a nagyhatékonyságú folyadékkromatográfba. A triptofán meghatározása során a fehérjét 4 M-os nátrium-hidroxiddal 110 °C-on, 24 órán át hidrolizáltuk, majd a triptofántartalmat ugyancsak nagyhatékonyságú folyadékkromatográfiásan határoztuk meg.

A búza és a belőle készült búzaliszt fehérjetartalma a fajtától és a termesztési körülményektől függően 11–14% között változik. Fehérjefrakciói közül az albuminok vízoldhatóak, a globulinok 0,4 mol/l NaCl sóoldatban oldódnak, a prolaminok oldhatók 70%-os vizes etanolelegyben, a glutelinek pedig a szekvenciális extrakció után a lisztből visszamaradó frakciót alkotják. A glutelineket 60%-os vizes 1-propanol elegyben 60 °C-on oldva a nagy móltömegű (HMW) alfrakció kicsapódik, a kis móltömegű (LMW) alfrakció viszont oldatban marad. Az albumin- és globulinfrakciókba az enzimek sorolhatók, a prolaminok és a glutelinek pedig a tárolófehérjék osztályát alkotják. A búzában az albuminfrakció az összesfehérje 14,7%-át, a globulin 7,0%-át, a prolamin 32,6%-át, a glutelin pedig 45,7%-át teszi ki. A búzánál az albumin neve leukozin, a globuliné edesztin, a prolaminé gliadin, a gluteliné pedig glutenin.

A gabonafélék aminosav-összetételére jellemző a kis lizin- és metionintartalom, és különösen kevés metionin van a búzában. 100 g búza (13,2% fehérjetartalommal) 0,73 g aszparaginsavat, 0,42% treonint, 0,69% szerint, 3,75% glutaminsavat, 1,36% prolint, 0,55% glicint, 0,53% alanint, 0,32% cisztint, 0,63% valint, 0,22% metionint, 0,53% izoleucint, 0,94% leucint, 0,42% tirozint, 0,61% fenilalanint, 0,30% hisztidint, 0,40% lizint, 0,65% arginint és 0,16% triptofánt tartalmaz.

A búzaglutén (79,4% fehérjetartalommal) 4,4% aszparaginsavat, 2,8% treonint, 4,8% szerint, 31,9% glutaminsavat, 12,1% prolint, 3,5% glicint, 2,4% alanint, 1,8% cisztint, 4,6% valint, 1,7% metionint, 4,1% izoleucint, 7,2% leucint, 3,1% tirozint, 4,7% fenilalanint, 2,3% lizint, 1,8% hisztidint, 3,9% arginint és 1,1% triptofánt tartalmaz. Aminosav-összetételében dominál a glutaminsav és a prolin, mely két nem esszenciális aminosav az összesfehérje 44,0%-át teszi ki.

Az alacsony szénhidráttartalmú liszt másik fő összetevője az extrahált szójadara 49,3% fehérjetartalommal. A szója tömegének kb. 60%-a fehérje és olaj, mintegy 35%-a szénhidrát, a maradék 5% pedig hamu. A fehérje nagy része hőálló, ami azért jelentős, mert a tripszininhibitor aktivitás csökkentését vagy megszüntetését célzó eljárások hőkezeléssel járnak, ami megfelelő technológiát alkalmazva a szójafehérjét nem károsítja. A szója szénhidrátjai közé tartozik a szacharóz, a raffinóz és sztachióz, melyeket az ember nem tud megemészteni, azonban vízkötő tulajdonságaik miatt mégis hasznosak, mert védik a magot a kiszáradástól. Oldhatatlan szénhidrátjai közé tartoznak a cellulóz, a hemicellulóz és a pektin, melyek emészthetetlenek, kedvező élettani hatásuk azonban jelentős. A szója olajtartalmával nem foglalkozunk, mert az alacsony szénhidráttartalmú kenyér előállítása során extrahált szójalisztet használtunk, mely olajat csak nyomokban tartalmaz.

Ásványianyag-tartalma kb. 5%, melyben jelentős mennyiségű makroelem (kálium, kalcium, magnézium, foszfor) és mikroelem (főként cink és vas) található. Jelentős mennyiségben tartalmazza a B-csoportbeli vitaminokat (pantoténsav, piridoxin, folsav, tiamin, niacin és riboflavin), valamint jelentős E- és K-vitamintartalma is. C-vitamin-tartalma elhanyagolható.

Fehérjetartalma 36–37% között van, az extrahált szójadara fehérjetartalma pedig elérheti az 50%-ot. 100 g érett, légszáraz szója 5,10 g aszparaginsavat, 1,77 g treonint, 2,36 g szerint, 7,87 g glutaminsavat, 2,38 g prolint, 1,88 g glicint, 1,93 g alanint, 0,66 g cisztint, 2,03 g valint, 0,55 g metionint, 1,97 g izoleucint, 3,31 g leucint, 1,54 g tirozint, 2,12 g fenilalanint, 2,71 g lizint, 1,10 g hisztidint, 3,15 g arginint és 0,59 g triptofánt tartalmaz. Az értékeket kettővel szorozva megkapjuk a szójafehérje közelítő aminosav-tartalmát.

Az alacsony szénhidráttartalmú liszt harmadik fő komponense a tojásfehérjepor. A tojás a roston kívül szinte minden értékes tápanyagot tartalmaz. Fehérjéjének biológiai értéke talán az összes élelmiszer-fehérje közül a legnagyobb, ezért aztán a biológiai érték meghatározásánál egy olyan fehérjének tekinthető, mely a többi fehérje értékelésének a viszonyítási alapja. A sárgájában sok a zsír és a vitamin, így a fehérje és a sárgája együttesen az ember szükségleteit szinte optimális módon elégíti ki, ily módon összetételének változtatása nélkül, megfelelően elkészítve, funkcionális élelmiszernek tekinthető. Összefoglalóan a tojás táplálóanyag-tartalomban dús, a természet által létrehozott egyik legértékesebb élelmiszer. Ipari és otthoni felhasználása sokoldalú, és a tyúktojáson kívül használjuk még a kacsa, a liba, a bíbic, a sirály és a fürj tojását is táplálékként.

A tojásfehérje a fehérjék 10%-os vizes oldata, mely a fehérjék mellett még 0,03% lipideket és 1% szénhidrátot is tartalmaz. A friss tojás pH-ja 7,6–7,9 közötti, mely a tárolás alatt 9,7-ig is emelkedhet, mert az oldható CO_2 a tojáshéjon keresztül kidiffundál a tojásból. A pH emelkedése idő- és hőmérsékletfüggő folyamat. A pH 35 °C-on, 21 nap alatt 9,4-re emelkedik. A biológiai aktivitással

bíró albumin fehérjék védelmet nyújtanak a mikrobiológiai romlás ellen, így pl. a lizozim enzim a baktériumok sejtfalát alkotó peptidoglikánok hasításával elpusztítja a baktériumokat, és ugyanezt a szerepet töltik be az enzim inhibitorok (ovomukoid, ovoinhibitor) és a koenzimekkel komplexet képező anyagok (pl. flavoprotein, avidin) is.

100 g tojásfehérje 6,0 g aszparaginsavat, 3,4 g treonint, 6,0 g szerint, 10,9 g glutaminsavat, 2,9 g prolint, 2,9 glicint, 5,5 g alanint, 1,9 g cisztint, 6,0 g valint, 3,0 g metionint, 5,0 g izoleucint, 6,8 g leucint, 3,2 g tirozint, 4,9 g fenilalanint, 4,6 g lizint, 1,7 g hisztidint, 4,5 g arginint és 1,2 g triptofánt tartalmaz.

A kenyérsütéshez használt 16,0% fehérjetartalmú szárított kovász mennyisége az előzőekben felsorolt komponensekhez képest oly csekély, hogy a liszt, illetve a belőle készült kenyér aminosav-összetételére nincs hatással.

A mérési adatok alapján megállapítható, hogy az alacsony szénhidráttartalmú liszt egy természetes alapanyagokból előállított, magas fehérje- és rosttartalmú, csökkentett szénhidráttartalmú speciális lisztkeverék, amely önmagában alkalmas különböző csökkentett szénhidráttartalmú készítmények (pl. kenyerek, péksütemények, desszertek, édes sütemények, muffinok stb.) elkészítésére. Kényelmes megoldást jelenthet azoknak, akik nem szeretnének kísérletezni az arányokkal. Búzafinomlisztet, zsírtalanított szójalisztet, búzaglutént, szárított kovászt, bambuszrostot és szójafehérje-izolátumot tartalmaz. A hivatalos adatok szerint energiatartalma 1364 kJ/100 g, zsírtartalma 1,4%, amelyből telített zsírsav kevesebb mint 0,5%, szénhidráttartalma 35,4%, melyből cukor 2,8%, keményítő 32,6%, rost 14,4%, fehérje 35,0% és só 0,125%. Összességében elmondható róla, hogy a finomliszthez képest majd háromszoros fehérjetartalmú és 50%-kal csökkentett szénhidráttartalmú természetes élelmiszer-alapanyag.

8.3.5.2. A kenyér összesfehérje-tartalma

Az összesfehérje-tartalom meghatározásához a különböző kenyérből vett mintákat elektromos malmon 0,75 mm szita méretűre daráltuk, és a normál kenyérből két g-ot, az alacsony szénhidráttartalmú kenyérből pedig, a nagyobb fehérjetartalom miatt, egy g-ot roncsoltunk el. A roncsolást is és az ammónia desztillálását is háromszor ismételtük. A kontrollkenyér fehérjetartalmát 12,4±0,18%-nak, az alacsony szénhidráttartalmú kenyérét pedig 35,2±0,26%-nak mértük. Az eredményből azonnal látszik, hogy a hozzáadott extrahált szójalisztnek, a tojásfehérjepornak és a gluténnek köszönhetően az alacsony szénhidráttartalmú kenyér fehérjetartalma 2,86-szorosára nőtt a kontrollkenyérhez viszonyítva. A növekedés várható volt, hisz az adalékanyagok mind jóval nagyobb fehérjetartalommal rendelkeztek, mint a búzaliszt.

8.3.5.3. A kontroll- és az alacsony szénhidráttartalmú kenyér esszenciális aminosav-tartalma

Az esszenciális aminosavak meghatározását megelőzően a kenyerek fehérjéit 6 M-os HCl-val, 110 °C-on 24 órán át hidrolizáltuk, majd a hidrolizátumból, megfelelő hígítás és származékképzés után 20 µl-t injektáltunk a nagyhatékonyságú folyadékkromatográfba. A triptofán meghatározása során a fehérjét 4 M-os nátrium-hidroxiddal, 110 °C-on, 24 órán át hidrolizáltuk, majd a triptofántartalmat ugyancsak nagyhatékonyságú folyadékkromatográfiásan határoztuk meg.

Eredményeink szerint a felhasznált alapanyagok közül a búzaliszt és a glutén tartalmazza a legkisebb mennyiségben az esszenciális aminosavakat, melynek megfelelően a búzaliszt- (53) és a glutén- (47) fehérje biológiai értéke a legkisebb. Az extrahált szójadara magas lizin- és treonintartalma a várakozásnak megfelelő, kéntartalmú aminosav-tartalma viszont szerény, ennek megfelelően a fehérje biológiai értéke 75. A tojásfehérje kimagasló esszenciális aminosav-tartalmánál fogva a legnagyobb biológiai értékkel rendelkezik (98), és magas metionin- és cisztintartalmánál fogva kiválóan tudja a szója- és a búzafehérje, valamint a glutén alacsony kéntartalmú aminosavait kiegészíteni. A tojásfehérje magas lizin-, de különösen treonintartalma is hozzájárul a vele kiegészített alacsony szénhidráttartalmú kenyér magas biológiai értékéhez. A glutén alacsony lizin-, treonin-, valamint kéntartalmú aminosav-tartalma miatt a legalacsonyabb biológiai értékű.

