



sapientia
tankönyvek

Csapó János
Albert Csilla
Csapóné Kiss Zsuzsanna

Funkcionális élelmiszerek

Scientia Kiadó

Csapó János
Albert Csilla
Csapóné Kiss Zsuzsanna

Funkcionális élelmiszerek

Csapó János
Albert Csilla
Csapóné Kiss Zsuzsanna

Funkcionális élelmiszerek

Scientia Kiadó
Kolozsvár ■ 2016

A kiadvány megjelenését támogatta:



SAPIENTIA
ALAPÍTVÁNY

Kiadja a

Sapientia Alapítvány – Kutatási Programok Intézete
400112 Kolozsvár, Mátyás király (Matei Corvin) u. 4.
Tel./fax: +40-364-401454, e-mail: scientia@kpi.sapientia.ro
Website: www.scientiakiado.ro

Felelős kiadó:

Kása Zoltán

Lektor:

Prof. Dr. Szakál Pál (Mosonmagyaróvár)

Első magyar nyelvű kiadás: 2016

© Scientia 2016

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

Funkcionális élelmiszerek / Csapó János, Albert Csilla, Csapóné Kiss Zsuzsanna. - Cluj-Napoca : Scientia, 2016

Conține bibliografie

ISBN 978-606-975-001-8

I. Albert, Csilla

II. Csapóné Kiss, Zsuzsanna

664

Tartalomjegyzék

Bevezetés	29
1. Alapfogalmak	31
1.1. Definíciók	31
1.2. Mitől lesz egy élelmiszer funkcionális?	32
1.3. A funkcionális élelmiszerek fiziológiás hatása	33
1.4. Hogyan gyártunk funkcionális élelmiszereket?	34
1.5. Fogyasztói elvárások a funkcionális élelmiszerekkel kapcsolatban	35
1.6. Élelmiszer-biztonság és a funkcionális élelmiszerek	36
1.7. Funkcionális élelmiszerek és a törvényi szabályozás	37
2. Funkcionális élelmiszerek előállítása élelmiszer-kiegészítéssel	39
2.1. Alapfogalmak	39
2.2. Az élelmiszerek funkcionális komponensei mennyiségének növelése	40
2.3. Az élelmiszer-komponensek helyettesítése	41
2.4. Dúsítás (supplementation)	42
2.5. Az élelmiszerek vitaminnal és ásványi anyaggal történő kiegészítése	42
2.5.1. A kiegészítés szükségessége	43
2.5.2. A vashiány és következményei	44
2.5.3. A jódhiány és következményei	45
2.5.4. Az A-vitamin-hiány és következményei	45
2.5.5. A cinkhiány és következményei	46
2.5.6. A kalciumhiány és következményei	47
2.5.7. A folsavhiány és következményei	47
2.6. Élelmiszerek vitaminokkal történő kiegészítése	48
2.7. Élelmiszerek polifenolokkal történő kiegészítése	50
2.7.1. A polifenolok tulajdonságai	50
2.7.2. A növényi kivonatok készítésének technológiai szempontjai	51
2.8. Élelmiszerek karotinoidokkal történő kiegészítése	53
2.9. Élelmiszerek esszenciális zsírsav-tartalmú olajokkal történő kiegészítése	55
2.9.1. A növényi szteroidok hatása	55
2.9.2. Többszörösen telítetlen zsírsavak	56
2.9.2.1. A többszörösen telítetlen zsírsavak biológiai hatása	56
2.9.2.2. A többszörösen telítetlen zsírsavak forrásai	56
2.9.2.3. Konjugált linolsavak	58
2.9.3. A lipidekkel kapcsolatos technológiai szempontok	58
2.9.4. A lipidek oxidációja a halolaj és mikroalgaolaj előállítása során	60
2.9.5. A halolaj finomítása	60
2.9.6. Az élelmiszerek kiegészítése biológiai aktivitású lipidekkel	61

6 ■ Tartalomjegyzék

2.9.7. Példák a szterolok, a CLA és a PUFA-k növelésére élelmiszerekben	62
2.10. A funkcionális élelmiszer-komponensek hatékonyságának fokozása ..	63
2.11. Szépségmegőrző funkcionális élelmiszerek	64
2.12. A flavonoidok mint funkcionális élelmiszer-komponensek	64
2.12.1. A flavonoidok szerkezete	64
2.12.2. A flavonoidok csoportosítása	64
2.12.3. A flavonoidok élelmiszerekkel történő bevitel a szervezetbe ...	66
2.12.3.1. A flavonoidok felszívódása és metabolizmusa	67
2.12.3.2. Magas flavonoidtartalmú gyógyhatású készítmények	68
3. A tej bioaktív komponensei és azok előállítása	71
3.1. A tejben található bioaktív komponensek	71
3.2. Bioaktív fehérjék	72
3.2.1. A fő tejfehérjék biológiai hatásai és alkalmazásuk lehetősége ...	73
3.2.2. A savófehérjék ipari és kereskedelmi alkalmazása	73
3.2.3. A bioaktív peptidek előállítása és funkcionalitása	78
3.2.4. Bioaktív peptidek és újszerű alkalmazásuk	79
3.2.4.1. A tejtermékekben található bioaktív peptidek és aktivitásuk ..	79
3.2.4.2. Bioaktív peptideket tartalmazó tejtermékek és adalékok ...	80
3.3. Bioaktív lipidek	81
3.3.1. Konjugált linolsavak	81
3.3.1.1. A konjugált linolsavak mennyiségének növelése	82
3.3.1.2. A tejsír zsírsavösszetétele, KLS-tartalma és változása a laktáció során	83
3.3.1.3. Különböző kultúrák hatása a tejtermékek zsírsavösszetételére és KLS-tartalmára	83
3.3.1.4. A vaj, a sajtok és a margarin KLS-tartalma	83
3.3.1.5. Különböző sajtok konjugáltlinolsav-tartalmának változása a tárolás során	84
3.3.2. Poláros lipidek	84
3.4. Növekedést befolyásoló faktorok	84
3.5. Egyéb bioaktív vegyületek a tejben	85
3.6. Tejsavbaktériumok által termelt exopoliszacharidok és oligoszacharidok	86
3.6.1. A tejsavbaktérium-fajok különböző fajtái által termelt EPS-szerkezetének feltérképezése, mennyiségének mérése	87
3.6.2. A GalOS-ok ipari előállításának lehetőségei	87
3.6.3. Az exopoliszacharidok (EPS) mennyiségének és szerkezetének meghatározása	87
3.6.4. Az EPS-ok monoszacharid-összetétele	88
3.6.5. Az EPS-ok kémiai módosítása, szerkezetkutatása	89
3.7. A tej bioaktív komponenseinek összefoglalása	89

4. Prebiotikumok, probiotikumok, szinbiotikumok	91
4.1. A probiotikumokkal kapcsolatos alapismeretek	91
4.1.1. A probiotikumok és alapvető jellemzőik	91
4.1.2. A prebiotikumok köre és alapvető jellemzőik	92
4.2. Az emberi emésztőrendszer mikroflórája	92
4.2.1. A csíraszám	92
4.2.2. A csíraféleségek és arányaik	93
4.2.3. A bélflóra módosulásának okai	94
4.2.4. A bélflóra módosításának lehetőségei	94
4.3. A mai probiotikus kultúratörzsek és a velük szembeni követelmények	95
4.4. A magyar kutatók által kifejlesztett prebiotikus törzsek	96
4.5. A probiotikumok felvételének alapelvei	98
4.6. Probiotikumok felvétele tejtermékekkel	98
4.7. Probiotikumok felvétele kapszulás étrend-kiegészítőkkal	98
4.8. A probiotikumok jótéteményei	99
4.9. A probiotikumok fontosabb humánéletteni jótéteményeinek összefoglalása	99
5. A hús szerepe a táplálkozásban és az egészségmegőrzésben	101
5.1. Az izomszövet fehérjéi	101
5.1.1. Vízoldható fehérjék	102
5.1.2. Oldhatatlan fehérjék	103
5.2. Biogén aminok	103
5.3. Kreatin és kreatinin	104
5.4. A hús érlelése	104
5.5. A sertéshús esetében előforduló minőségi hibák	104
5.6. A hús mint funkcionális élelmiszer	105
5.6.1. A hús mint fehérjeforrás	105
5.6.2. A hús mint zsírforrás	106
5.6.3. A hússok zsír- és koleszterintartalma	106
5.6.4. A különböző zsíradékok és a halak zsírsavösszetétele	107
5.6.5. A hús mint vitaminforrás	107
5.6.6. A hús mint ásványianyag-forrás	108
5.7. Nyers hússok	108
5.7.1. Szelet-, leves- és gulyáshússok	109
5.7.2. A sertéshússok konyhatechnikai felhasználása	109
5.8. Fehérjekészítmények	110
5.9. Adalékanyagok	110
5.10. Húsipari termékcsoporthok	112
5.11. A hússok emészthetősége	112
5.12. A hús és az allergia	112
5.13. Élvezeti hatás	112

6. A szója mint funkcionális élelmiszer	115
6.1. A szójafehérje minőségének alakulása a technológiai műveletek során	115
6.1.1. Az oxidáció hatása a fehérjék károsodására	115
6.1.2. A hő hatása a fehérjék károsodására	116
6.1.3. Az aminosavak oldalláncában és a fehérjemolekulák között lejátszódó reakciók	116
6.1.4. A lúgos kezelés hatása	116
6.1.5. A fehérjék és a szénhidrátok közti reakciók	117
6.1.6. A fehérjék és a lipidek reakciója	117
6.1.7. A fehérjék és a polifenolok kapcsolódása	118
6.2. A szójafehérjék hőkárosodásának kimutatása	118
6.3. A fehérjemínőséget befolyásoló technológiák	119
6.4. A fehérjehasznosulást befolyásoló antinutritív és mérgező anyagok	119
6.4.1. Hőrezisztens antinutritív anyagok a szójában	121
6.4.2. A szója antinutritív anyagai hatásának kiküszöbölése	122
6.5. A szójafehérje minősítésére alkalmas vizsgálatok	122
6.5.1. Néhány kémiai módszer a fehérje minőségének meghatározására	123
6.5.2. A szójafehérje komplex minősítése	123
7. Szelénnel dúsított élelmiszerek	125
7.1. A szelénről általában	125
7.2. A szelén mint esszenciális nyomelem	125
7.3. A különböző szelénformák az élővilágban	126
7.4. A szelén antioxidáns tulajdonságai	127
7.5. Szeléntartalmú enzimek	127
7.6. A szelén hasznosulása	128
7.7. A növényi eredetű élelmiszerek szeléntartalma	128
7.8. A szelénnel dúsított élelmiszerek	128
7.9. A növények szeléntartalma	130
7.10. A szelén akkumulációja	131
7.11. Szelénspecieszek a bioszférában	132
7.12. Szeleno-aminosavak	133
7.13. A szelénhiány és annak megelőzése	133
7.14. Szelénnel történő dúsítás	134
7.14.1. A búzafű és a búzamazg szelén-, szelenometionin- és szervesszelén-tartalma	134
7.14.2. Szelénnel dúsított táplálkozási csírák	137
7.14.3. A szelénben dúsított csírák a rák megelőzésében	138
7.14.4. Élelmiszerek szelénnel történő kiegészítése	139
7.14.4.1. Szelénnel dúsított tojás	140
7.14.4.2. Szelénnel dúsított tej és tejtermékek	140

7.14.4.3. A szelénnel dúsított tejből készült tejtermékek szeléntartalma	143
8. A tojás mint funkcionális élelmiszer	145
8.1. A tojássárgája	145
8.2. A tojásfehérje	146
8.3. Tojásszínező anyagok	147
8.4. A tárolás során bekövetkező változások	147
8.5. A tojásalapú készítmények jellemzői	148
8.6. Szárított tojás alapú termékek	148
9. Növényi és állati eredetű zsiradékok	151
9.1. Növényi eredetű zsiradékok	151
9.2. Állati eredetű zsiradékok	154
9.3. A tengeri állatoktól származó zsiradékok	155
9.4. A zsírok és olajok minőségét befolyásoló tényezők	155
10. A gabona, zöldség és gyümölcs mint funkcionális élelmiszerek	157
10.1. Gabonafélék	157
10.2. A gabonafélék összetétele	157
10.2.1. A gabonafélék szénhidráttartalma	157
10.2.2. A gabonafélék fehérjéi	158
10.2.2.1. A búzaglutén fehérjekomponensei és szerkezete	159
10.2.3. A gabonák lipidtartalma	160
10.3. A gabonafélék feldolgozása	161
10.3.1. A gabonafélék feldolgozásában szerepet játszó enzimek	161
10.3.2. A búzaliszt tiolkomponensei	162
10.3.3. Sütési próbák	162
10.3.4. Az aszkorbinsav hatása a tésztaképzésre, búzaliszt esetében ..	163
10.3.5. A lipoxigenáz-aktivitást mutató liszt adagolásának hatása a búzalisztre	163
10.3.6. Cisztéinadagolás hatása a búzalisztre	163
10.3.7. Az α -amiláz adagolásának hatása a búzalisztre	163
10.3.8. Emulgeálószeres és zsiradékok hatása	164
10.4. Zöldségek és gyümölcsök	164
10.4.1. Zöldségek	164
10.4.1.1. A zöldségek összetétele	164
10.4.1.2. Aromaanyagok	166
10.4.1.3. A zöldségek vitamintartalma	167
10.4.1.4. A növényi pigmentek	167
10.4.1.5. A zöldségek eltarthatósága	167
10.5. Gyümölcsök	168
11. A táplálkozási csírák mint funkcionális élelmiszerek	171
11.1. A csírák jelentősége a táplálkozásban	171
11.2. Biokémiai változások a csírázás során	171

11.3. Szelénnel dúsított csírák	172
11.3.1. A szeléntartalom hasznosulása	173
11.3.2. Saját vizsgálataink az étkezési csírák vonatkozásában	173
12. A vörösbor mint funkcionális élelmiszer	175
12.1. A szőlő, a must és a bor kémiai összetétele	175
12.1.1. A szőlő érésének biokémiája	175
12.1.1.1. A szőlőbogyó növekedése, érése és túlérése	175
12.1.1.2. Fotoszintézis, anyagvándorlások	175
12.1.1.3. A cukor felhalmozódása a bogyóban	176
12.1.1.4. A szerves savak változása a szőlőbogyóban	177
12.1.1.5. A borkősav változása	177
12.1.1.6. Az almasav változása	177
12.1.1.7. Az ásványi anyagok beáramlása a bogyóba	177
12.1.1.8. Fehérjeszintézis	177
12.2. Az érettség meghatározása	178
12.2.1. A szüret időpontjának meghatározása	178
12.3. A szőlőfürt szerkezete és összetétele	178
12.3.1. A szőlőháj összetétele	178
12.3.2. A szőlőmag összetétele	179
12.3.3. A bogyóhús összetétele	179
12.4. A must kémiai összetétele	179
12.4.1. A must alkotórészei	179
12.4.1.1. Szénhidrátok	180
12.4.1.2. Pektinanyagok, gumik	180
12.4.1.3. Szerves savak	180
12.4.1.4. Nitrogéntartalmú anyagok	181
12.4.1.5. Viaszok, olajok, zsírok	182
12.4.1.6. Polifenolok, színanyagok	182
12.4.1.7. Színanyagok	184
12.4.1.8. Aromanyagok	185
12.4.1.9. Vitaminok és enzimek a szőlőben, a mustban és a borban .	186
A szőlő és a must vitaminjai	186
A szőlő és a must enzimei	186
12.4.1.10. Ásványi anyagok	187
12.4.1.11. Az extrakttartalom	188
12.4.1.12. Redoxpotenciál, oxidáció, redukció	188
12.5. Az erjedés biokémiája	189
12.6. A bor kémiai összetétele	191
12.6.1. Alkoholok	191
12.6.2. Cukrok, szerves savak, illósavak, fenolos alkotórészek	192
12.6.3. A vörösborok színe objektív meghatározásának lehetőségei ...	194
12.6.4. A bor nitrogéntartalmú anyagai	195

12.6.5. Pektinek és poliszacharidok	196
12.6.6. A bor aromaanyagai	196
12.6.7. Polifenolok az aromaképzésben	197
12.6.8. Jellegzetes ízhibát okozó vegyületek borban	198
12.6.9. Vitaminok a borban	199
12.7. A bor fejlődésének kémiája	200
12.7.1. Oxidációs-redukciós jelenségek a borokban	200
12.7.2. A bor tárolása, érése során képződő aromaanyagok	200
12.8. A vörösbor mint funkcionális élelmiszer	201
12.8.1. A vörösbor egészségvédő szerepe	201
12.8.2. A mérsékelt vörösborfogyasztás hatásai	201
Felhasznált és ajánlott irodalom	203
Abstract	207
Rezumat	209
A könyv szerzői	211

Contents

Introduction	29
1. Basic concepts	31
1.1. Definitions	31
1.2. What makes a food functional?	32
1.3. Physiological effects of functional foods	33
1.4. How to produce functional foods?	34
1.5. Consumer expectations in connection with functional foods	35
1.6. Food safety and functional foods	36
1.7. Functional foods and legislation	37
2. Producing functional foods with fortification	39
2.1. Basic concepts	39
2.2. Fortification of the functional components of foods	40
2.3. Substitution of the components of foods	41
2.4. Supplementation	42
2.5. Fortification of foods with vitamins and minerals	42
2.5.1. The necessity for fortification	43
2.5.2. Iron deficiency and its consequences	44
2.5.3. Iodine deficiency and its consequences	45
2.5.4. Vitamin A deficiency and its consequences	45
2.5.5. Zinc deficiency and its consequences	46
2.5.6. Calcium deficiency and its consequences	47
2.5.7. Folic acid deficiency and its consequences	47
2.6. Fortification of foods with vitamins	48
2.7. Fortification of foods with polyphenols	50
2.7.1. The properties of polyphenols	50
2.7.2. The technological aspects of making plant extracts	51
2.8. Fortification of foods with carotenoides	53
2.9. Fortification of foods with oils containing essential fatty acids	55
2.9.1. The effect of plant steroids	55
2.9.2. Polyunsaturated fatty acids	56
2.9.2.1. Biological effect of polyunsaturated fatty acids	56
2.9.2.2. The sources of polyunsaturated fatty acids	56
2.9.2.3. Conjugated linoleic acids	58
2.9.3. Technological aspects connected to lipids	58
2.9.4. The oxidation of lipids during the manufacture of fish oil and microalgae oil.	60
2.9.5. The refining of fish oil	60
2.9.6. The fortification of the foods with biologically active lipids	61

2.9.7. Examples for the fortification of CLA, sterols, and PUFA-s in foods . .	62
2.10. Enhancing the effectiveness of functional food components	63
2.11. Beauty care functional foods	64
2.12. Flavonoids as components of functional foods	64
2.12.1. The structure of the flavonoids	64
2.12.2. The grouping of flavonoids	64
2.12.3. The intake of flavonoids into the body by foods	66
2.12.3.1. Absorption and metabolism of the flavonoids	67
2.12.3.2. Nutraceutical preparations with high flavonoid content . .	68
3. The bioactive components in milk and their production	71
3.1. The bioactive components in milk	71
3.2. Bioactive proteins.	72
3.2.1. The biological effects of main milk proteins and their application	73
3.2.2. The application of whey proteins in industry and trade	73
3.2.3. The production of bioactive peptides and their functionality . . .	78
3.2.4. Bioactive peptides and innovative applications	79
3.2.4.1. The bioactive peptides and their activity in dairy products . .	79
3.2.4.2. Dairy products and additives containing bioactive peptides . .	80
3.3. Bioactive lipids	81
3.3.1. Conjugated linoleic acids (CLA)	81
3.3.1.1. The increase of the quantity of CLA	82
3.3.1.2. The fatty acid content, CLA content and their change during the lactation	83
3.3.1.3. The influence of the different microorganism cultures for the fatty acid and CLA composition of dairy products	83
3.3.1.4. The CLA content of butter, cheeses, and margarine	83
3.3.1.5. The changes of the CLA content of different cheeses during storage	84
3.3.2. Polar lipids	84
3.4. Factors affecting growth	84
3.5. Other bioactive compounds in milk	85
3.6. Exopolysaccharides (EPS) and oligosaccharides produced by lactic acid bacteria	86
3.6.1. Determination of the structure and measurement of the quantity of EPS produced by different lactic acid bacteria.	87
3.6.2. The possibilities to produce galactose oligosaccharides (GalOS) in industrial scale	87
3.6.3. The determination of the quantity and structure of EPS-s	87
3.6.4. The monosaccharide composition of EPS-s	88
3.6.5. The chemical modification and structure research of EPS-s	89
3.7. Summary of the bioactive components in milk	89