A kontrollkenyér a tésztakészítés során alkalmazott adalékanyagok aminosav-összetétele és a sütés során lejátszódó folyamatok (Maillard-reakció, a kéntartalmú aminosavak és a treonin minimális károsodása) miatt gyakorlatilag ugyanolyan aminosav-tartalmú, mint a búzaliszt. A minimális lizin-, metionin- és cisztinveszteség miatt biológiai értéke annál némileg kisebb.

Az alacsony szénhidráttartalmú kenyér fehérje hisztidintartalma (27 mg/g) kissé nagyobb, mint a kontrollkenyéré, köszönhetően az extrahált szójadara magas hisztidintartalmának. Izoleucintartalma kissé nagyobb, ami a tojásfehérje nagyobb izoleucintartalmának következménye. Leucintartalma ugyancsak nagyobb, mert mind a szójafehérje, mind a tojásfehérje nagyobb leucintartalommal bír, mint a búzafehérje. Lizintartalma mintegy 80%-kal nagyobb a kontrollkenyérénél a szója és a tojásfehérje magasabb lizintartalma miatt. Kéntartalmú aminosav-tartalma (metionin, cisztin), a szója alacsony kéntartalmú aminosav-tartalma miatt a kiegészítés ellenére sem nagyobb a kontrollkenyérénél, amit viszont kompenzál a tojásfehérje-szükségletnél jóval nagyobb kéntartalmú aminosav-tartalma. Összességében a kontroll- és az alacsony szénhidráttartalmú kenyér fehérjéinek kéntartalmú aminosav-tartalma azonosnak tekinthető.

Az alacsony szénhidráttartalmú kenyér fehérjéje több mint 10%-kal több aromás aminosavat (tirozin, fenilalanin) tartalmaz, és még nagyobb a különbség a treonintartalmat illetően, ahol a különbség majdnem eléri a 30%-ot. Triptofántartalomban is mutatkozik a 30%-os különbség, a két fehérje valintartalmában viszont csak csekély

a különbség az alacsony szénhidráttartalmú kenyér fehérjéje javára. (Az értékelés minden aminosav esetében a fehérjére vonatkozik, és nem az aminosavak mennyiségére. Mivel az alacsony szénhidráttartalmú kenyér majd háromszor annyi fehérjét tartalmaz, mint a kontrollkenyér, ezért még a kéntartalmú aminosavak mennyisége is majd háromszor nagyobb koncentrációban van jelen az alacsony szénhidráttartalmú kenyérben, a többi aminosavnál pedig elérheti a négy-ötszörös különbséget is).

Az aminosav-összetétel alapján számolva a glutén biológiai értéke 47, a búzaliszté 53, a szójadaráé 75, míg a tojásfehérjeporé 98. A kontrollkenyér biológiai értékét 61-nek, az alacsony szénhidráttartalmú kenyérét pedig 75-nek mértük. Összességében tehát elmondható, hogy a búzafehérje 53-as biológiai értékét extrahált szójadara, tojásfehérjepor és gluténkiegészítéssel 75-re, azaz több mint 40%-kal növelni tudtuk. (Az adatok minden esetben a fehérjére vonatkoznak). A mérési eredmények alapján megállapítható, hogy három-négy szelet alacsony szénhidráttartalmú kenyérrel egy felnőtt napi esszenciális aminosav-szükségletének nagyobb része (60-70%-a) fedezhető.

8.3.5.4. A hidroxi-metil-furfurol mennyisége

A kontrollkenyér hidroxi-metil-furfurol- (HMF) tartalmát, öt mérés átlagában, 0,98±0,05 mg/kg-nak, az alacsony szénhidráttartalmú kenyérét pedig 4,56±0,34 mg/kg-nak mértük. Egytényezős varianciaanalízissel elemezve az adatokat a különbségek szignifikánsak, tehát a szójafehérje és tojásfehérje hozzáadását követően a hidroxi-metil-furfurol-tartalom nőtt a kenyerekben, ami hozzájárulhat az alacsony szénhidráttartalmú kenyér ízének kialakításához, az antioxidáns jellegű vegyület mennyiségének növeléséhez, de minimális, szinte elhanyagolható mértékben csökkentheti is a felhasználható lizin mennyiségét.

8.3.5.5. Az érzékszervi vizsgálat eredményei

A Codex Alimentarius (2004) előírásai szerint elvégzett vizsgálatok alapján a kontroll- és az alacsony szénhidráttartalmú kenyér alakjában (kenyértípusra jellemző, szabályos, arányosan domború, ne legyen torz alakú), a héj tulajdonságaiban (a kenyértípusra jellemző színű, fényes, sima vagy cserepes, esetleg szórt vagy vágott, ne legyen végigrepedt, kormos, szennyezett, égett, ázott, sérült), a bélzetben (átsült, a héjtól nem elváló, a liszt jellegének megfelelő egyenletes színű, rugalmas, csomómentes, ne legyen szalonnás, ragacsos, morzsálódó, szétes, ne tartalmazzon idegen anyagokat), illetve ízben és illatban (kenyértípusra jellemző aromájú, ne legyen idegen ízű és szagú) csak minimális különbséget tudtunk megállapítani.

A magasabb lizin- és magasabb egyéb aminosav-tartalomnak megfelelően az alacsony szénhidráttartalmú kenyér illata és íze eltér ugyan a hagyományos alapanyagokból készített kenyérétől, de az illat- és ízkülönbség nem zavaró,

néhány nap alatt hozzá lehet szokni. A lényeges különbséget a héj és a bélzet színében tapasztaltuk, mely szerint az alacsony szénhidráttartalmú kenyér bélzetének színe sötétebb, a héj pedig egészen a sötétbarnáig változhat, ami a magasabb lizintartalom és a sütés alatt lejátszódó Maillard-reakció következménye.

8.3.6. Következtetések

Az alacsony szénhidrát-tartalmú kenyér előállításához használt alapanyagok összetételét meghatározva, azokat megfelelő arányban összekeverve egy olyan összetételű lisztet állítottunk elő, melynek energiatartalma 1364 kJ/100 g, zsírtartalma 1,4%, amelyből telített zsírsav kevesebb mint 0,5%, szénhidráttartalma 35,4%, melyből cukor 2,8%, keményítő 32,6%, rost 14,4%, fehérje 35,0% és só 0,125%. Ez a keverék a finomliszthez képest majd háromszoros fehérjetartalmú és 50%-kal csökkentett szénhidráttartalmú természetes élelmiszer-alapanyag.

A felhasznált alapanyagok közül a búzaliszt és glutén tartalmazta a legkisebb mennyiségben az esszenciális aminosavakat, melynek megfelelően a búzaliszt-fehérje (53) és a glutén (47) biológiai értéke a legkisebb. Az extrahált szójadara magas lizin- és treonintartalma a várakozásnak megfelelő, kéntartalmú aminosav-tartalma viszont szerény, ennek megfelelően a fehérje biológiai értéke 75. A tojásfehérje kimagasló esszenciális aminosav-tartalmánál fogva a legnagyobb biológiai értékkel rendelkezik (98), így magas metionin- és cisztintartalmánál fogva kiválóan tudja a szója- és a búza-, valamint a glutén alacsony kéntartalmú aminosav-tartalmát kiegészíteni.

A kontrollkenyér- és az alacsony szénhidráttartalmú kenyérfehérje aminosav-összetételét összehasonlítva megállapítottuk, hogy az alacsony szénhidráttartalmú fehérjéje a metionin és a cisztin kivételével lényegesen több esszenciális aminosavat tartalmaz, melynek következtében a kontrollkenyér-fehérje biológiai értéke 61, az alacsony szénhidráttartalmú kenyérfehérjéé pedig 75. Ha figyelembe vesszük még azt a tényt is, hogy az alacsony szénhidráttartalmú kenyér majd háromszor annyi fehérjét, ezért a kéntartalmú aminosavakból háromszor, a többi esszenciális aminosavból pedig négyszer-ötször többet tartalmaz, akkor levonható az a következtetés, hogy két-három szelet alacsony szénhidráttartalmú kenyérrel egy felnőtt napi esszenciális aminosavigényének 60-70%-a kielégíthető.

Az érzékszervi vizsgálatok szerint a magasabb lizin- és magasabb egyéb aminosav-tartalomnak megfelelően az alacsony szénhidráttartalmú kenyér illata és íze, a héj és a bélzet színe és állaga az alkalmazott nagyobb fehérjetartalmú kiegészítők miatt eltér a normál kenyérétől.

Összességében tehát elmondható, hogy az alacsony szénhidráttartalmú kenyér jó ízű, magas fehérje- és esszenciális aminosav-tartalmú, a hagyományos kenyérnél majd háromszor több fehérjét és háromszor-ötször több esszenciális aminosavat tartalmazó, kimagasló biológiai értékű élelmiszer, mellyel az ember esszenciális aminosav-igényét jó hatásfokkal ki lehet elégíteni.

8.3.7. Összefoglalás

Kutatásaink során a búzaliszthez zsírtalanított szójadarát, tojásfehérjeport, glutént, búzakovászt és bambuszrostot adtunk azért, hogy növelni tudjuk az esszenciális aminosavak mennyiségét, a búzafehérje biológiai értékét, olyan funkcionális, egészségvédő, illetve egészségmegőrző terméket állítva elő, mellyel normál táplálkozást feltételezve az ember esszenciális aminosav-szükségletét ki lehet elégíteni. Olyan terméket tudtunk előállítani, mellyel egyrészt meg tudjuk gátolni az esszenciális aminosavak hiányában kialakuló betegségeket, másrészt, akár egyedül alkalmazva is, biztosítja az ember szükségleteit. Munkánk során meghatároztuk a kenyérsütéshez felhasznált búzaliszt és adalékanyagok, valamint a normál és az alacsony szénhidráttartalmú kenyér fehérjetartalmát és aminosav-összetételét, valamint a sütés folyamán kialakult Maillard-reakciótermékek (hidroxi-metil-furfurol) mennyiségét, kiszámoltuk a fehérje biológiai értékét, és értékeltük az általunk előállított funkcionális élelmiszer, a magas esszenciális aminosav-tartalmú anyagokkal kiegészített kenyér érzékszervi tulajdonságait.

8.4. Az elhízás és a 2-es típusú cukorbetegség kapcsolata

A cukorbetegség (diabétesz) a glükóz anyagcserezavara, amely a hasnyálmirigy hiányos működésére (az inzulin csökkent termelése vagy az inzulintermelés teljes hiánya), vagy az inzulinrezisztenciára, a sejtek inzulinnal szembeni érzéketlenségére, vagy e két jelenség együttes hatására vezethető vissza; a szervezet krónikus megbetegedése.

A szervezet az egyszerű cukrok nagyobb részét vagy azonnal hasznosítani tudja (glükóz, fruktóz), vagy egyszerű enzimes folyamatokban e két szénhidráttá alakítja, és úgy hasznosítja. A di-, az oligo- és a poliszacharidoknak is ez az útja, azaz az összes emészthető szénhidrát monoszacharid formában hasznosul a szervezetben. A glükóz felszívódva a vérbe kerül, eljut a szervezet minden sejtjéhez, ahol az inzulin segítségével azokba behatolva energiával látja el a sejteket, és más fontos biomolekulák prekurzora is lehet.