4. Prebiotics, probiotics, symbiotics	91
4.1. Basics related to probiotics	91
4.1.1. Probiotics and their basic characteristics	91
4.1.2. The scope of prebiotics and their basic characteristics	92
4.2. The microflora of the human digestive system	92
4.2.1. The germ number	92
4.2.2. The different germs and their proportion	93
4.2.3. Causes for the modification of the gut flora	94
4.2.4. The possibilities for the modification of the gut flora	94
4.3. The current probiotic cultures and their determined requirements	95
4.4. The probiotic phylums developed by Hungarian researchers	96
4.5. The basic principles of probiotic uptake.	98
4.6. The uptake of probiotics by dairy products	98
4.7. The uptake of probiotics with dietary supplement in capsule form	98
4.8. The benefits of probiotics	99
4.9. Summary of the more important human physiological benefits of probiotics	99
5. The role of the meat in nutrition and in health protection	101
5.1. The proteins of the muscle tissues	101
5.1.1. Water soluble proteins	102
5.1.2. Insoluble proteins	103
5.2. Biogenic amines	103
5.3. Creatine and creatinine	104
5.4. Meat maturation	104
5.5. Quality failures occurring in the case of pork	104
5.6. The meat as functional food	105
5.6.1. The meat as protein source	105
5.6.2. The meat as fat source	106
5.6.3. The fat and cholesterol content of meats	106
5.6.4. The fatty acid composition of the different fats and fish oil	107
5.6.5. The meat as source of vitamins	107
5.6.6. The meat as source of mineral materials	108
5.7. Unprocessed meats	108
5.7.1. Slice, soups and goulash meats	109
5.7.2. The pork in culinary use	109
5.8. Protein products	110
5.9. Additives	110
5.10. Product groups in meat industry	112
5.11. Digestibility of meats	112
5.12. The meat and the allergy	112
5.13. Delightful effect	112

6. The soya as functional food	115
6.1. The conformation of the quality of soya proteins during processing	115
6.1.1. The influence of the oxidation for the damage of the proteins	115
6.1.2. The influence of heat for the damage of proteins	116
6.1.3. Reactions in the side chain of the amino acids and between protein molecules	116
6.1.4. Influence of the basic treatment	116
6.1.5. Reactions between proteins and carbohydrates	117
6.1.6. Reactions between proteins and lipids	117
6.1.7. Connection between proteins and polyphenols	118
6.2. The demonstration of the heat damage of soya proteins	118
6.3. Technologies influencing the protein quality	119
6.4. Antinutritive and toxic materials influencing the utilization of the protein	119
6.4.1. Heat resistant antinutritive materials in soya	121
6.4.2. The elimination of the effect of the antinutritive materials in soya	122
6.5. Examinations suitable for the qualification of soya protein	122
6.5.1. Some chemical methods for the determination of the quality of protein	123
6.5.2. The complex qualification of soya proteins	123
7. Foods supplemented with selenium	125
7.1. In general about selenium	125
7.2. Selenium as an essential microelement	125
7.3. The different forms of selenium in the living world	126
7.4. The antioxidant properties of selenium	127
7.5. Enzymes with selenium content	127
7.6. The utilization of selenium	128
7.7. The selenium content of foods of plant origin	128
7.8. Foods supplemented with selenium	128
7.9. The selenium content of plants	130
7.10. The accumulation of selenium	131
7.11. Selenium species in the biosphere	132
7.12. Seleno-amino acids	133
7.13. Selenium deficiency and its prevention	133
7.14. Enrichment with selenium	134
7.14.1. The total selenium, seleno methionine, and organic selenium content of wheat grass and seed	134
7.14.2. Edible sprouts enriched with selenium	137
7.14.3. Edible sprouts with high selenium content in the prevention of cancer	138

7.14.4. Supplementation of the foods with selenium	139
7.14.4.1. Egg supplemented with selenium	140
7.14.4.2. Milk and dairy products supplemented with selenium	140
7.14.4.3. Selenium content of the dairy products made from high-selenium-content milk	143
8. The egg as functional food	145
8.1. The egg yolk	145
8.2. The egg whites	146
8.3. Egg-colouring materials	147
8.4. Changes during the storage of egg	147
8.5. Important characteristics of egg-based products	148
8.6. Dried egg-based products	148
9. Lipids of plant and animal origin	151
9.1. Lipids of plant origin	151
9.2. Lipids of animal origin	154
9.3. Lipids from marine animals	155
9.4. Factors affecting the quality of fats and oils	155
10. Cereals, vegetables, and fruits as functional foods	157
10.1. Cereals	157
10.2. The composition of the cereals	157
10.2.1. The carbohydrate content of the cereals	157
10.2.2. The proteins of the cereals	158
10.2.2.1. The protein components and the structure of wheat gluten	159
10.2.3. The lipid content of cereals	160
10.3. Processing of cereals	161
10.3.1. Enzymes playing role in the processing of cereals	161
10.3.2. Thiol components of wheat flour	162
10.3.3. Baking tests	162
10.3.4. The influence of ascorbic acid on the pasty production in the case of wheat flour	163
10.3.5. The influence of the added wheat flour with lipoxogenase enzyme activity on the wheat flour	163
10.3.6. The influence of the added cysteine on the wheat flour	163
10.3.7. The influence of the added α -amylase on wheat flour	163
10.3.8. The influence of the emulsifiers and fats	164
10.4. Vegetables and fruits	164
10.4.1. Vegetables	164
10.4.1.1. The composition of vegetables	164
10.4.1.2. Flavouring substances	166
10.4.1.3. The vitamin content of vegetables	167
10.4.1.4. Pigments of plant origin	167
10.4.1.5. The shelf life of vegetables	167

10.5. Fruits	168
11. Edible sprouts as functional foods	171
11.1. The significance of sprouts in nutrition	171
11.2. Biochemical changes during sprouting	171
11.3. Sprouts enriched by selenium	172
11.3.1. The utilization of the selenium	173
11.3.2. Our own investigations in relation to the sprouts	173
12. The red wine as functional food	175
12.1. The chemical composition of grape, must, and wine	175
12.1.1. The biochemistry of grape maturation	175
12.1.1.1. Increase, maturation, and overmaturation of grape berry ..	175
12.1.1.2. Photosynthesis, migration of materials	175
12.1.1.3. Accumulation of the sugar in the berry	176
12.1.1.4. The change of the organic acid in the berry	177
12.1.1.5. The change of the tartaric acid	177
12.1.1.6. The change of malic acid	177
12.1.1.7. The inflow of minerals into the berry	177
12.1.1.8. Protein synthesis	177
12.2. The determination of the maturity	178
12.2.1. The determination of the time of the harvest	178
12.3. The structure and composition of the cluster of grapes	178
12.3.1. The composition of the grape shell	178
12.3.2. The composition of the grape seed	179
12.3.3. The composition of the berry	179
12.4. The chemical composition of the must	179
12.4.1. The components of the must	179
12.4.1.1. Carbohydrates	180
12.4.1.2. Pectins and gums	180
12.4.1.3. Organic acids	180
12.4.1.4. Nitrogen-containing materials	181
12.4.1.5. Vaxes, oils, and fats	182
12.4.1.6. Polyphenols and colouring materials	182
12.4.1.7. Colouring materials	184
12.4.1.8. Flavouring substances	185
12.4.1.9. Vitamins and enzymes in grape, must, and wine.	186
The vitamins of grape and wine	186
Enzymes in grape and wine	186
12.4.1.10. Minerals	187
12.4.1.11. The extract content	188
12.4.1.12. Redox potential, oxidation, reduction	188
12.5. The biochemistry of fermentation	189
12.6. The chemical composition of wine	191

12.6.1. Alcohols	191
12.6.2. Sugars, organic acids, volatile acids, phenolic components	192
12.6.3. Possibilities of the objective determination of the colour of red wines.	194
12.6.4. The nitrogen-containing materials of the wine	195
12.6.5. Pectins and polysaccharides	196
12.6.6. Aromatic components in wine	196
12.6.7. Polyphenols in aroma production	197
12.6.8. Components causing typical taste failure in wine	198
12.6.9. Vitamins in wine	199
12.7. The chemistry of wine development	200
12.7.1. Oxidation-reduction phenomena in wine	200
12.7.2. Aromatic components produced during storage and maturation of wine	200
12.8. The red wine as functional food	201
12.8.1. The health protection role of wine	201
12.8.2. The effects of moderate red wine consumption	201
References	203
Abstract	207
Rezumat	209
About the authors	211

Cuprins

Introducere	29
1. Concepte de bază	31
1.1. Definiții.	31
1.2. Cum devine un aliment produs funcțional?	32
1.3. Efectele fiziologice ale alimentelor funcționale	33
1.4. Cum sunt obținute produsele funcționale?	34
1.5. Așteptările consumatorilor în relațiile cu alimente funcționale	35
1.6. Siguranță alimentară și alimentele funcționale	36
1.7. Alimente funcționale și legislația	37
2. Producerea alimentelor funcționale prin fortificare	39
2.1. Concepte de bază	39
2.2. Creșterea componentelor funcționale ale alimentelor	40
2.3. Substituirea componentelor din alimente	41
2.4. Suplimentarea	42
2.5. Fortificarea alimentelor cu vitamine și minerale	42
2.5.1. Necesitatea fortificării	43
2.5.2. Deficiența de fier și consecințele sale	44
2.5.3. Deficiența de iod și consecințele sale	45
2.5.4. Deficiența de vitamina A și consecințele sale	45
2.5.5. Deficiența de zinc și consecințele sale	46
2.5.6. Deficiența de calciu și consecințele sale	47
2.5.7. Deficiența de acid folic și consecințele sale	47
2.6. Mărirea conținutului de vitamine a alimentelor	48
2.7. Creșterea conținutului de polifenoli a alimentelor	50
2.7.1. Proprietățile polifenolilor	50
2.7.2. Tehnologia extracției din plante	51
2.8. Fortificarea alimentelor cu carotinoide	53
2.9. Fortificarea alimentelor cu uleiuri ce conțin acizi grași esențiali	55
2.9.1. Acțiunea steroizilor vegetali	55
2.9.2. Acizi grași polinesaturați	56
2.9.2.1. Efecte biologice ale acizilor grași polinesaturați	56
2.9.2.2. Surse de acizi grași polinesaturați	56
2.9.2.3. Acid linoleic conjugat	58
2.9.3. Aspecte tehnologice legate de lipide	58
2.9.4. Oxidarea lipidelor în timpul procesării uleiului de pește și uleiului de microalge	60
2.9.5. Rafinarea uleiului de pește	60
2.9.6. Fortificarea alimentelor cu lipide biologic active	61

2.9.7. Exemple de îmbunătățire a conținutului de acid linoleic conjugat, steroli și PUFA.	62
2.10. Mărirea eficienței componentilor funcționali din alimente	63
2.11. Alimente funcționale de uz cosmetic	64
2.12. Flavonoide în alimentele funcționale	64
2.12.1. Structura flavonoidelor	64
2.12.2. Gruparea flavonoidelor	64
2.12.3. Introducerea flavonoidelor în organism prin alimente	66
2.12.3.1. Absorbția și metabolismul flavonoizilor	67
2.12.3.2. Preparate cu conținut ridicat de flavonoizi cu acțiune terapeutică	68
3. Compuși bioactive în lapte și obținerea lor	71
3.1. Compuși bioactivi din lapte.	71
3.2. Proteine bioactive.	72
3.2.1. Efectul biologic al proteinelor lactice și aplicațiile lor	73
3.2.2. Utilizarea proteinelor din zer în industria alimentară	73
3.2.3. Obținerea peptidelor bioactive și funcția lor	78
3.2.4. Peptide bioactive și aplicațiile lor inovative	79
3.2.4.1. Peptide bioactive și activitatea lor în produse lactate	79
3.2.4.2. Produse lactice și aditivi pe bază de peptide bioactive	80
3.3. Lipide bioactive	81
3.3.1. Acid linoleic conjugat (ALC)	81
3.3.1.1. Creșterea cantității de ALC	82
3.3.1.2. Modificarea compoziției în acizi grași și în ALC a laptelui în decursul lactației.	83
3.3.1.3. Influența diferitelor culturi de microorganisme asupra compoziției în acizi grași și ALC a produselor lactate.	83
3.3.1.4. Conținutul în ALC al untului, brânzeturilor și a margarinei	83
3.3.1.5. Schimbarea conținutului în ALC în brânzeturi pe durata depozitării	84
3.3.2. Lipide polare	84
3.4. Factori ce influențează creșterea	84
3.5. Alte componente bioactive din lapte	85
3.6. Exopolizaharoid (EPS) și oligozaharide produse de bacterii lactice	86
3.6.1. Determinarea structurii și măsurarea cantității de EPS produse de diferite bacterii lactice.	87
3.6.2. Posibilitățile industriale de obținerea a galacto-oligozaharidelor (GalOS)	87
3.6.3. Determinarea cantității și structurii a EPS	87
3.6.4. Compoziția în monozaharide a EPS	88
3.6.5. Modificarea chimică și cercetări structurale a EPS-lor	89
3.7. Totalitatea componentelor bioactive din lapte	89

4. Prebiotice, probiotice, simbiotice	91
4.1. Elementele de bază legate de probiotice	91
4.1.1. Caracterizarea probioticelor	91
4.1.2. Caracterizarea prebioticeleor	92
4.2. Microflora tractului digestiv uman	92
4.2.1. Număr de germeni	92
4.2.2. Tipuri de tulpini și raportul lor	93
4.2.3. Cauzele modificării florei intestinale	94
4.2.4. Posibilitatea modificării florei intestinale	94
4.3. Culturi probiotice uzule și cerințe calitative	95
4.4. Probiotice dezvoltate de cercetători maghiari	96
4.5. Principiile de bază ale absorbției probioticelor	98
4.6. Absorbția probioticelor din produse lactice	98
4.7. Absorbția probioticelor din suplimente alimentare încapsulate	98
4.8. Beneficiile probioticelor	99
4.9. Cele mai importante beneficii fiziologice a probioticelor	99
5. Rolul cărnii în nutriție și în păstrarea sănătății	101
5.1. Proteinele din țesuturile musculare	101
5.1.1. Proteine solubile în apă	102
5.1.2. Proteine insolubile	103
5.2. Amine biogenice	103
5.3. Creatina și creatinina	104
5.4. Maturarea cărnii	104
5.5. Defectele de calitate în cazul cărnii de porc	104
5.6. Carnea ca aliment funcțional	105
5.6.1. Carnea ca sursă de proteine	105
5.6.2. Carnea ca sursă de lipide	106
5.6.3. Conținutul de grăsimi și colesterol a cărnii	106
5.6.4. Compoziția în acizi grași a diferitelor grăsimi și a uleiului de pește	107
5.6.5. Carnea ca sursă de vitamine	107
5.6.6. Carnea ca sursă de minerale	108
5.7. Carnea neprocesată	108
5.7.1. Carnea feliată, carne pentru supe și gulaș	109
5.7.2. Carnea de porc pentru uz culinar	109
5.8. Preparate proteice	110
5.9. Aditivi	110
5.10. Gruparea produselor din industria cărnii	112
5.11. Utilizarea cărnii	112
5.12. Carnea și alergia	112
5.13. Înșușiri senzoriale	112

6. Soia ca aliment funcțional	115
6.1. Modificarea calității proteinelor din soia pe durata procesării	115
6.1.1. Efectul oxidării asupra deteriorării proteinelor	115
6.1.2. Efectul termic asupra deteriorării proteinelor	116
6.1.3. Reacții în catenele laterale ale aminoacizilor și interproteice	116
6.1.4. Efectul tratamentului alcalin	116
6.1.5. Reacții între proteine și carbohidrați	117
6.1.6. Reacții între proteine și lipide	117
6.1.7. Interacțiuni între proteine și polifenoli	118
6.2. Determinarea degradării termice a proteinelor din soia	118
6.3. Tehnologii ce afectează calitatea proteinei	119
6.4. Substanțe antinutritive și toxice care afectează biodisponibilitatea proteinelor	119
6.4.1. Substanțe antinutritive termostabile din soia	121
6.4.2. Eliminarea efectului antinutritiv al substanțelor din soia	122
6.5. Metode adecvate pentru determinarea calității proteinelor de soia	122
6.5.1. Metode chimice pentru determinarea calității proteinelor de soia	123
6.5.2. Caracterizarea complexă a proteinelor de soia	123
7. Suplimentarea alimentelor cu seleniu	125
7.1. Despre seleniu	125
7.2. Seleniul ca microelement esențial	125
7.3. Diferite forme de seleniu în natură	126
7.4. Proprietatea antioxidantă a seleniului	127
7.5. Seleno-enzime	127
7.6. Utilizarea seleniului	128
7.7. Conținutul de seleniu al produselor alimentare de origine vegetală	128
7.8. Alimente îmbogățite cu seleniu	128
7.9. Conținutul de seleniu al plantelor	130
7.10. Acumularea seleniului	131
7.11. Specii de seleniu din biosferă	132
7.12. Seleno-aminoacizi	133
7.13. Deficiența de seleniu și prevenirea ei	133
7.14. Îmbogățirea cu seleniu a alimentelor	134
7.14.1. Conținutul de seleniu total, de selenometionină și de seleniu organic a tulpinii de grâu și a semințelor	134
7.14.2. Germeni și vârstari fortificați cu seleniu	137
7.14.3. Germeni fortificați cu seleniu pentru prevenirea cancerului	138
7.14.4. Suplimentarea alimentelor cu seleniu	139
7.14.4.1. Ouăle suplimentate cu seleniu	140
7.14.4.2. Laptele și produsele lactice suplimentate cu seleniu	140

7.14.4.3. Conținutul de seleniu al produselor lactice obținute din lapte cu conținut ridicat de seleniu	143
8. Oul ca aliment funcțional	145
8.1. Gălbenușul de ou	145
8.2. Albușul de ou	146
8.3. Substanțe colorante de ouă (coloranți naturali ai gălbenușului)	147
8.4. Modificări în timpul depozitării ouălor	147
8.5. Caracteristicile importante ale preparatelor pe bază de ouă	148
8.6. Preparate pe bază de ouă uscate	148
9. Lipide de origine vegetală și animală	151
9.1. Lipide de origine vegetală	151
9.2. Lipide de origine animală	154
9.3. Lipide de la animale marine	155
9.4. Factori care afectează calitatea grăsimilor și a uleiurilor	155
10. Cereale, legume și fructe ca alimente funcționale	157
10.1. Cereale	157
10.2. Compoziția cerealelor	157
10.2.1. Conținutul de carbohidrați al cerealelor	157
10.2.2. Proteinele din cereale	158
10.2.2.1. Structura și compoziția în componenți proteici a glutenului de grâu	159
10.2.3. Conținutul de lipide a cerealelor	160
10.3. Procesarea cerealelor	161
10.3.1. Rolul enzimelor în procesarea cerealelor	161
10.3.2. Compuși de sulf din făina de grâu	162
10.3.3. Probe de coacere	162
10.3.4. Influența acidului ascorbic în producția pastelor făinoase din făina de grâu	163
10.3.5. Influența adăugării făinii cu activitate de lipooxygenază asupra făinii de grâu	163
10.3.6. Influența cisteinei adăugate asupra făinii de grâu	163
10.3.7. Influența α -amilazei adăugate asupra făinii de grâu	163
10.3.8. Influența emulgatorilor și a grăsimilor asupra calității făinii de grâu	164
10.4. Legume și fructe	164
10.4.1. Legume	164
10.4.1.1. Compoziția legumelor	164
10.4.1.2. Substanțe aromatice	166
10.4.1.3. Conținutul de vitamine al legumelor	167
10.4.1.4. Pigmenți de origine vegetală	167
10.4.1.5. Durata de depozitare a legumelor	167
10.5. Fructe	168