A hasnyálmirigy Langerhans-szigetei β-sejtjeiben keletkezik az inzulinhormon, ami szintén a vérárammal jut el a sejtekig, és a sejtek inzulinreceptoraihoz kötődve segíti a glükóz sejtekbe való bejutását. A máj és az izmok sejtjei képesek a glükózból tartaléktápanyagot, glikogént szintetizálni, azt tartaléktápanyagként tárolni, majd szükség szerint abból a glükózt felszabadítani és a szervezet rendelkezésére bocsátani. Glükózbőség esetén a glikolízis, citrátkör, zsírsavszintézis, zsírszintézis folyamatokban a glükóz átalakul zsírrá, amit a különféle sejtek ugyancsak képesek tárolni.

A vér cukorszintje egészséges embernél viszonylag állandó, mert az előző folyamatok szabályozottsága révén a glükóz folyamatosan raktározódik, szükség szerint a raktározott vegyületekből felszabadul, sőt a szervezet a glükoneogenezis révén nem cukorszerű anyagokból (tejsav, glicerin, aminosavak stb.) is tud glükózt előállítani. A glükoneogenezist az inzulin gátolja, a glükagonhormon pedig serkenti. Amennyiben az inzulin koncentrációja alacsony, vagy a szervezetből teljesen hiányzik, akkor az inzulin glükoneogenezist gátló hatása megszűnik, a máj pedig elkezd szőlőcukrot képezni. Az előzőek miatt a cukorbetegek vércukorszintje akkor is magas, ha szénhidrátot egyáltalán nem fogyasztanak.

Inzulin hiányában vagy annak csökkent működésekor, az agysejtek kivételével, a sejtek nem tudják a cukrot felvenni, ezért, valamint a glükoneogenezis beindulása miatt, megemelkedik a vércukorszint. Az 1-es típusú vagy inzulinfüggő cukorbetegséget az abszolút inzulinhiány okozza, amikor is egy autoimmun betegség következtében elpusztulnak a hasnyálmirigy β-sejtjei, és teljes inzulinhiány lép fel, ezért a betegek kezeléséhez inzulinra van szükség.

A 2-es típusú diabetes mellitus kialakulását megelőzően a sejtek hosszabb időszakon keresztül, magas cukortartalmú táplálék fogyasztása után, az étkezéseket követően, rövid időre magas inzulinkoncentrációval találkoztak, melynek során az optimálisnál több cukor került a sejtekbe, és a sejtek az inzulinrezisztencia kialakításával elkezdtek védekezni a nagy mennyiségű cukor sejtekbe történő bejutása ellen. A magas cukorszint hatására az agy a hasnyálmirigyet még több inzulin termelésére utasítja, ami a sejtek fokozott rezisztenciáját váltja ki, majd a hasnyálmirigy inzulintermelése is csökken, az inzulinszint visszaesése következtében pedig megnő a vércukorszint.

A betegség kialakulásának kezdetén életmód-változtatással, az egyénre szabott szigorú diétával, a mozgás és a sport mindennapos gyakorlásával, a testtömeg optimális szintre csökkentésével a betegséget tünetmentessé lehet tenni vagy vissza lehet szorítani. A későbbi szakaszban, amikor a hasnyálmirigy már nem termel elegendő inzulint, a betegség kezelése vércukorcsökkentő gyógyszerekkel, majd ezt követően inzulinadagolással lehetséges.

Az elhízás és az inzulinrezisztencia között rendkívül szoros a kapcsolat, hisz mindkettőt a szervezetbe bekerülő, a vércukorszintet hirtelen megemelő, gyorsan glükózzá átalakulni képes, magas glikémiás indexű szénhidrátok okozzák. Korábban a betegséget a középkor végén, főként az időskor elején észlelték, ma azonban a túlzott cukor és édes ital fogyasztásának következtében fiatalkorban is egyre gyakrabban jelentkezik. A világon, így hazánkban is a 2-es típusú cukorbetegek száma rohamosan növekszik, a cukorbetegek számának mintegy 90%-át teszi ki, ami főként a fejlett társadalmakra jellemző táplálkozási szokások, a túlzott cukorfogyasztás és az egészségtelen, túlhajszolt életmód miatt alakul ki. Nagyon súlyos betegségről van szó, mely akár 15 évvel is lerövidítheti a várható élettartamot, és vele jár sok, az életet veszélyeztető betegség, főként szív- és érrendszeri betegség fokozott kialakulása.

A 2-es típusú cukorbetegség felismerése nehéz, mert lassan alakul ki, kezdetben tünetmentes, csak a vér és a vizelet magas cukortartalma jelzi a problémát. A magas vércukorszint miatt a vese nem képes a cukor további visszatartására, az a szervezetből vizet elvonva a vizelettel ürül, a vízveszteség szomjúságérzetet okoz, a sok víz fogyasztása pedig felborítja a szervezet ásványianyag-egyensúlyát. Tünetei a fáradtság, a teljesítmény jelentős csökkenése, a megnövekedett étvágy, az izzadás, a gyakori vizeletürítés, a látászavar, a viszketés és férfiaknál a potenciazavar.

Mivel a szervezetnek energiára van szüksége, de a sejtek inzulin hiányában nem képesek a glükóz felvételére, beindul a zsírraktárak lebontása, melynek során ketontestek keletkeznek, melyek közül legkönnyebb az acetont felismerni, hisz a beteg lehelete acetonos illatú lesz. A vér megnövekedett ketontest-koncentrációja okozza az acidózist, melynek során a vér pH-ja jelentős mértékben csökken, ami eszméletvesztéshez is vezethet. A hiperglikémia következtében a cukorvesztés együtt jár a sejtek folyadékvesztésével, mely során a kialakuló dehidratáció, melyre az idegsejtek a legérzékenyebbek, beszűkült tudatállapotot, eszméletvesztést okoz.

A 2-es típusú diabétesz az egészséges emberek tudatos étrendjével, a cukorfogyasztás minimális szinten tartásával, a nagy adag, könnyen emészthető és felszívódó szénhidrátok étrendből való törlésével és a szervezet folyamatos, optimális fizikai megterhelésével, sportolással megelőzhető. Az életmód gyökeres megváltoztatásával a már kialakult, időben felismert betegség hatásai csökkenthetők, illetve hosszú távon talán még a betegség is visszaszorítható. A legfontosabb az életmód-változtatás, a megfelelő, testtömegcsökkentéshez vezető étrend kialakítása, valamint a szervezet fizikai megterhelésének fokozott növelése. Az étrend lehetőleg kevés, könnyen emészthető szénhidrátot tartalmazzon, az étel legyen napi kisebb mennyiségekre elosztva, hogy a szervezetben ne következzen be hirtelen, nagy mennyiségű cukorfelszívódás, de járuljon hozzá a szervezet folyamatos szénhidrátellátásához, hogy se a hiper-, se a hipoglikémia ne következzen be.

Ha az étrend megváltoztatása már nem elégséges, szükség van antidiabetikus gyógyszerek szedésére, melyek csökkentik a vércukorszintet, az inzulinrezisztencia ellen hatva pedig növelik az inzulin hatását. A továbbiakban szükség lehet több gyógyszer kombinálására, majd a hasnyálmirigy enzimtermelésének elégtelen volta vagy teljes elmaradása miatt szükség lesz inzulinkészítmények adagolására.

Az előzőekből látszik, hogy a 2-es típusú cukorbetegség kezelésében döntő szerepe van az étkezésnek, olyan élelmiszerek fogyasztásának, melyek nem okoznak hirtelen vércukorszint-növekedést, de folyamatosan ellátják a szervezetet a kellő mennyiségű szénhidráttal. Az első lépés, hogy csökkenteni kell a magas energiatartalmú élelmiszerek fogyasztását. Csökkenteni kell a zsírfogyasztást, de annak megítélése, hogy milyen típusú zsírokat kellene fogyasztani, ellentmondásos. Az egyszeresen telítetlen zsírsavakat (olajsav, palmitolajsav) tartalmazó

zsírok fogyasztása látszik legelőnyösebbnek, a magas energiatartalom miatt azonban ezek fogyasztását is korlátozni kell. Legveszélyesebbnek tűnnek a többszörösen telítetlen zsírsavakat (linolsav, linolénsav) tartalmazó zsírok, mert ezek egyrészt könnyen oxidálódnak, majd átalakulva szabad gyökökké különféle káros folyamatokat okozhatnak a szervezetben, másrészt beépülve a sejtmembránok falába akadályozzák a sejtek inzulinnal való kapcsolatát, melyek így kevesebb glükóz felvételére lesznek képesek. Az oxidáció miatt jobb az ilyen, a szervezet számára mégis nélkülözhetetlen, zsírsavakat kíméletesen hőkezelt élelmiszerekkel felvenni, és egészségtelen az ilyen olajokban sült ételeket fogyasztani.

Amennyiben a diabéteszes beteg egyéb betegségben nem szenved, a fehérjék fogyasztása nem korlátozott, mert a metabolizmusuk során keletkezett aminosavak nem emelik a vércukorszintet, egyes (glikogén) aminosavakból a szervezet cukrot is tud szintetizálni a citrátkör-glükoneogenezis útvonalon, és a felesleges nitrogén kiválasztása karbamid formában még hasznos is lehet, hisz ebben a folyamatban a szervezet felhasználhatja energiatartalékai egy részét.

A szénhidrátfogyasztást az optimális szintre kell csökkenteni, és a szénhidrátok közül előnyben kell részesíteni az alacsony glikémiás indexűeket, melyek nem okoznak hirtelen vércukorszint-növekedést. Az inulin (a csicsóka tartalék szénhidrátja) azért lehet előnyös, mert metabolizmusa során fruktóz keletkezik, melyből a szervezet 20-30 g-ot inzulin nélkül is fel tud használni. Vannak ezen kívül még olyan élelmiszerek, illetve élelmiszer-komponensek, melyek csökkenteni képesek a 2-es típusú diabétesz hatását, de ezek ismertetése meghaladja jelen írás kereteit.

Összefoglalás: A 2-es típusú cukorbetegség kialakulásának legfőbb oka a helytelen táplálkozás, melynek során a sejtek a nagy mennyiségű cukorfelvétel ellen az inzulinrezisztencia kialakításával védekeznek. Ennek hatására a hasnyálmirigy fokozott inzulintermelésbe kezd, majd e folyamat végén az inzulintermelés csökken, végül meg is szűnik. Az írás a 2-es típusú cukorbetegséghez vezető folyamatokkal, a betegség megelőzésével, hatásainak mérséklésével foglalkozik.

8.5. A társadalmi méretű elhízás és annak mérséklése vagy megelőzése optimális táplálkozással és mozgással

A folyamatos vagy túlzott mértékű tápanyagfogyasztás arra serkenti a szervezetet, hogy az energiát zsír formában raktározza, ami elhízáshoz vezethet. Az összeállítás az elhízás okait, a táplálkozási és genetikai tényezőket, a mozgásszegény életmódot és a lehetséges megoldásokat elemzi.

Hazánk felnőtt lakosságának több mint 60%-a túlsúlyos, 27%-a pedig elhízott. Európa különböző országaiban a felnőttek 30-80%-a túlsúlyos, összességében pedig a világon a túlsúlyos emberek száma több mint 700 millióra tehető.

Az elhízás főbb tünetei a túlzott mértékű zsírraktározás, ami a testtömeg kóros megnövekedését eredményezi, melynek szövődményeként megnő az olyan betegségek valószínűsége, mint a szív- és érrendszeri betegségek, a magas vérnyomás, bizonyos daganatos betegségek, májbetegségek, csontritkulás, alvási zavarok, asztma, II-es típusú diabetes vagy a mozgásszervi betegségek.

Az elhízás (kövérség, obezitás) során túlzottan sok zsír rakódik le a különböző szervekbe, amely gátolhatja azok működését, ennek következtében káros lehet az egészségre, csökkenti a várható élettartamot, és súlyos egészségkárosodáshoz is vezethet. Az elhízás osztályozása a felnőtteknél a testtömegindex (TTI) alapján történik, mely definíció szerint a kg-ban kifejezett testtömeg és a méterben kifejezett testmagasság négyzetének a hányadosa. Mértékegysége kg/m^2. Az ember elhízottságának megítélésénél figyelembe veszik még a zsíreloszlást, a derék és a csípő arányát és az izom- és csonttömeget is. Amennyiben a TTI 18,5-nél kevesebb, akkor soványságról beszélünk, ha 18,5–24,9 közötti, akkor normális a testtömeg, 25,0–29,9 között túlsúlyos az egyén, 30,0–34,9 között enyhe, elsőfokú az elhízás, 35,0–39,9 között másodfokú, középsúlyos az elhízás, 40,0 fölött pedig harmadfokú, súlyos elhízás esete áll elő.

Egyes szervezetek még további kategóriákat is meghatároztak, mely szerint 40,0–49,9 között morbid elhízás, 50,0 fölött pedig szuper elhízás csoportba sorolják az egyéneket. A kategóriák országonként, népcsoportonként is változhatnak, ezért Japánban a 25,0 TTI fölötti, Kínában pedig a 28 TTI fölötti érték számít elhízásnak.

Az elhízás hátterében olyan genetikai, idegrendszeri, hormonális és anyagcsere-folyamatok rendellenes működése áll, amelyek a szervezet energia-egyensúlyának módosulását okozhatják, ami elhízáshoz vezet. Ezek a folyamatok összességében növelik a táplálékfelvételt, csökkentik az energialeadást, ami előbb-utóbb zsírraktározást eredményez. Az elhízott emberek több energiát fogyasztanak testük biokémiai-élettani folyamatai során, mint a normál testtömegűek, amelyet csak fokozott táplálék- (energia) felvétellel tudnak kielégíteni.

Az elhízás megelőzésének, illetve kezelésének alapvető elemei az alacsony energiatartalmú étrend és a fokozott energialeadás, amit csak mozgás útján lehet megvalósítani. Az étrend során mellőzni kell az energiában gazdag, magas zsír- és szénhidráttartalmú ételeket, fokozni kell a rostban és fehérjében gazdag, optimális vitamin- és ásványianyag-tartalmú ételek fogyasztását, és alkalmazhatók még étvágycsökkentő és a zsírlerakódást gátló gyógyszerek is, és ha mindez nem segít, akkor jöhet a gyomortérfogat- és a bélhosszúság-csökkentés, melyet követően előbb jelentkezik a jóllakottsági érzés, így csökken a tápanyagfelvétel.

Magyarországon az átlagos életkor 71–72 év közöttire tehető, mely lényegesen elmarad a japánokétól, a franciákétól és az olaszokétól, ami főként az elhízásnak, a jelentős túlsúlynak köszönhető. Amennyiben a TTI és a várható életkor kapcsolatát vizsgáljuk, megállapítható, hogy a 20–25 kg/m^2 TTI közötti emberek

élnek a legtovább, és akármilyen irányban távolodunk ettől az értéktől, az életkor, különösen a magasabb kategóriákban, jelentősen csökken. A 30–35 közötti TTI-ű emberek 3-4 évvel, míg a 40 fölöttiek akár 10 évvel is korábban halnak meg. A legszorosabb összefüggés a 2-es típusú diabetes és az elhízás között áll fenn, hisz a cukorbetegek 60–80%-ánál a betegség hátterében az elhízás áll. Az elhízás és a vele kapcsolatos betegségek irodalma könyvtárakra rúg, ezért ebben az összeállításban az elhízás okairól és azokról a táplálkozási módokról szeretnénk beszámolni, melyek megakadályozhatják, illetve visszafordíthatják ezt a folyamatot.

A szakirodalomból egyértelműen látszik, hogy az elhízás legfőbb oka a túlzott tápanyagfogyasztás, a túlzott energiabevitel és a mozgáshiányos életmód. Az elhízáshoz hozzájárulhat a nem elegendő alvás, a lipidanyagcsere zavara, a környezet hőmérsékletének a megváltozása, a dohányzók arányának a növekedése, tömeggyarapodást okozó gyógyszerek fogyasztása, a nagyobb testtömegű csoportok arányának növekedése (az USA-ban az elhízás különösen az afroamerikaikat veszélyezteti), az idősebb szülőktől származó gyerek, a generációkon átívelő epigenetikai hatások, a magasabb TTI természetes szelekciója és a testtömeg alapján történő párválasztás, mely növeli a genetikai varianciát a populációban. A felsorolt tényezők hatása az elhízásra tudományosan bizonyított, azonban legnagyobb hatással, ugyancsak bizonyítottan, mégiscsak az energiabevitel és a mozgás van rá.

Az utóbbi években az emberek életszínvonalának emelkedésével a napi energiabevitel az európai országok kivételével az egész világon nőtt. Az Amerikai Egyesült Államokban naponta meghaladta a 15 000 kJ-t, Európában ez az érték 14 000 kJ körül alakul, Ázsia fejlettebb országaiban 11 000 kJ, Afrika legszegényebb vidékein pedig alig éri el a 9000 kJ-t. A kutatások szerint ezekben az országokban egyértelmű az összefüggés az elhízás és a fogyasztott energia mennyisége között.

Az elhízásért elsősorban a feldolgozott élelmiszerek, a cukrok és a keményítő a fő felelősök. A cukrok mindegyikét a szervezet nagyon könnyen át tudja alakítani glükózzá vagy fruktózzá, a keményítő lebontásának végterméke pedig pár enzimes reakció segítségével ugyancsak glükóz. A glükózt a szervezet glikogénné alakítja, melyet főként a májban és az izmokban raktároz, amelyből fokozott fizikai tevékenység közben vagy éhezés során felszabadul a glükóz, ami azonnal felhasználható energiává alakul a szervezetben. Ha az izom dolgozik, a glikogénraktárak folyamatosan ürülnek és újratöltődnek. Amennyiben nincs fizikai megterhelés, az izom nem dolgozik, azonban ha az energiabevitel továbbra is folyamatos, mivel az izmok és a máj glikogénraktározó képessége véges, a glikogénraktárak megtelnek, a vér cukorszintje megemelkedik, a hasnyálmirigy sok inzulint termel, a sejtek cukorfelvétele fokozódik, a szénhidrátok így a glikolízis, citrátkör, zsírsavszintézis, zsírszintézis biológiai folyamatokon keresztül zsírrá alakulnak a szervezetben, mely különböző helyeken raktározódik.

A statisztikai adatok szerint a megnövekedett energiabevitel a túlzott szénhidrátfogyasztás, és nem a zsírfogyasztás következménye. Az emberek többsége szereti az édes ízt, az édes élelmiszereket, könnyen hozzájut a magas szénhidráttartalmú édesített italokhoz, a magas keményítőtartalmú chipsekhez, amelyek az elhízás legfőbb okozói. Sokan bűnösnek tartják még az iskolai büfék kínálatát, ahol sok édes ital, cukorka, csokoládé és chips szerepel túlsúlyban, és a gyorsétteremeket, ahol a magas feldolgozottságú, könnyen emészthető és hasznosuló, ezért elhízást okozó ételekhez juthatnak hozzá az emberek. A fejlődő mezőgazdaság és az állami támogatások olcsóvá tették a magas energiatartalmú termékek előállítását, ezzel ellentétben a zöldségek és a gyümölcsök, valamint a sovány húsok, a tej és tejtermékek, illetve a tojás ára viszonylag magas szinten maradt, ami ösztönözte a fogyasztókat a magas energiatartalmú élelmiszerek fogyasztására.

Az elhízás okainak tárgyalása során az élelmiszer-fogyasztás és az energiabevitel mellett természetesen figyelemmel kell lenni a genetika szerepére is. A vizsgálatok az ember esetében 41 olyan génszakaszt találtak, amelyek kapcsolatba hozhatók az elhízással, és amennyiben a kellő tápanyagbevitel megtörténik, kialakul az elhízás. Azoknál az embereknél, akik hordozzák e gének egy részét, lényegesen nagyobb az elhízás veszélye, és a testtömegük is nagyobb a hasonló géneket nem hordozó társaiknál. Lényeges szerepet tölthet be az elhízás folyamatában, hogy a zsírszövetben termelődik-e elegendő leptin, mely a köztiagy segítségével szabályozza a test zsírtartalmát, ezen keresztül a táplálékfelvételt is. Amennyiben nem termelődik kellő mennyiségben, az elhízáshoz vezethet.

A gének jelentőségére világít rá az a kutatási eredmény is, mely szerint két elhízott szülő gyerekeinek 80%-a szintén elhízott lesz, míg ez az arány a normál szülők esetében csak 10%. Említésre méltó az evolúciós hatás is, mely szerint az emberiség története során többször voltak ínséges időszakok, amikor az emberek közül csak azok élték túl az éhezést, akik kellő energiatartalékkal rendelkeztek, a sományaknak pedig esélyük sem volt a túlélésre. Ami az evolúció során ekkor előny volt, az manapság, amikor az emberek nagyobb részének nem kell aggódni a táplálékhiány miatt, hátránnyá vált, mert a túlzott tápanyagellátás elhízáshoz vezethet.

Végezetül célszerű megemlíteni az elhízás okaként a megváltozott életkörülményeket, amikor az emberek jó része nem végez fizikai munkát, hisz azt elvégzik a gépek, szabad idejének jelentős részét vagy a televízió, vagy a számítógép előtt tölti, ahelyett, hogy az aktív sportolással egybekötött pihenést választaná. Amennyiben a szervezet nincs fizikai igénybevételnek kitéve, a tápanyagellátás pedig túlzott, az egyenes utat jelent az elhízáshoz.