11. Germenii ca alimente funcționale	171
11.1. Importanța germenilor vegetali în nutriție	171
11.2. Modificări biochimice pe durata germinării	171
11.3. Germeni fortificați cu seleniu	172
11.3.1. Utilizarea seleniului	173
11.3.2. Studii proprii în domeniul germenilor vegetali alimentari	173
12. Vinul roșu ca aliment funcțional	175
12.1. Compoziția chimică a boabelor de struguri, a mustului și a vinului	175
12.1.1. Biochimia maturării strugurelui	175
12.1.1.1. Creșterea, maturarea și supramaturarea strugurilor	175
12.1.1.2. Fotosinteza, transportul de compuși	175
12.1.1.3. Acumularea de zaharuri în boabe	176
12.1.1.4. Modificarea compoziției în acizi organici a boabelor	177
12.1.1.5. Modificarea conținutului de acid tartric	177
12.1.1.6. Modificarea conținutului de acid malic	177
12.1.1.7. Afluxul de minerale în boabe	177
12.1.1.8. Sinteza proteinelor	177
12.2. Determinarea maturității	178
12.2.1. Determinarea momentului recoltării	178
12.3. Structura și compoziția ciorchinilor	178
12.3.1. Compoziția cojii de struguri	178
12.3.2. Compoziția semințelor	179
12.3.3. Compoziția pulpei	179
12.4. Compoziția chimică a mustului	179
12.4.1. Componentii mustului	179
12.4.1.1. Zaharuri	180
12.4.1.2. Pectine și gume	180
12.4.1.3. Acizi organici	180
12.4.1.4. Substanțe cu conținut de azot	181
12.4.1.5. Rășini, uleiuri și grăsimi	182
12.4.1.6. Polifenoli și substanțe colorante	182
12.4.1.7. Pigmenți	184
12.4.1.8. Substanțe aromatizante	185
12.4.1.9. Vitamine și enzime în strugure, must și vin	186
Vitamine în strugure și vin	186
Enzime în struguri și vin	186
12.4.1.10. Minerale	187
12.4.1.11. Conținutul de extract	188
12.4.1.12. Potențialul redox, procese de oxidare și reducere	188
12.5. Biochimia fermentației	189
12.6. Compoziția chimică a vinului	191
12.6.1. Alcoolii	191

12.6.2. Zaharuri, acizi organici și volatili, compuși fenolici.	192
12.6.3. Posibilități de determinare instrumentală a culorii vinurilor roșii	194
12.6.4. Substanțe cu conținut de azot în vin	195
12.6.5. Pectine și polizaharide	196
12.6.6. Substanțe aromatizante ale vinurilor	196
12.6.7. Rolul polifenolilor în biosinteza aromelor	197
12.6.8. Componente care cauzează defecte tipice de aromă a vinurilor	198
12.6.9. Vitamine în vin	199
12.7. Chimia vinificării	200
12.7.1. Fenomene redox în vin	200
12.7.2. Formarea componentelor de arome pe durata depozitării și maturării vinurilor	200
12.8. Vinul roșu ca aliment funcțional	201
12.8.1. Rolul vinului în protecția sănătății omului	201
12.8.2. Efectele consumului moderat de vin roșu	201
Bibliografie	203
Abstract	207
Rezumat	209
Despre autori.	211

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, melynek során funkcionális élelmiszereket készítünk, a funkcionális élelmiszerekkel kapcsolatos élelmiszerbiztonságot 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 néhány évtized múlva beépülhetnek a hagyományos élelmiszer-előállítás folyamatába.

Tudomásunk szerint mind Magyarországon, mind Erdélyben csak kevesen tartanak kurzusokat egyetemi hallgatóknak e témakörből. A hallgatók részéről igényként fogalmazódott meg az ismeretanyagok összegzése és nyomtatott formában való megjelentetése. A *Funkcionális élelmiszerek* című könyvünk a Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetem Csíkszeredai Karának mesteri hallgatói számára készült. Reményeink szerint e könyvet a leendő élelmiszerterménkök mind a BSc-, mind az MSc-képzés során hasznosítani tudják, sőt talán a leendő új szakok hallgatóinak is segítségére lesz tanulmányaik során. A könyv megírásakor figyelemmel kellett lenni arra, hogy a tárgyat kevés órában oktatják a hallgatóknak, és a tudásanyagot össze kellett hangolni a szak keretében oktatott egyéb élelmiszer-tudománnyal kapcsolatos ismeretanyaggal is. Ezért egy olyan könyvet szerettünk volna írni, amely csak részben érinti a korábban tanultakat, új megközelítéssel tárgyalja az egészséges élelmiszereket, és amelyet a hallgatók több tárgy oktatása során is hasznosítani tudnak.

A könyv első fejezetében az alapfogalmakat tárgyaljuk, majd a következőben az élelmiszer-kiegészítéssel előállított funkcionális élelmiszerekkel ismerkedhetnek meg a hallgatók. 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 ismer-tetjük az emberi szervezet mikrobiótájának működését és a működés befolyáso-lásának lehetőségeit. A következőkben a hús táplálkozásban betöltött szerepével

és a szójával mint az egyik legfontosabb magas fehérjetartalmú növényi anyaggal 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.

Igyekeztünk a fejezeteket úgy összeállítani, hogy azok kapcsolódjanak az alapismereteket oktató tárgyakhoz, hogy a hallgatók korábbi ismereteiket össze tudják kapcsolni a funkcionális fogalmával. A könyv megírása során nehéz helyzetben voltunk, mert ugyan a funkcionális élelmiszerekkel kapcsolatos kutatásokról, főként külföldön, sok könyv megjelent, de olyannal nem találkoztunk, ami a graduális képzéshez szükséges módon rendszerezte volna az ismereteket. A szövegben maradt hibák, a hiányosságok kizárólag a szerzők „érdemei”. Kérjük az Olvasókat, szíveskedjenek ezekre a figyelmünket felhívni.

Végül hálás köszönetünket szeretnénk kifejezni lektorainknak, prof. dr. Szakál Pálnak és dr. Sipos Péternek, illetve a szerkesztőknek lelkiismeretes munkájukért.

Csíkszereda, 2016. május 10.

Dr. Albert Csilla
egyetemi adjunktus

Prof. Dr. Csapó János
az MTA doktora, egyetemi tanár

Csapóné Dr. Kiss Zsuzsanna
okleveles vegyész

1. fejezet

Alapfogalmak

1.1. Definíciók

Funkcionális étel az az étel, amely olyan alkotóelemeket tartalmaz megfelelő mennyiségben, amelyek pozitívan hatnak egy vagy több életfunkcióra, hozzájárulnak a mentális jólét állapotához, rendszeres fogyasztásával a táplálkozással kialakuló betegségek kockázata csökkenthető. A hagyományos élelmiszerek energia- és tápértéke mellett egészségvédő hatást fejtenek ki.

Más megfogalmazás szerint a funkcionális étel az olyan étel, 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 vannak.

A nutraceutikumok olyan élelmiszerek, melyek a gyógyszerek és az élelmiszerek határán vannak. Pontos elnevezésük gyógyszernek nem minősülő étrendkiegészítők, gyógyhatású készítmények. Ezek nem szokásos élelmiszerek, de kedvező hatású anyagok, vagy azt tartalmazzák nagyobb mennyiségben. Ilyenek a különböző kivonatok (az amerikaiak szerint az összes vitamin), a most divatos természetes antioxidánsok, a gyümölcsökből nyert sűrített gyümölcslevek, a rákok kemény külsejéből kivont kitozán és a kapszulázott halolaj. Ezek engedélyeztetése sokkal könnyebb és szívesen gyártják a gyógyszergyárak is, mert a technológiába könnyen illeszthetők. Hatásukat most már bizonyítani kell, csak hatásosság esetén lehet feltüntetni a termék címkéjén, hogy funkcionális.

A probiotikum olyan anyag, amely ha a tápcsatornába jut, 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 ételszeret, melyek elszaporodva az ember emésztőrendszerében, visszaszorítják a káros mikroorganizmusok életműködését.

1.2. 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? Két lehetőség adódik: olyan anyagokat adjunk az élelmiszerhez, amiktől az funkcionális élelmiszerré válik, vagy eleve olyan nyersanyagokat használjunk fel, amiben kedvező arányban van valamely összetevő (egészségvédő komponens) jelen. A fő kérdések a következők: **Milyen hatást lehet elérni ezen komponens adagolásával? Mi lesz a termék, mit gyártunk? Mi az a komponens, melynek nagyobb mennyisége funkcionálissá tehet egy élelmiszert?** Néhány kiragadott példa az utolsó kérdésre:

A diétás rost az egyik legnehezebben definiálható komponens. A nagy mennyiségű cellulóz mellett egyéb poliszacharidokat, hemicellulózt, pentozánt, lignint (az elfásodott részekben) és pl. β -glükánokat tartalmaz különböző arányban. A gabonafélék, a zöldség, a gyümölcs, a cukorrépaszelet, a napraforgómag héja, a mikroorganizmusok sejtfa (élesztő), a rákok kemény héja (kitozán), a rezisztens vagy nem emészthető keményítő tartoznak ebbe a csoportba. (A sütőipari termékekben lévő keményítő egy részét a tápcsatornában lévő enzimek nem tudják lebontani.)