IRODALOM

A könyv írása során felhasznált saját munkáink:

CSAPÓ J.–CSAPÓNÉ KISS Zs.
2002 *A tej és tejtermékek szerepe a táplálkozásban*. Budapest, Mezőgazda Kiadó.
CSAPÓ J.–CSAPÓNÉ KISS Zs.
2004 *Élelmiszerkémia*. Budapest, Mezőgazda Kiadó.
CSAPÓ J.–ALBERT Cs.–SZIGETI T. J.
2019 Funkcionális élelmiszerek. Élelmiszervizsgálati Közlemények. 65. 1. 2340–2348.
CSAPÓ J.–ALBERT Cs.–CSAPÓNÉ KISS Zs.
2015 *Funkcionális élelmiszerek*. Kolozsvár, Scientia Kiadó.
CSAPÓ J.–ALBERT Cs.–CSAPÓNÉ KISS Zs.
2016 *Élelmiszerhamisítás és kimutatása*. Kolozsvár, Scientia Kiadó.
CSAPÓ J.–ALBERT Cs.–KISS D.
2020 *Analitikai kémia élelmiszermérnököknek*. Kolozsvár, Scientia Kiadó.
CSAPÓ J. et alii
2007 *Élelmiszerfehérjék minősítése*. Kolozsvár, Scientia Kiadó.
CSAPÓ J.–CSAPÓNÉ KISS Zs. (szerk.)
2006 *Élelmiszer- és takarmányfehérjék minősítése*. Budapest, Mezőgazda Kiadó.
CSAPÓ J.–CSAPÓNÉ KISS Zs.
2007 *Biokémia – állattenyésztőknek*. Budapest, Mezőgazda Kiadó.
CSAPÓ J.–SCHOBERT N.–ALBERT Cs.
2018 Magas tápértékű funkcionális élelmiszer, az Update1 kenyér előállítása a búzaliszt magas fehérjetartalmú alapanyagokkal történő kiegészítésével. Őshonos- és Tájfajták – Ökotermékek – Egészséges táplálkozás – Vidékfejlesztés. II. Tudományos Konferencia. Nyíregyháza, október 3–4. 325–334.
CSAPÓ J.–SCHOBERT N.
2019 Magas tápértékű funkcionális élelmiszer, a Norbi update lowcarb kenyér előállítása. *Hungalimentaria 2019. Ésszel a kosárba. Mit mond erről a labor. Aquaworld Resort Budapest Hotel,* április 24–25. 39–40.
CSAPÓ J.–SCHOBERT N.
2017 Production of a high nutritional value functional food, theű Update1 bread, with supplementationof the wheat flour with high-protein-content raw food materials. *Acta Universitatis Sapientiae, Alimentaria* 10. 36–60.
CSAPÓ J.–VARGÁNÉ VISI É.
2014 Fermented foods and health. 4 Conjugated linoleic acid (CLA) production in fermented foods. *Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition.* 75–105.

CSAPÓ J. (szerk.)
2014 *Tejipari technológia. Tej és tejtermékek a táplálkozásban.* Kolozsvár, Scientia Kiadó (Társszerzők: Fenyvessy J., Csanádi J., Csapóné Kiss Zs.), 1–424.
CSAPÓ J.
2018 Az elhízás, a 2-es típusú cukorbetegség és az életmód. *Medical Tribune. Havilap orvosoktól orvosoknak* 16. 10. 22.
CSAPÓ J.
2019 Ketózis, ketogén diéta hatása az emberi szervezetre. In: Schobert N.: Keto. Fogyni bárki tud. *Datapack Bt. Leányfalu*, 64–75. ISBN 978-615-00-6353-9.
CSAPÓ J.
2018 Magas tápértékű funkcionális élelmiszer, az Update Low Carb kenyér előállítása a búzaliszt magas fehérjetartalmú élelmiszer alapanyagokkal történő kiegészítésével. *MedicalOnline.* http://medicalonline.hu/tudomany/cikk/funkcionalis egeszsegvedo kenyer# 09. 17. 1–6.
CSAPÓ J.
2018 Magas tápértékű funkcionális élelmiszer. A búzaliszt kiegészítése magas fehérjetartalmú élelmiszer-alapanyagokkal. *Medical Tribune. Havilap orvosoktól orvosoknak* 16. 8. 19.
CSAPÓ J.
2018 Társadalmi méretű probléma. Obezitás és daganatok. *Medical Tribune. Havilap orvosoktól orvosoknak* 16. 9. 22.

A könyv írása során felhasznált egyéb publikációk és ajánlott irodalmak:

ABETE, I.–ASTRUP, A.–MARTÍNEZ, J. A.
2010 Obesity and the metabolic syndrome: role of different dietary macronutrients distribution patterns and specific nutritional components on weight loss and maintenance. *Nutrition Reviews* 68. 214–231.
ADAIR, L. S.
2008 Children and adolescent obesity: epidemiology and development perspectives. *Physiology Behaviour* 94. 8–16.
ALLER, E.–ABETE, I.–ASTRUP, A.
2011 Starches, sugars and obesity. *Nutrients.* 3, 341–369.
ASTRUP, A.
2004 Treatment of obesity. In Ferrannini, E.–Zimmet, P.–De Fronzo, R. A. eds., *International Textbook of Diabetes Mellitus.* 3rd Edn. Chichester, John Wiley.
ASTRUP, A.
2008 Dietary management of obesity. *Journal of Parenteral and Enternal Nutrition* 32. 575–577.

ASTRUP, A.–KRISTENSEN, M.–GREGERSEN, N.T.
2010 Can bioactive foods affect obesity? *Annals of the New York Academy of Sciences* 1190. 25–41.
ASTRUP, A.–VRIST, E.–QUAADE, F.
1990 Dietary fibre added to very low calorie diet reduces hunger and alleviates constipation. *International Journal of Obesity* 14. 105–112.
BATTERHAM, R. L.–COWLEY, M. A.–SMALL, C. J.
2002 Gut hormone PYY(3–36) physiologically inhibits food intake. *Nature* 418. 650–654.
BEGLINGER, C.–DEGEN, L.
2004 Fat in the intestine as a regulator of appetite – role of CCK. *Physiology & Behavior* 83. 617–621.
BEHALL, K. M.–SCHOLFIELD, D. J.–HALLFRISCH, J. G.
2006 Consumption of both resistant starch and beta-glucan improves postprandial plasma glucose and insulin in women. *Diabetes Care* 29. 976–981.
BELL, E. A.–CASTELLANOS, V. H.–PELKMAN, C. L.
1998 Energy density of foods affects energy intake in normal weight women. *American Journal of Clinical Nutrition* 67. 412–420.
BELLISLE, F.–McDEVITT, R.–PRENTICE, A. M.
1997 Meal frequency and energy balance. *British Journal of Nutrition* 77 (Suppl 1), 57–70.
BERRINGTON DE GONZALEZ, A.–HARTGE, P.–CERHAN, J. R.
2010 Bodymass index and mortality among 1.46 million white adults. The *New England Journal of Medicine* 363. 2211–2219.
BLUNDELL, J.–DE GRAAF, C.–HULSHOF, T.
2010 Appetite control: methodological aspects of the evaluation of foods. *Obesity Reviews* 11. 251–270.
BLUNDELL, J. E.–COTTON, J. R.–DELARGY, H.
1995 The fat paradox: fat - induced satiety signals versus high fat overconsumption. *International Journal of Obesity and Related Metabolic Disorders* 19. 832–835.
BLUNDELL, J. E.–STUBBS, R. J.
1999 High and low carbohydrate and fat intakes: limits imposed by appetite and palatability and their implications for energy balance. *European Journal of Clinical Nutrition* 53 (Suppl 1), S148–165.
BRAY, G. A. et alii
2002 The influence of different fats and fatty acids on obesity, insulin resistance and inflammation. *Journal of Nutrition* 32. 2488–2491.
BRAY, G. A.–NIELSEN, S. J.–POPKIN, B. M.
2004 Consumption of high-fructose corn syrup in beverages may play a role in the epidemic of obesity. *The American Journal of Clinical Nutrition* 79. 537–543.

BURKE, L. E.–SEREIKA, S. M.–MUSIC, E.
2008 Using instrumented paper diaries to document self-monitoring patterns in weight loss. *Contemporary Clinical Trials* 29. 182–193.
BUTRYN, M. L.–PHELAN, S.–HILL, J. O.
2007 Consistent self monitoring of weight: a key component of successful weight loss maintenance. *Obesity (Silver Spring)* 15. 3091–3096.
CARNELL, S.–HAWORTH, C. M.–PLOMIN, R.
2008 Genetic influence on appetite in children. *International Journal of Obesity* 32. 10. 1468–1473.
CASTRES, I.–FOLOPE, V.–DECHELOTTE, P.
2010 Quality of life and obesity class relationships. *International Journal of Sports Medicine* 31. 773–778.
CECCHINI, M.–SASSI, F.–LAUER, J. A.
2010 Tackling of unhealthy diets, physical inactivity, and obesity: health effects and cost-effectiveness. *Lancet* 376. 9754. 1775–1784.
CHOQUET, H.–MEYRE, D.
2011 Molecular basis of obesity: Current status and future prospects. *Current Genomics* 12. 154–168.
DANSINGER, M. L.–GLEASON, J. A.–GRIFFITH, J. L.
2005 Comparison of the Atkins, Ornish, Weight Watchers, and Zone diets for weight loss and heart disease risk reduction: a randomized trial. *Journal of the American Medical Association* 293. 43–53.
DE GRAAF, C.–BLOM, W. A.–SMEETS, P. A.
2004 Biomarkers of satiation and satiety. *American Journal of Clinical Nutrition* 79. 946–961.
DE KROM, M.–BAUER, F.–COLLIER, D.
2009 Genetic variation and effects on human eating behavior. *Annual Review of Nutrition* 29. 283–304.
DE ONIS, M.–BLOSSNER, M.–BORGHI, E.
2010 Global prevalence and trends of overweight and obesity among preschool children. *American Journal of Clinical Nutrition* 92. 5. 1257–1264.
DE ROOS, N.–HEIJNEN, M. L.–DE GRAAF, C.
1995 Resistant starch has little effect on appetite, food intake and insulin secretion of healthy young men. *European Journal of Clinical Nutrition* 49. 532–541.
DELZENNE, N.–BLUNDELL, J.–BROUNS, F.
2010 Gastrointestinal targets of appetite regulation in humans. *Obesity Reviews* 11. 234–250.
DEMERATH, E. W.–CHOH, A. C.–CZERWINSKI, S. A.
2007 Genetic and environmental influences on infant weight and weight change: the Fels Longitudinal Study. *American Journal of Human Biology* 19. 5. 692–702.

DIETZE, G. et alii
1976 On gluconeogenesis of human liver. Accelerated hepatic glucose formation induced by increased precursor supply. *Diabetologia* 12. 6. 555–561.
DIKEMAN, C. L.–FAHEY, G. C.
2006 Viscosity as related to dietary fiber: a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 46. 649–663.
DILIBERTI, N.– BORDI, P. L.–CONKLIN, M. T.
2004 Increased portion size leads to increased energy intake in a restaurant meal. *Obesity Research* 12. 562–568.
DRUCE, M. R.–WREN, A. M.–PARK, A. J.
2005 Ghrelin increases food intake in obese as well as lean subjects. *International Journal of Obesity* 29. 1130–1136.
ELSHORBAGY, A. K. et alii
2012 Cysteine and obesity. *Obesity* 20. 473–481.
FAROOQI, I. S.–O'RAHILLY, S.
2008 Mutations in ligands and receptors of the leptin-melanocortin pathway that lead to obesity. *Endocrinology* & *Metabolism*, *Nature Clinical Practice* 4. 10. 569–577.
FEINLEIB, M.–GARRISON, R. J.–FABSITZ, R.
1977 The NHLBI twin study of cardiovascular disease risk factors: methodology and summary of results. *American Journal of Epidemiology* 106. 4. 284–285.
FELSON, D. T.–ZHANG, Y.–ANTHONY, J. M.
1992 Weight loss reduces the risk for symptomatic knee osteoarthritis in women. The Framingham Study. *Annals of Internal Medicine* 116. 535–539.
FINLAYSON, G.–KING, N.–BLUNDELL, J. E.
2007 Liking vs. wanting food: importance for human appetite control and weight regulation. *Neuroscience* & *Biobehavioral Reviews* 31. 987–1002.
FINUCANE, M. M.–STEVENS, G. A.–COWAN, M. J.
2011 National, regional, and global trends in body-mass index since 1980: systematic analysis of health examination surveys and epidemiological studies with 960 country-years and 9.1 million participants. *Lancet* 377. 9765. 557–567.
FLINT, A.–GREGERSEN, N. T.–GLUUD, L. L.
2007 Associations between postprandial insulin and blood glucose responses, appetite sensations and energy intake in normal weight and overweight individuals: a meta-analysis of test meal studies. *British Journal of Nutrition* 98. 17–25.
FONTAINE, K. R.–REDDEN, D. T.–WANG, C.
2003 Years of life lost due to obesity. *Journal of the American Medical Association* 289. 2. 187–193.
FRAYN, K. N.–ARNER, P.–YKI-JÄRVINEN, H.
2006 Fatty acid metabolism in adipose tissue, muscle and liver in health and disease. *Essays in Biochemistry* 42. 89–103.

GATENBY, S. J.
1997 Eating frequency: methodological and dietary aspects. *British Journal of Nutrition* (Suppl 1) S7–20.
GELIEBTER, A.–AVERSA, A.
2003 Emotional eating in overweight, normal weight, and underweight individuals. *Eating Behaviour* 3. 341–347.
GROGAN, S. C.–BELL, R.–CONNER, M.
1997 Eating sweet snacks: gender differences in attitudes and behaviour. *Appetite* 28. 19–31.
HALTON, T. L.–HU, F. B.
2004 The effects of high protein diets on thermogenesis, satiety and weight loss: a critical review. *Journal of the American College of Nutrition* 23. 373–385.
HARDER, H.–DINESEN, B.–ASTRUP, A.
2004 The effect of a rapid weight loss on lipid profile and glycemic control in obese type 2 diabetic patients. *International Journal of Obesity and Related Metabolic Disorders* 28. 180–182.
HARVEY-BERINO, J.–PINTAURO, S.–BUZZELL, P.
2004 Effect of internet support on the long-term maintenance of weight loss. *Obesity Research* 12. 320–329.
HAWORTH, C. M.–PLOMIN, R.–CARNELL, S.
2008 Childhood obesity: Genetic and environmental overlap with normal-range BMI. *Obesity* (Silver Spring) 16. 7. 1585–1590.
HILL, J. O.
2006 Understanding and addressing the epidemic of obesity: an energy balance perspective. *Endocrine Reviews* 27. 750–761.
HOLST, J. J.
2007 The physiology of glucagon-like peptide 1. *Physiological Reviews* 87. 1409–1439.
HOWARTH, N. C.–SALTZMAN, E.–ROBERTS, S. B.
2001 Dietary fiber and weight regulation. *Nutrition Reviews* 59. 129–139.
JACKSON, D. M.– DJAFARIAN, K.–STEWART, J.
2009 Increased television viewing is associated with elevated body fatness but not with lower total energy expenditure in children. *American Journal of Clinical Nutrition* 89. 1031–1036.
JEBB, S. A.
2007 Dietary determinants of obesity. *Obesity Reviews* 8. (Suppl 1), 93–97.
JOHNSTONE, A. M.–HORGAN, G. W.–MURISON, S. D.
2008 Effects of a high-protein ketogenic diet on hunger, appetite, and weight loss in obese men feeding ad libitum. *American Journal of Clinical Nutrition* 87. 44–55.

JOHNSTONE, A. M.
2012 Energy intake, obesity and eating behaviour. Present knowledge in nutrition. Edited by John W. Erdman Jr, Ian A. Macdonald and Steven H. Zeisel. John Wiley & Sons, Inc. Tenth Edition, 1043–1056.
KAWASAKI, T.–AKANUMA, H.–YAMANOUCHI, T.
2002 Increased fructose concentrations in blood and urine in patients with diabetes. *Diabetes Care* 25. 2. 353–357.
KELLY, M. T.–WALLACE, J. M.–ROBSON, P. J.
2009 Increased portion size leads to a sustained increase in energy intake over 4 d in normal-weight and overweight men and women. *British Journal of Nutrition* 102. 470–477.
KREBS, M. et alii
2003 Direct and indirect effects of amino acids on hepatic glucose metabolism in humans. *Diabetologia* 46. 7. 917–925.
LAMB, M. M.–DABELEA, D.–YIN, X.
2010 Early-life predictors of higher body mass index in healthy children. *Annals of Nutrition and Metabolism* 56. 1. 16–22.
LARSEN, T. M.–DALSKOV, S. M.–VAN BAAK, M.
2010 Diets with high or low protein content and glycemic index for weight-loss maintenance. *New England Journal of Medicine* 363. 2102–2113.
LAWTON, C. L.–DELARGY, H. J.–SMITH, F. C.
1998 A medium term intervention study on the impact of high- and low-fat snacks varying in sweetness and fat content: large shifts in daily fat intake but good compensation for daily energy intake. *British Journal of Nutrition* 80. 149–161.
LEE, J. H.–REED, D. R.–PRICE, R. A.
1997 Familial risk ratios for extreme obesity: implications for mapping human obesity genes. *International Journal of Obesity and Related Metabolic Disorders* 21. 10. 935–940.
LESLIE, W. S.–HANKEY, C. R.–LEAN, M. E.
2007 Weight gain as an adverse effect of some commonly prescribed drugs: a systematic review. *International Journal of Medicine* 100. 395–404.
LUPPINO, F. S.–DE WIT, L. M.–BOUVY, P. F.
2010 Overweight, obesity, and depression: a systematic review and meta-analysis of longitudinal studies. *Archives of General Psychiatry* 67. 220–229.
MALIS, C.–RASMUSSEN, E. L.–POULSEN, P.
2005 Total and regional fat distribution is strongly influenced by genetic factors in young and elderly twins. *Obesity Research* 13. 12. 2139–2145.
MARSHALL, N. S.–WONG, K. K.–LIU, P. Y.
2008 Sleep apnea as an independent risk factor for all – cause mortality: the Busselton Health Study. *Sleep* 31. 1079–1085.

MARTIN, L. J.–WOO, J. G.–MORRISON, J. A.
2010 Evidence of shared genetic effects between pre- and postobesity epidemic BMI levels. *Obesity* (Silver Spring). 18, 7. 1378–1382.
MCCARTHY, W. I.
2010 Genomics, type 2 diabetes, and obesity. *New England Journal of Medicine* 363. 2339–2350.
MCLEAN, N.–GRIFFIN, S.–TONEY, K.
2003 Family involvement in weight control, weight maintenance, and weight-loss interventions: a systematic review of randomized trials. *International Journal of Obesity and Related Metabolic Disorders* 27. 987–1005.
MELANSON, E. L.–ASTRUP, A.–DONAHOO, W. T.
2009 The relationship between dietary fat and fatty acid intake and body weight, diabetes, and the metabolic syndrome. *Annals of Nutrition and Metabolism* 55. 229–243.
MUSTELIN, L.–SILVENTOINEN, K.–PIETILAINEN, K.
2009 Physical activity reduces the influence of genetic effects on BMI and waist circumference: a study in young adult twins. *International Journal of Obesity.* (Lond) 33. 1. 29–36.
NELSON, D. L.–COX, M. M.
2005 Lehninger principles of biochemistry. 4th edn. New York, W. H. Freeman and Company 543.
NORTH, K. E.–GRAFF, M.–ADAIR, L. S.
2010 Genetic epidemiology of BMI and body mass change from adolescence to young adulthood. *Obesity* (Silver Spring). 18. 7. 1474–1476.
OTTEN, J. J.–JONES, K. E.–LITTENBERG, B.
2009 Effects of television viewing reduction on energy intake and expenditure in overweight and obese adults: a randomized controlled trial. *Archives of Internal Medicine* 169. 2109–2115.
PADDON-JONES, D.–WESTMAN, E.–MATTES, R. D.
2008 Protein, weight management, and satiety. *American Journal of Clinical Nutrition* 87. 1558S–1561S.
PEARCE, J.
1983 Fatty acid synthesis in liver and adipose tissue. Symposium on comparative aspects of fatty acid metabolism. *Proceedings of the Nutrition Society* 42. 263–271.
PEDERSEN, S. D.–SJÖNDIN, A.–ASTRUP, A.
2012 Obesity and health risk. Present knowledge in nutrition. Edited by John W. Erdman Jr., Ian A. Macdonald and Steven H. Zeisel. John Wiley & Sons, Inc. Tenth Edition. 709–721.
PEETERS, A.–BARENDREGT, J. J.–WILLEKENS, F.
2003 Obesity in adulthood and its consequences for life expectancy: a life table analysis. *Annals of Internal Medicine* 138, 24–32.

PHELAN, S.–LANG, W.–JORDAN, D.
2009 Use of artificial sweeteners and fat-modified foods in weight loss maintainers and always-normal weight individuals. *International Journal of Obesity and Related Metabolic Disorders* 33. 1183–1190.
PHELAN, S.–ROBERTS, M.–LANG, W.
2007 Empirical evaluation of physical activity recommendations for weight control in women. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 39. 1832–1836.
PROMRAT, K.–KLEINER, D. E.–NIEMEIER, H. M.
2010 Randomized controlled trial testing the effects of weight loss on nonalcoholic steatohepatitis. *Hepatology* 51. 121–129.
RABEN, A.–TAGLIABUE, A.–CHRISTENSEN, N. J.
1994 Resistant starch: the effect on postprandial glycemia, hormonal response, and satiety. *American Journal of Clinical Nutrition* 60. 544–551.
RAYNOR, H. A.–JEFFERY, R. W.–WING, R. R.
2004 Relationship between changes in food group variety, dietary intake, and weight during obesity treatment. *International Journal of Obesity and Related Metabolic Disorders* 28. 813–820.
REILLY, J. J.–ARMSTRONG, J.–DOROSTY, A. R.
2005 Early life risk factors for obesity in childhood: cohort study. *British Medical Journal* 330. 7504. 1357.
RIGAUD, D.–RYTTIG, K. R.–LEEDS, A. R.
1987 Effects of a moderate dietary fibre supplement on hunger rating, energy input and faecal energy output in young, healthy volunteers. A randomized, double-blind, cross-over trial. *International Journal of Obesity* 11. (Suppl 1) 73–78.
ROBERTSON, D. S.
2013 The biochemical basis of obesity. *Biomedicine & Preventive Nutrition* 3. 83–90.
ROBERTSON, D. S.
2011 Biochemical and biomedical aspects of imidazoles. *Clinical Biochemistry* 44. 1363–1369.
ROBERTSON, D. S.
2011 Opinion Paper. The function of oxalic acid in the human metabolism. *Clinical Chemistry and Laboratory Medicine* 49. 9. 1405–1412.
ROBINSON, T.
1999 Reducing children's television viewing to prevent obesity. *Journal of the American Medical Association* 282. 1561–1567.
ROLLAND-CACHERA, M. F.–DEHEEGER, M.–MALLIOT, M.
2006 Early adiposity rebound: causes and consequences for obesity in children and adults. *International Journal of Obesity and Related Metabolic Disorders* 30. (Suppl 4). S11–S17.