A természetes antioxidánsok a szervezet redoxi-egyensúlyának kialakításához szükségesek. Hiányukban, ha túl sok oxidatív anyag kerül a szervezetbe, az egyensúly felbomlik, melynek helyreállítása antioxidánsokkal lehetséges. Antioxidánsok a likopin (paradicsom), az aszkorbinsav, a tokoferolok, a karotinoidok, a flavonoidok, a kapszorubin (paprika), a zeaxantin (kukorica), melyek zöldségfélékben, gyümölcsökben, gabonamagvakban és pl. a kakaóbabban fordulnak elő. **Talán a daganatos megbetegedések ellen is hatásosak**, mert a szervezetben végbemenő reakciók 80–90%-a redox-reakció, és a daganatos sejtek érzékenyebbek a szabad gyökök támadásával szemben.

A mikroelemek az enzimek alkotórészeiként esszenciálisak. Egyre több mikroelemmel dúsítjuk ételeinket, azonban vigyázni kell a túladagolásra (szelén és krómózott kenyér, jódozott, fluorozott só, kalciumos sajt). Fogyasztjuk tablettá formájában is, ezért felhalmozódhatnak. A **többszörösen telítetlen zsírsavak** szempontjából a szervezet számára az a megfelelő, ha a telített és telítetlen zsírsavak aránya optimális. A többszörösen telítetlen zsírsavak hőre érzékenyebbek, ezért a hőkezelés során káros bomlástermékek keletkezhetnek belőlük. Sütésre inkább telített zsírsavakban gazdag zsiradékokat használunk. A **transzzsírsavaknál** a kettős kötések egy része transz helyzetű, a természetben viszont a cisz izomer az általános. A margarin készítésénél az olajokat hidrogénezik, melynek során emelkedik az olvadáspont, a margarin ezért magasabb hőmérsékleten is szilárd. A hidrogénezés során „transzzsírsavak” is keletkezhetnek, amelyek károsak az emberi szervezetre. Sok országban deklarálni kell, hogy az adott élelmiszer mennyi transzzsírsavat tartalmaz. Káros hatásuk magyarázata az, hogy a transzzsírsavaknál az

enzimek elakadnak, nem ismerik fel szubsztrátként őket, felszaporodhatnak az emberi szervezetben, nincs rájuk szükség és problémát okoznak.

Speciális fehérjék is lehetnek funkcionális élelmiszerek komponensei. A sütőipari termékek tejjel, tejsavóval, kazeinnel dúsíthatók, de alkalmaznak peptidokkal való dúsítást is, melyek a tejfehérje lebontásából származnak. **Az antifríz vagy fagyásgátló fehérjékkel** a fagylaltkészítés során kisebb zsírtartalom mellett is meg lehet akadályozni, hogy kristályosodás következzen be. A természetben a sarkvidéki halakban és a fagyűrő növényekben találhatók. Nagyon sok egészségvédő komponens ismert, melyeket kolosztrumból vagy tejből állítanak elő, és amelyeket bizonyos betegségek megelőzésére vagy gyógyítására használnak.

Az oligoszacharidok prebiotikumként szerepelhetnek, pl. a tejben a laktóz mint fő oligoszacharid, de mellette kisebb mennyiségben van több hasonló tulajdonságú vegyület is (glükooligoszacharidok, galaktooligoszacharidok). Ezek az ember számára emészthetetlenek, de kedvezően befolyásolják a bélben élő mikroorganizmusok fejlődését. Gyümölcs- és zöldségszárítmányokba szokták tenni pl. a trehalózt és a tagatózt, mert így a termék a szárítás során kevésbé barnul, kevésbé édes és kevésbé emésztődik.

Egyes **vitaminokkal** kapcsolatban a túladagolás lehet veszélyes. A vízzoldható vitaminok is túladagolhatók, és ha a szervezet túl nagy mennyiségben kapja a vitaminokat, rosszabbul gazdálkodik vele, kevésbé hasznosítja (C-vitamin → oxálsav → kristályképződés → vesekő). A **fitokemikáliák** növényekben előforduló kémiai vegyületek, melyek közül többet a gyógyszeripar kezdett hasznosítani. Terjed a zöldség- és gyümölcskoncentrátumok, -kivonatok (préselt, extrudált, besűrített, tablettázott) alkalmazása, melyek természetes antioxidánsokat, mikroelemeket tartalmaznak. A **természetes édesítőszer**eket az energiában gazdag cukrok pótlására használják. A cukornál több ezerszeres édesítő hatásuk lehet. Ilyen pl. a taumatín, egy természetes fehérje, melynek mellékhatásai nincsenek, egyetlen hátránya az igen magas ár.

1.3. A funkcionális élelmiszerek fiziológiás hatása

Milyen fiziológiai hatást várunk el, milyen betegségek megelőzésére ajánlott fogyasztani a funkcionális élelmiszereket? A hatások lehetnek oxidatív károsodások gátlása, antimitogén hatás (egyes vegyületek mutációt okozó hatásának gátlása), mikrobás fertőzés gátlása, diétásrost-hatás, immunomodulátor (védekező rendszer működését erősítő) hatás, neuroregulatív (idegrendszer-stimuláló) hatás, ösztrogénhatás, antihipertenzív (vérnyomáscsökkentő) hatás, koleszterincsökkentő hatás és allergénmentesítő hatás.

A daganatos megbetegedések megelőzésével kapcsolatban sokat beszélnek a funkcionális élelmiszerek jótékony hatásáról. Az erre a célra szolgáló funkcionális élelmiszereket négy kategóriába kell sorolni: olyanok, amelyek valószínű-

leg hatásosak, lehetséges, hogy hatásosak, kismértékű vagy elégtelen hatásúak és hatástalanok. A következő vegyületeknek **lehet szerepük a daganatos megbetegedések megelőzésében**: karotinoidok, C-vitamin, folsav, ftalátok, B₁₂-vitamin, E-vitamin, A-vitamin, gyógynövénykivonatok, természetes antioxidánsok: az előzőekben felsoroltakon kívül a brokkoliban lévő szulforafán, a szójában lévő izoflavon és a konjugált linolsav (CLA, KLS).

A **szív- és keringési betegségek megelőzésére szívbarát élelmiszereket** fejlesztettek ki, melyek pl. koleszterincsökkentő hatással rendelkeznek. Ilyenek a diétás rostok, a nem koleszterinjellegű növényi szterinek, az omega-3, omega-6 zsírsavak, a β -glükánok, amelyek főleg zabban és árpában fordulnak elő, ezekből dúsított készítményeket is elő szoktak állítani, amit aztán más élelmiszerekhez adnak.

Az **elhízás megelőzésére** is kifejlesztettek funkcionális élelmiszereket, amilyenek pl. a csökkentett cukor- és zsírtartalmú készítmények, mert a fizikai igénybevétellel arányos energiabevitelt célszerű alkalmazni az elhízás megelőzésére. **Sószegény élelmiszereket** is kifejlesztettek, mert a sófogyasztás a hazai viszonylatban magasabb az átlagosnál, de figyelembe kell venni azt is, hogy a kevés só alkalmazásának technológiai vonzata is van (sütőipar).

1.4. Hogyan gyártsunk funkcionális élelmiszereket?

Mit gyártsunk, hogyan gyártsunk, hogy az funkcionális élelmiszerré váljon?

Az alábbi lehetőségek állnak rendelkezésünkre: 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, pl. rezisztens keményítő hozzáadásával, a káros komponenseket, pl. az allergénfehérje, el kell távolítani, vagy a káros komponenseket helyettesíteni kell valami mással.

A **növényi eredetű funkcionális élelmiszerek** legtöbbször gabonából készülnek, a malomipari vagy sütőipari alapanyagot dúsítják valamilyen komponenssel, és szükség szerint lehet belőlük nutraceutikumtermékeket is előállítani. A **diétásrost-tartalom növelése** során teljes kiőrlésű liszteket használnak, hidrotermikusan kezelt termékeket alkalmaznak, és más gabonafélét is adnak a felhasználandó alapanyaghoz, sőt más növényekből származó rostot (pl. cukorrépaszelet) adagolnak az élelmiszerhez. Az ilyen sütőipari termékek mindig kisebb térfogatúak a normál termékeknel, és a bélszerkezetük is rosszabb. Ezt ellensúlyozandó felületaktív emulgeátorokat használnak, melyek a szervezetben felhalmozódva allergiás reakciókat válthatnak ki. A felhalmozódás oka, hogy túl sok termékben megtalálhatók, és gyakran fogyasztunk sütőipari termékeket. Pentozánok, xilánázok alkalmazása a diétás rostokat fellazítja, melynek következtében a térfogat nő. Pékáruk színezésére sokszor használnak karamellkivonatot (esetleg melaszt).

A **vitaminok, mikroelemek adagolása** is eléggé elterjedt a funkcionális élelmiszerek előállítása során. Folsavval dúsított lisztből készült kenyeret kis-mamáknak, kalciumban dúsított Kalci sajtot gyermekeknek és időseknek, illetve szelénese tejet és tejtermékeket, valamint tojást is előállítottak már. A gabonafelhérjek közül a glutén az, amely sok embernél válthat ki allergiás reakciót, ami súlyos megbetegedést is eredményezhet. A fentiek vezettek a **gluténmentes termékek előállításához**, melynek során az allergiát okozó, a búzalisztben, a rozsbán és a zabban lévő gliadin kiváltása kukoricaliszttel vagy rizsliszttel lehetséges. A különleges táplálkozási igényeket kielégítő termékek országos terítése nehézkes, ezért előtérbe kerül a diéta típusának megfelelő kész lisztkeverék terjesztése, melyből otthon mindenki a saját szokásainak, betegségének megfelelő friss terméket tud gyártani, az ajánlott technológiával. Az allergén hatás csökkenthető fehérjekezelő eljárással, melynek során valamilyen peptidkezelő eljárással a fehérjéhez hozzáadnak pár aminosavat.