ROLLS, B. J.
2009 The relationship between dietary energy density and energy intake. *Physiology & Behavior* 97. 609–615.
SACKS, F. M.–BRAY, G. A.–CAREY, V. J.
2009 Comparison of weight-loss diets with different compositions of fat, protein, and carbohydrates. *New England Journal of Medicine* 360. 859–873.
SARIS, W. H.–BLAIR, S. N.–VAN BAAK, M. A.
2003 How much physical activity is enough to prevent unhealthy weight gain? Outcome of the IASO 1st Stock Conference and consensus statement. *Obesity Review* 4. 101–114.
SCHOUSBOE, K.–WILLEMSEN, G.–KYVIK, K. O.
2003 Sex differences in heritability of BMI: a comparative study of results from twin studies in eight countries. *Twin Research* 6. 5. 409–421.
SKOV, A. R.–TOUBRO, S.–RØNN, B.
1999 Randomized trial on protein vs carbohydrate in ad libitum fat reduced diet for the treatment of obesity. *International Journal of Obesity and Related Metabolic Disorders* 23. 528–536.
SPIEGEL, T. A.–STELLAR, E.
1990 Effects of variety on food intake of underweight, normal-weight and overweight women. *Appetite* 15. 47–61.
STUBBS, R. J.
1995 Macronutrient effects on appetite. *International Journal of Obesity and Related Metabolic Disorders.* 19 (Suppl 5), S11–19.
STUBBS, R. J.–VAN WYK, M. C.–JOHNSTONE, A. M.
1996 Breakfasts high in protein, fat or carbohydrate: effect on within-day appetite and energy balance. *European Journal of Clinical Nutrition* 50. 409–417.
STUNKARD, A. J.–SORENSEN, T. I.–HANIS, C.
1986 An adoption study of human obesity. *New England Journal of Medicine* 314. 4. 193–198.
STUNKARD, A. J. et alii
1990 The body-mass index of twins who have been reared apart. *New England Journal of Medicine* 322. 21. 1483–1487.
SUTER, P. M.
2005 Is alcohol consumption a risk factor for weight gain and obesity? *Critical Reviews in Clinical Laboratory Sciences* 42. 197–227.
TATE, D. F.–JACKVONY, E. H.–WING, R. R.
2006 A randomized trial comparing human e-mail counseling, computer automated tailored counseling, and no counseling in an internet weight loss program. *Archives of Internal Medicine* 166. 1620–1625.
VICE, E. et alii
Ketone body metabolism in lean and obese women. *Metabolism, Clinical and Experimental* 54. 1542–1545.

VIMALESWARAN, K. S.–LOOS, R. J.
2010 Progress in the genetics of common obesity and type 2 diabetes. *Expert Reviews in Molecular Medicine* 26. PMID 20184785.
WADDEN, T. A.–STUNKARD, A. J.
1986 Controlled trial of very low calorie diet, behavior therapy, and their combination in the treatment of obesity. *Journal of Consulting and Clinical Psychology* 54. 482–488.
WANG, T. J.–PARISE, H.–LEVY, D.
2004 Obesity and the risk of new-onset atrial fibrillation. *Journal of the American Medical Association* 292. 2471–2477.
WARDLE, J.–CARNELL, S.–HAWORTH, C. M.
2008 Evidence for a strong genetic influence on childhood adiposity despite the force of the obesogenic environment. *American Journal of Clinical Nutrition* 87. 2. 398–404.
WARDLE, J.–STEPTOE, A.–OLIVER, G.
2000 Stress, dietary restraint and food intake. *Journal of Psychosomatic Research* 48. 195–202.
WESTERTERP-PLANTENGA, M. S.
2004 Fat intake and energy-balance effects. *Physiology* & *Behavior* 83. 579–585.
WESTERTERP-PLANTENGA, M. S.–LEJEUNE, M. P.
2005 Protein intake and body-weight regulation. *Appetite* 45. 187–190.
WILLIAMSON, D. A.–REJESKI, J.–LANG, W.
2009 Impact of a weight management program on health-related quality of life in overweight adults with type 2 diabetes. *Archives of International Medicine* 169. 163–171.
WING, R.–PHELAN, S.
2005 Long-term weight loss maintenance. *American Journal of Clinical Nutrition* 82. 222S–225S.
WING, R. R.–GORIN, A.–TATE, D. F.
2012 *Strategies for changing eating and exercise behaviour to promote weight loss and maintance.* Present knowledge in nutrition. Edited by J. W. Erdman Jr, I. A. Macdonald, S. H. Zeisel. John Wiley & Sons, Inc. Tenth Edition. 1057–1071.
WING, R. R.–MARCUS, M. D.–SALATA, R.
1991 Effects of a very-low-calorie diet on long-term glycemic control in obese type 2 diabetic subjects. *Archives of International Medicine* 151. 1334–1340.
WING, R. R.–PHELAN, S.
2005 Long-term weight loss maintenance. *American Journal of Clinical Nutrition* 82. (1 Suppl), 222S–225S.
WING, R. R.–PHELAN, S.
2005 Long-term weight loss maintenance. *American Journal of Clinical Nutrition* 82. 222S–225S.

WING, R. R.
2008 Behavioral approaches to the treatment of obesity. In G. Bray, C. Bouchard (eds.): *Handbook of Obesity: Clinical Applications*, 3rd Edn. New York, Informa Healthcare, 227–248.
WREN, A. M.–SEAL, L. J.–COHEN, M. A.
2001 Ghrelin enhances appetite and increases food intake in humans. *Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism* 86. 5992.
YAO, M.–ROBERTS, S. B.
2001 Dietary energy density and weight regulation. *Nutritional Review* 59. 247–258.
YEOMANS, M. R.
2010 Alcohol, appetite and energy balance: is alcohol intake a risk factor for obesity? *Physiological Behaviour* 100. 82–89.
YOUNG, T.–FINN, L.–PEPPARD, P. E.
2008 Sleep disordered breathing and mortality: eighteen-year follow-up of the Wisconsin sleep cohort. *Sleep* 31. 8. 1071–1078.

REZUMAT

Relația dintre supraponderalitate, obezitate şi nutriție

În epoca noastră, în partea mai dezvoltată a lumii moderne, alimentele sunt disponibile practic nelimitat, făcând din obezitate o problemă mondială, o epidemie din ce în ce mai amenințătoare pentru umanitate. Obezitatea este influențată în mod semnificativ nu numai de genetica umană, ci şi de o serie de factori cum sunt obiceiurile alimentare, compoziția dietei alimentare, aportul şi consumul de energie a organismului. Aceşti factori favorizanți oferă însă şi oportunitatea elaborării unor strategii de control a greutății corporale şi asigură persoanelor obeze modalități pentru pierderea semnificativă în greutate.

Putem vorbi despre o problemă globală, deoarece în prezent există 1,5 miliarde de persoane supraponderale sau obeze pe Pământ, iar numărul este în continuă creştere. În diferite țări ale Europei 15-18% dintre bărbați, 18-20% dintre femei sunt supraponderali, existând şi regiuni unde aceste cifre ajung la 40% la bărbați şi 30% la femei.

Ponderea persoanelor supraponderale şi obeze din totalul populației variază în nordul Europei între 10-20%, iar în sud între 20-40%. Bolile coronariene şi cancerul – ca principale cauze de deces în țările industriale dezvoltate – sunt strâns legate de stilul de viață şi obezitate. Incidența acestor boli poate fi redusă doar dacă oamenii îşi schimbă obiceiurile alimentare şi cele legate de efortul fizic, renunțând în acelaşi timp la fumat, deoarece schimbarea dietelor şi efectuarea în mod regulat a exercițiilor fizice pot asigura succesul atât în prevenirea, cât şi în tratarea bolilor care s-au dezvoltat deja. Aceste constatări ne-au inspirat în scrierea prezentei cărți. În redactarea cărții ne-am străduit să folosim sistemul internațional de unități (SI), chiar dacă s-au ivit şi probleme greu de surmontat (de exemplu deşi am vrut să utilizăm masa în loc de greutate, aceasta nu se încadra în contextul frazei. În loc de calorii, am încercat să scriem joule sau dacă una dintre surse a scris despre aportul de calorii, l-am înlocuit cu energie. Procedura a fost similară pentru vitamine, când Unitatea Internațională (UI) a fost convertită în mg/kg sau µg/kg, pentru macro- şi micro-nutrienți, unde ppb şi ppm au fost rescrise în acelaşi mod. Această încercare a cauzat o problemă mai semnificativă în cazul greutății şi masei, soluția în celelalte cazuri a fost relativ simplă.

În diferitele capitole, pentru a facilita o mai bună înțelegere am fost nevoiți să repetăm conținutul. Aproape în fiecare capitol, rolul echilibrului energetic, relația dintre aportul de energie şi obezitate şi rolul exercițiului fizic în modelarea unui stil de viață sănătos se situează în prim-plan.

Se poate câştiga în greutate doar din ceea ce mâncăm sau bem. Singura excepție de la această regulă o constituie apa consumată, care, ca produs final al oxidării terminale, nu are aport energetic. Toți nutrienții macro din alimentele noastre au un conținut semnificativ de energie, dar modul în care această energie poate fi utilizată şi pentru ce poate fi utilizată depinde de mulți factori. Pentru a înțelege mecanismul obezității, la începutul cărții descriem compoziția chimică a alimentelor. Pe lângă carbohidrați, proteine şi grăsimi, discutăm rolul mineralelor, vitaminelor, coloranților naturali, aromelor şi diferiților compuşi organici din alimente. Ne ocupăm pe scurt de cele mai importante enzime alimentare, aditivi alimentari, toxine produse de microorganisme şi de alte substanțe şi descriem sumar impactul materialelor de ambalare şi al agenților de curățare şi dezinfectare asupra calității alimentelor.

Într-un scurt capitol ne ocupăm de rolul alimentelor funcționale în nutriție, producția lor, de componentele bioactive ale laptelui, de pro- şi prebiotice. Discutăm de ce dintre alimentele de origine animală carnea şi ouăle, iar dintre cele de origine vegetale soia, anumite soiuri de cereale, legume şi fructe, şi germeni nutriționali sunt alimente funcționale. Acest capitol discută alimentele îmbogățite cu seleniu şi efectele benefice ale vinului roşu asupra organismului uman.

După noțiunile de bază ale ştiinței alimentare, cititorul se poate familiariza cu bazele biochimice ale obezității, inclusiv formarea de energie şi stocarea grăsimilor, precum şi reacțiile biochimice legate de obezitate. Toate procesele prin care organismul poate produce grăsimi din nutrienții absorbiți sunt discutate în detaliu. După fundamentele biochimice, se va discuta baza moleculară a obezității, în cadrul căreia ne vom ocupa de tulburările ereditare ale obezității, formele mendeliene, recesive şi cu deficiență de gene ale obezității. Cercetăm şi variațiile structurale ale genomului, formele poligenice ale obezității, studiile genetice şi studiile la nivelul întregului genom.

Următorul capitol discută relațiile dintre aportul de energie, comportamentul alimentar şi obezitatea. Aici descriem factorii care influențează apetitul, sațietatea, rolul accesului la alimente, compoziția alimentelor şi densitatea nutrienților, efectul gustului, varietății, obiceiurilor alimentare, frecvența consumului şi mărimea porției asupra obezității. În plus, sunt de asemenea discutați factorii de influență, cum ar fi comportamentul alimentar restrâns, efectul emoțiilor şi stresului asupra consumului, dependența alimentară, controlul echilibrului energetic pe tot parcursul vieții şi mecanismul de control al greutății corporale.

Aceasta este urmată de o descriere a strategiilor de slăbit, a metodelor de menținere a retenției în greutate şi a obezității. Discutăm relația dintre nutriție şi exercițiu, analizăm aportul şi consumul de energie şi prezentăm relația dintre pierderea în greutate şi întreținerea sănătății. Descriem stabilirea obiectivelor de slăbire, controlul stimulentelor, rezolvarea problemelor şi metodele dezvoltate pentru a preveni recăderea. Discutăm efectele exercițiului acasă sau

supravegheat, exercițiile scurte intense sau prelungite mai puțin extenuante, utilizarea echipamentelor de exerciții şi a mijloacelor mass-media asupra pierderii în greutate.

În cele ce urmează, analizăm riscul de obezitate pentru sănătate. În cadrul acestuia, discutăm obezitatea infantilă, contribuția mediului la obezitate, bolile asociate obezității, aspectele psihosomale ale obezității, legăturile dintre deces şi obezitate şi opțiunile de prevenire a obezității. La sfârşitul cărții noastre, în Capitolele selectate, vom descrie fundamentele biochimice ale dietelor cu conținut scăzut de carbohidrați, de energie redusă şi, printre altele, dietele ketogenice şi punerea lor în practică. Ne concentrăm pe experimentele noastre în producția de alimente funcționale bogate în nutrienți, pâinea *low carb*, pentru a introduce cititorul în fundalul ştiințific din spatele rezultatelor noastre.

Sperăm ca prin cartea noastră să reuşim să atragem atenția asupra faptului că obezitatea este o boală a societății moderne şi că ar trebui făcute eforturi mult mai mari în educarea pre-obezitate, în tratamentul obezității şi în tratamentul persoanelor bolnave. Aceste „sacrificii" ar servi nu numai intereselor individului, ci ar aduce, de asemenea, beneficii semnificative pentru economia națională, deoarece ar fi necesare cheltuieli mai mici decât pentru vindecarea persoanelor bolnave.

ABSTRACT

The Relationship between Overweight, Obesity, and Nutrition

In our age, in the more developed part of our world, food is available to people with virtually unlimited access, as a result of which obesity has become a global problem, an epidemic that is increasingly threatening humanity. Obesity is significantly influenced not only by human genetics but also by eating habits, dietary composition, energy intake, which provides an opportunity to develop strategies to control body weight and obese people to achieve significant weight loss.

We can talk about a global problem as there are currently 1.5 billion people with overweight or obesity, and this number is constantly growing. In different countries in Europe, 15-18% of adult men and 18-20% of women are obese, and in some countries another 40% of men and 30% of women have overweight. The proportion of overweight and obese people ranges from 10 to 20% in northern Europe and from 20 to 40% in southern Europe.

In developed industrial countries, coronary heart disease and cancer are the leading causes of death, closely linked to lifestyle and obesity. The incidence of these diseases can only be reduced if people change their eating and fitness habits in parallel with quitting smoking, as changing the diet and putting regular exercise on the agenda can bring the greatest success to both in the prevention of diseases and in the treatment of diseases that have already developed.

These facts inspired us to write the book. In doing so, we also faced problems such as we could not always use SI unit terms in cases where, e.g., we wanted to write mass instead of weight, but weight was not applicable in the context. Instead of calories, we tried to write joules in the content, or if one of the sources wrote about calorie intake, we replaced it with energy. The procedure was similar for vitamins, when the International Unit (IU) was converted to mg/kg or µg/kg, for macro- and micro-nutrients, where ppb and ppm were rewritten in the same way for the units of measurement. This attempt caused a more significant problem in the case of weight and mass, the solution in the other cases being relatively simple.

In the different chapters, we were sometimes forced to repeat content in order to make the problem more understandable. In almost every chapter, the role of energy balance, the relationship between energy intake and obesity, and the role of exercise in shaping a healthy lifestyle come to the fore.

One can only gain weight from what we eat or drink. The only exception to this is water, which, as the final product of terminal oxidation, has no energy content. The macronutrients in our foods all have significant energy content, but how this energy can be utilized and what it can be used for depends on many factors. To understand the mechanism of obesity, we describe the chemical composition of foods at the beginning of the book. In addition to carbohydrates, proteins, and fats, we discuss the role of minerals, vitamins, natural colours, flavours, and various food-forming organic compounds in nutrition. We deal briefly with the most important enzymes in food production, food additives, toxins produced by microorganisms and other substances, and only touch on the impact of packaging materials and cleaning and disinfecting agents on food quality briefly.

In a short chapter, we deal with the role of functional foods in nutrition, their production, the bioactive components of milk, pro- and prebiotics. We discuss why meat and eggs out of our animal-originated meals and soybeans, certain types of grains, vegetables and fruits, and nutritional germs out of the plant-originated ones are functional foods. This chapter discusses selenium-fortified foods and the beneficial effects of red wine on the human body.

After the basics of food science, the reader can get acquainted with the biochemical foundations of obesity, including energy formation and fat storage as well as biochemical reactions related to obesity. All the processes by which the body can produce fat from the absorbed nutrients are discussed in detail. After the biochemical foundations, the molecular basis of obesity will be discussed, within which we will discuss hereditary disorders of obesity, Mendelian, recessive, and gene-deficient forms of obesity. We write about structural variations in the genome, polygenic forms of obesity, genetic studies, and genome-wide studies.

The next chapter discusses the relationships between energy intake, eating behaviour, and obesity. Here we describe the factors influencing appetite, satiety, the role of access to food, food composition and nutrient density, the effects of palatability, variety, eating habits, frequency of eating and portion size on obesity. In addition, influencing factors, such as restrained eating behaviour, the effects of emotions and stress on eating, food dependence, lifelong energy balance control, and weight control mechanism, are also discussed.

This is followed by a description of weight loss strategies, methods for maintaining weight retention, and obesity. We discuss the relationship between nutrition and exercise, analyse energy intake and expenditure, and discuss the relationship between weight loss and health maintenance. We describe the setting of weight loss goals, incentive control, problem solving, and methods developed to prevent relapse. We discuss the effects of home or supervised exercise, short intense or prolonged less strenuous exercises, the use of exercise equipment, and media on weight loss.

In the following, we analyse the health risk of obesity. Within this, we discuss childhood obesity, the contribution of the environment to obesity, the diseases associated with obesity, the psychosomatic aspects of obesity, the links between death and obesity, and options for preventing obesity. At the end of our book, in the Selected Chapters, we describe the biochemical foundations of low-carbohydrate, low-energy, and ketogenic diets, among others, and their implementation in practice. We focus on our experiments in the production of the high-nutritional functional foods, low-carb bread, in order to introduce the esteemed Reader to the scientific background behind our results.

We hope that with our book we can draw attention to the fact that obesity is a public disease and that much more should be expended to sacrifice for pre-obesity education, treatment of obesity, and healing of sick people. These "sacrifices" would not only serve the interests of the individual but would also bring significant benefits to the national economy, as less costs would be needed to spend to heal sick people, and they would be able to do their beneficial work in everyday life for longer.

A SZERZŐKRŐL

Dr. Csapó János okleveles vegyész, az MTA doktora, a Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetem és a Debreceni Egyetem emeritus professora, több mint 45 éve foglalkozik élelmiszerek fehérjetartalmának, aminosav-összetételének, újabban D-aminosav-összetételének meghatározásával, a fehérje biológiai értékének mérésével. A vezetésével kidolgozott új analitikai-kémiai módszereket több élelmiszer- és takarmányanalitikai laboratóriumban alkalmazzák. Tudományos munkáját is nagyrészt ezen a területen fejtette ki. Több mint 50 tankönyv és egyetemi jegyzet, mintegy 400 magyar és idegen nyelvű szakcikk szerzője, és közel 500 előadást tartott hazai és nemzetközi tudományos konferenciákon. A graduális és posztgraduális, valamint a doktori képzésben magyarul és angolul oktatja a Biokémia, az Élelmiszer-kémia, a Mezőgazdasági kémia, a Tej és tejtermékek a táplálkozásban, az Élelmiszer- és takarmányfehérjék minősítése, a Funkcionális élelmiszerek és az Élelmiszerhamisítás, PhD-hallgatóknak pedig az Állatitermék-előállítás biokémiája, az Élelmiszerkémia, a Modern módszerek az élelmiszeranalitikában és az Élelmiszer- és takarmányanalitika című tárgyakat. Újabban a túlsúly, az elhízás és a táplálkozás közötti kapcsolatokat kutatja.

Dr. Albert Csilla gyógyszerész, 2001-ben végzett a Marosvásárhelyi Orvosi és Gyógyszerészeti Egyetemen. Kétéves gyógyszerészi munka után 2003 végén kezdett el dolgozni a Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetem Csíkszeredai Campusán gyakornokként. A Kaposvári Egyetem Doktori Iskolájában szerzett PhD-fokozatot. Jelenleg adjunktus, más egyéb oktató munkája mellett műszeres analitikából előadást és gyakorlatokat tart környezet- és élelmiszermérnök hallgatóknak. Kutatómunkáját a fehérje- és aminosav-analitika területén fejti ki; az utóbbi időben pedig a D- és L-aminosavak szétválasztásával és meghatározásával foglalkozik.

Scientia Kiadó
400112 Kolozsvár (Cluj-Napoca)
Mátyás király (Matei Corvin) u. 4. sz.
Tel./fax: +40-364-401454
E-mail: scientia@kpi.sapientia.ro
www.scientiakiado.ro

Műszaki szerkesztés:
Metaforma Kft.

Borítóterv:
Tipotéka Kft.

Korrektúra:
Szenkovics Enikő

Tipográfia:
Könczey Elemér

Nyomdai munkálatok:
F&F INTERNATIONAL Kft.
Felelős vezető: Ambrus Enikő igazgató

Korunkban az elhízás világméretű problémává, az emberiséget egyre jobban fenyegető járvánnyá vált. Az elhízást nem csak az ember genetikája, hanem az étkezési szokások, az étrend összetétele, az energia bevitel is jelentősen befolyásolják, ami lehetőséget ad olyan stratégiák kidolgozására, amelyek segítségével a testtömeg szabályozható, az elhízott emberek pedig jelentős tömegcsökkenést érhetnek el. Világméretű problémáról beszélhetünk, mivel Földünkön jelenleg 1,5 milliárd túlsúlyos vagy elhízott ember él, és számuk folyamatosan növekszik.

Mivel elhízni csak attól lehet, amit megeszünk és megiszunk, a könyv elején a táplálékok kémiai összetételét ismertetjük, majd egy rövid fejezetben foglalkozunk a funkcionális élelmiszerek táplálkozásban betöltött szerepével. A további fejezetek témakörei: az elhízás biokémiai alapjai, az energiaképződés és a zsírraktározás, az elhízással kapcsolatos biokémiai reakciók, az energia bevitel, az étkezési viselkedés és az elhízás kapcsolatai, a tömegcsökkentési stratégiák, az elhízás egészségi kockázatának elemzése, végül pedig az alacsony szénhidrát-tartalmú, a csökkent energiatartalmú és többek között a ketogén diéták biokémiai alapjai és a gyakorlatban történő megvalósításuk.

Reményeink szerint könyvünkkel fel tudjuk hívni a figyelmet arra, hogy az elhízás népbetegség, és hogy sokkal többet kellene áldozni az elhízást megelőző felvilágosító munkára, az elhízás kezelésére és a beteg emberek gyógyítására. Ezek az „áldozatok” nemcsak az egyén érdekeit szolgálják, de a nemzetgazdaságnak is jelentős hasznot hoznának, hisz a beteg emberek gyógyítására kevesebbet kellene költeni, és hosszabb ideig tudnák hasznos munkájukat a mindennapi életben kifejteni.

ISBN 978-606-975-051-3

9 786069 750513