A **fehérjével történő dúsítás is elterjedt** a funkcionális élelmiszerek előállítása során, amikor leginkább **tejet és a belőle készült termékeket és magas fehérjetartalmánál fogva szóját használnak**. A tejpor dúsításra való alkalmazását az amerikaiak kezdték el, majd ezt kiszorította az olcsóbban előállítható szója. A tejnél hátrányt jelent a tejcukortartalom is, mely korlátozza a tejporral kiegészített élelmiszer-alapanyag felhasználhatóságát, ma pedig egyre elterjedtebb az olajos magvak használata. A tésztafélék dúsításánál emulgeátorokat és adalékanyagokat is használnak, és a transzglutamináz enzimet is alkalmazzák a megfelelő szerkezet kialakítása miatt.

Manapság egyre terjed a **gyümölcslelésűrítmények, -kivonatok, -koncentrátumok és gyógynövénykivonatok alkalmazása** funkcionális élelmiszerként. Ezek természetes antioxidánsokat, mikroelemeket, színanyagokat tartalmaznak, és a választék bővítést is szolgálják (pl. az erdei gyümölcsök és a bodza). Terjednek a **funkcionális italok** is, melyek előállítása során a szokásos gyümölcshitalokat multivitaminnal, Ca-mal, Mg-mal és karotinoidokkal dúsítják.

1.5. Fogyasztói elvárások a funkcionális élelmiszerekkel kapcsolatban

Milyen **fogyasztói elvárások** vannak, milyen az **érzékenység a funkcionális élelmiszerekkel kapcsolatban**? Legfontosabb az élelmiszer-minőség. Legyen finom, ízletes, praktikus, változatos, „olyan, mint a többi”, **de legyen pozitív hatással az egészségre!** Legyen választék, a vásárló tudja leküzdeni az újtól való félelmet. A fogyasztói érzékenység, befogadás legyen pozitív, mely magában foglalja a hajlamot a befogadásra, a fogyasztó vegye komolyan a betegségét, annak megítélését, a fogyasztó ismerje a várható előnyöket, korlátokat, lássák el a fogyasztót tanácsokkal, információkkal.

A funkcionális élelmiszer megvásárlásánál fontos a kockázati tényezők ismerete, a bizalom szerepe. Lényeges, hogy az élelmiszer legyen biztonságos, a vásárló tudja, hogy milyen betegség előzhető meg, esetleg gyógyítható vele, de a kapcsolódó betegségek ne legyenek túlhangsúlyozva piaci érdekből, épüljön ki a bizalom a vásárlóban a speciális élelmiszerekkel kapcsolatban, higgye el, hogy szüksége van rá, biztosan jó neki. A **fogyasztói elvárások és érzékenység** miatt ki kell alakulnia az élelmiszer-preferenciának, -elfogadásnak, melyeket a társadalmi, demográfiai és kulturális tényezők, a globalizáció egyaránt befolyásolnak.

1.6. Élelmiszer-biztonság és a funkcionális élelmiszerek

Élelmiszer-biztonság szempontjából a funkcionális élelmiszerekre ugyanazok a törvények, szabályok vonatkoznak, mint a többi élelmiszerre. Az élelmiszer-minőség megítélése a törvény szerint (1995. évi XC. törvény 2.§ 21. pont.) az alábbi: „**Az élelmiszer-minőség az élelmiszer azon tulajdonságainak összessége, amelyek alkalmassá teszik a rá vonatkozó előírásokban rögzített és a fogyasztók által elvárt igények kielégítésére**”.

Az élelmiszer-biztonság, élelmiszer-minőség megítélése szempontjából **fontos tulajdonságok** a funkcionalitás, a táplálkozási érték, az érzékszervi tulajdonság, az élelmiszer-egészségügyi minőség, a környezeti minőség és az „immateriális” minőség. Az **élelmiszer-biztonság** értelmezése: az élelmiszerlánc szinte minden szereplője arra törekszik, hogy biztonságos élelmiszert állítson elő. **Biztonságos az az élelmiszer, amelynek fogyasztása nem jelent egészségügyi kockázatot.** Teljesen **kockázatmentes élelmiszer-fogyasztás nem létezik**, így ki vagyunk téve az egészségkárosodás valamilyen szintű valószínűségének, mert gyakran (folyamatosan) fogyasztjuk ugyanazt az élelmiszert, mert a betegség kialakulása az általános egészségügyi állapottól függ, mert számos természetes vagy mesterséges élelmiszer-komponens hatása nem tisztázott.

Milyen jellemző veszélyekről beszélhetünk a funkcionális élelmiszerek-nél? Az általános élelmiszer-biztonsági kérdések nehezebben kezelhetők a keleti „csodaszerek” alapanyagainak termelési, szállítási és tárolási körülményei (vegyszer, tartósítás, „egzotikus” mikrobiális problémák, vírusok) kapcsán. Viszonylag új élelmiszercsoportról van szó, ezért első alkalommal nem tudni, 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.** Történt-e az előállítás során denaturáció, hozzáférhetőség-csökkenés, esetleg hatóanyag-csökkenés. Az emésztés és felszívódás során nincsenek-e hiányosságra utaló tünetek, az új élelmiszer hogyan befolyásolja más anyagok hasznosulását.

A funkcionális élelmiszerek szempontjából nagyon fontosak a **gazdaságossági kérdések**, melynek során elsősorban azt kell tárgyalni, hogy mi szükséges a

piac növekedéséhez. Szempont lehet az ár-érték arány, hogy elegendő információ áll-e a fogyasztó rendelkezésére, fontos a fogyasztói döntés-előkészítés, hogy miért veszi meg a vásárló a terméket, lényegesek az additív költségek (drágább termék, több hirdetés, meggyőzés, informálás), a piaci verseny, mely a gyártó kockázata, és végül a méltányossági szempontok, ugyanis ha nagyon drága az egészségesebb élelmiszer, a szegényebbek nem vásárolják meg.

1.7. Funkcionális élelmiszerek és a törvényi szabályozás

Milyen a törvényi szabályozás Európában? A szabályozás eléggé heterogén, az országok egyelőre saját direktívákat alkalmaznak. A funkcionális élelmiszerekkel kapcsolatos egységesítés jelenleg van folyamatban; és még arra sincs egységes definíció, hogy mit nevezünk élelmiszernek. A tiszta, izolált készítményekre és kiegészítőkre létezik szabályozás, de pl. a nutraceutical elnevezés nem népszerű és nem eléggé ismert.

Az egészségügyi hatással rendelkező élelmiszerekre az EU-direktívák a következő kategóriákat határozzák meg: Csecsemőtápszerek, formulák, kiegészítő tápszerek, bébitápszerek, alacsony és csökkentett energiatartalmú élelmiszerek testsúlyszabályozás céljából, tápszerek speciális orvosi kezelés céljából, csökkentett Na-tartalmú és Na-mentes termékek, sikérmentes termékek, sporttápszerek, testépítő szerek, élelmiszerek cukorbetegség számára.

Összegzésül elmondható, hogy a funkcionális élelmiszerek megítélésénél sok szempontot figyelembe kell venni. Nem (csak) hinni kell benne, hanem bizonyítani kell(ene) a hatásosságát, ugyanis a betegségmegelőzésből jelentős társadalmi és gazdasági előny származik, fogyasztásánál azonban nem (csak) a piaci előnyök a meghatározóak. Az egységes törvényi szabályozás elősegítheti a funkcionális élelmiszerek elterjesztését, jótékony hatásuk kiaknázását.

2. fejezet

Funkcionális élelmiszerek előállítása élelmiszer-kiegészítéssel

Az élelmiszerek kiegészítése különféle mikrotápanyagokkal több évszázados múltra tekinthet vissza. A középkorban, Európában **vasszőget szúrtak az almába**, majd bizonyos idő után azt etették vashiányos gyermekekkel, Dél-Amerikában pedig a golyva megelőzésére speciális sót alkalmaztak, melyről később kiderült, hogy magas a jódtartalma. Mexikóban a tortillakészítés során a **kukoricát meszes vízben áztatták**, ill. mészőrleményt adtak a liszthez, ezzel megnövelve annak kalciumtartalmát. Svájcban az 1900-as évek elején kezdték alkalmazni a **konyhasó jóddal való kiegészítését** a golyva megelőzésére, mely módszer azóta az egész világon elterjedt. Az A-vitamin felfedezését követően szinte azonnal elkezdték a margarin kiegészítését ezzel a vitaminnal, és Dániában a nagymértékű vajimport miatt mutatkozó A-vitamin-hiányt is a **margarin A-vitaminnal való kiegészítésével** tudták visszaszorítani, melynek során halolajat kevertek a margarinhoz. Jelenleg szinte az egész világon legalisan adnak A- és D-vitamint a margarinhoz. Nagy-Britanniában az 1940-es évektől **tiaminnal, niacinnal és vassal egészítették ki a búzalisztet**, és kalciummal kiegészített lisztet is forgalomba hoztak, mely gyakorlatot mind a mai napig fenntartják.

2.1. Alapfogalmak

Az élelmiszerek tápanyagokkal történő kiegészítésével kapcsolatban több fogalom is él 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. Ezt olyan esetekben alkalmazták, amikor valamely mikrotápanyag hiányának hatása már mutatkozott a népességben. Jó példa erre a margarin megerősítése A-, majd a későbbiek során D-vitaminnal. **A helyreállítás (restoration)** az a folyamat, melynek során pótolják azokat a tápanyagokat, amelyek elvesztek, átalakultak pl. a technológiai folyamatok során. Ilyen a liszt kiegészítése vassal és B₁-vitaminnal, vagy a burgonyából készült termékek kiegészítése C-vitaminnal. A két folyamat azonban szigorúan nem választható szét egymástól, hiszen **a liszt esetében az őrlés során fellépő veszteség pótlására tiamint, niacint és vasat adnak** hozzá, holott a pantoténsav, a folsav, a piridoxin és a tokoferol mennyisége is csökken az őrlés folya-

mán. A **gyümölcsle-előállítás során csökken a C-vitamin-tartalom, amit pótolni kell**, de általában e vitamin mellett még folsavat és tiamint is adnak a gyümölcslehez. Ha a lisztbe kalciumot és riboflavint is adnak, akkor az nem helyreállítás, hanem megerősítés, mivel ezen két tápanyagból a liszt keveset tartalmaz.

A **gazdagítás (enrichment)** során az élelmiszert olyan anyaggal egészítjük ki, ami valamilyen komponensből többet tartalmaz, mint az alapélelmiszer. A gyakorlatban a megerősítés és a helyreállítás szinonimájaként is használják. A standardizálást (standardization) akkor alkalmazzák, ha természeti okokból, az időjárás vagy az évszak miatt 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. Jó példa erre a zsírhelyettesítők kiegészítése A- és D-vitaminnal. A **dúsítás (supplementation)** során valamilyen mikrokomponenst adnak, egyedül vagy kombinációban az élelmiszerhez, annak tápértéke megnövelésére.

2.2. Az élelmiszerek funkcionális komponensei mennyiségének növelése

Az élelmiszerek megerősítése, helyreállítása vagy gazdagítása világszerte része az egészséges élelmiszerek előállításának, ill. bizonyos betegségek megelőzésének. Az előzőekben említett kiegészítéseken túl (jódozott só, 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 lisztbe **a beriberi és a pellagra megelőzésére**, és a vérszegénység megelőzésére **vasat adtak a lisztbe**. A megerősítés előnye abban mutatkozik, hogy az élelmiszer-előállítás folyamatába könnyen beilleszthető, és alig befolyásolja a megszokott élelmiszer tulajdonságait, gyakorlatilag a fogyasztó nem tud különbséget tenni a kétféle élelmiszer között. A legtöbb esetben a kiegészítés (megerősítés) **nem befolyásolja az élelmiszer organoleptikus tulajdonságait**, mivel csak nagyon kis mennyiségű tápanyag hozzáadásáról van szó.

A fejlődő országokban a **legfontosabb népelelmezési cikkeket egészítik ki főként vitaminokkal és ásványi anyagokkal**. Sok esetben alkalmaznak kiegészítést az olyan legfontosabb élelmiszerek esetében, mint a rizs-, a búza- vagy a kukoricaliszt, de sikerrel alkalmazták a vashiány enyhítésére a halból vagy a szójából készült szószokat is. Az élelmiszerek kiegészítése mikrotápanyagokkal nagyon hatékony eszköz olyan betegségek és egészségügyi problémák legyőzésére, mint pl. a **jódhiány**, mely a népesség 10–15%-át érintheti, a **vashiány**, mely a fejlődő világ fél és kétéves kor közötti népességét érintheti akár 40–60%-os arányban. A vashiány okozta vérszegénységben több tízezer fiatal nő hal meg évente. Az **A-vitamin-hiány** okozta immunrendszeri rendellenesség több millió

fiatal gyermek halálát okozza évente, és a folsavhiány az oka több százezer születési rendellenességnek a fejlődő világban.

Tényleg ilyen jelentős probléma a jód-, a vas- és az A-vitamin-hiány a világon? A válasz egyértelműen igen, ezért az ENSZ illetékes bizottsága már korábban célként tűzte ki a jódhiány teljes kiküszöbölését 2005-re, az A-vitaminhiányt 2010-re, és ugyanerre az időpontra 30%-kal tervezte csökkenteni a vashiányos anémiát. Sajnos a célokat nem sikerült megvalósítani, ezért a bizottság világméretű összefogást javasol e téren. A fejlődő 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 gerincűvel 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. Több kísérlet egyértelműen bizonyította a folsavval való kiegészítés jótékony hatását az egészségre, ezért Európa több országában is éltek a folsavkiegészítéssel, ami viszont idősebb embereknél B₁₂-vitamin-hiányhoz vezetett. A felsorolt példák azt mutatják, hogy ha valamelyik mikrotápanyaggal ki akarjuk egészíteni élelmiszereinket, kellő körültekintéssel kell eljárni, mert a kiegészítésnek a hasznos hatáson kívül esetleg káros következményei is lehetnek.

2.3. Az élelmiszer-komponensek helyettesítése

Nagy problémát jelentett **a zsíros tejek és tejtermékek helyettesítése** más élelmiszer-alapanyagokkal, mert a zsíros tej jelentős mennyiségű zsírdékony vitamint tartalmazott, ami gyakorlatilag elveszett a sovány tejjel vagy más hasonló termékkel történő helyettesítés során. Hasonló probléma adódott akkor, mikor a hatvanas–hetvenes években **a húst próbálták meg helyettesíteni szójával**, melynek során vitamin-, ásványianyag- és esszenciális aminosav-kiegészítést kellett alkalmazni, hogy az ételek megfeleljenek a kívánalmaknak. Ugyancsak felvetette a mikrotápanyagokkal való kiegészítés szükségességét **a zsírhelyettesítő margarinok elterjedése**, melyeket szükséges volt A- és D-vitaminnal, valamint karotinnal kiegészíteni. A funkcionális élelmiszerek rendkívül gyorsan növekvő piaca is megkövetelte az élelmiszerek kiegészítését olyan tápanyagokkal, melyek rendszeres fogyasztásától egészségvédő és betegségmegelőző hatást reméltek. Az élelmiszerek mikrotápanyagokkal való kiegészítésével azonban óvatosan kell bánni, mert megváltozhatnak a kedvező tulajdonságok, nem várt íz és zamat alakulhat ki, és pl. a mikroelemekkel történő kiegészítés tönkretelheti az élelmiszer eredeti vitamintartalmát.

2.4. Dúsítás (supplementation)

A kiegészítéstől eltérően a dúsítás egy speciális terméket jelent, amely **egy vagy több élelmiszer-komponensből** vagy fiziológiai megfontolásból, vagy egészségügyi okokból **jelentős mennyiséget tartalmaz**. Az élelmiszer-kiegészítéssel ellentétben a dúsítás a populáció kicsiny célcsoportjának a gyors, jó irányba történő megváltoztatását jelenti. A célcsoportot alkothatják a csecsemők, a kisgyermekek, bizonyos betegségben szenvedők vagy az idősek emberek. A dúsítás sokkal olcsóbb is lehet, mint a kiegészítés, mert a tápanyagokat nem kell az egész populáció által fogyasztott élelmiszerhez hozzákeverni, hanem elég azt a célcsoportnak pl. kapszulában bevenni. A legismertebb ilyen dúsítmányok voltak a multivitaminok, mely az összes szükséges vitamint tartalmazták az ember számára, vagy 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. Az első esetben azt gondolják, hogy valamilyen táplálkozási szempontból fontos anyag, pl. antioxidáns nincs megfelelő mennyiségben a táplálékban, ezért kell ezeket tömény formában beszedni. A második esetben **kifejezett gyógyhatást várnak el a készítménytől**. A kiegészítők a múlt század nyolcvanas éveig jobbra ásványianyag- és vitaminkiegészítők voltak, melyeket különböző gyógynövénykivonatokkal juttattak a szervezetbe. Ezt követően kezdtek különbséget tenni a kifejezetten gyógyhatású növényi kivonatok és az egyéb gyógynövények között.

A kiegészítők külön csoportját képezték azok a szerek, melyek az idősebbeket célozták meg, és amelyek segítségével hatékonyan lehetett küzdeni pl. a csontritkulás ellen. Ezek a készítmények főleg kalciumot és D-vitamint tartalmaztak különböző koncentrációban.

2.5. Az élelmiszerek vitaminnal és ásványi anyaggal történő kiegészítése

A tápanyagokban lévő mikrokomponensek hiánya különösen érinti a csecsemőket, a gyermekeket és a várandós nőket, ezért az élelmiszerek kiegészítése ezen komponensekkel világszerte ismert. Ezek hiányában csökken a munkaképesség, romlik a tanulási készség, ezért a vitamin- és ásványianyag-kiegészítéstől rendkívüli előnyök várhatók társadalmi szinten. Az élelmiszerek kiegészítése a mikrokomponensekkel gazdaságilag is hatékony stratégia, ezért **főleg a széles körben fogyasztott élelmiszereket és azok alapanyagait**, mint amilyenek a gabonalisztek, a só, a cukor vagy a szójaszós, **egészítik ki mikrokomponensekkel**. Az élelmiszerek ilyen fajtájú kiegészítése mind a fejlődő, mind a fejlett országokban mindennapos. Leginkább a gabonafélékből készült élelmiszereket, a csecsemőtápszereket és a gyermekek által fogyasztott csokoládés italokat egészítik ki. Iparilag fej-

lett országokban mikrokomponensekkel kiegészített élelmiszereket, funkcionális élelmiszereket hoznak létre, melyeknek egészségmegőrző, betegségmegelőző és számos betegséget gyógyító hatásuk is lehet. Sok ilyen termék van forgalomban terhes és szoptató anyák, illetve kórházakban kezelt páciensek számára.

Néhány mikrokomponenssel történő kiegészítés könnyen megoldható (pl. jód), másoké (pl. vas) nehezebben kivitelezhető. Az ásványi anyagok megváltoztathatják az élelmiszer színét, ízét, aromáját, állagát, ezért a kiegészítést alapos előtanulmánynak kell megelőznie, mely minden hatást próbál feltérképezni.

2.5.1. A kiegészítés szükségessége

Az ásványianyag- és vitaminhiány nemcsak a fejlődő, hanem a fejlett ipari országokban is előfordul. **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. Az orvoslás kétféle módon lehetséges: folyamatosan szedni olyan kiegészítőket, mely a hiányzó komponenseket tartalmazza, vagy **az alapélelmiszereket kell kiegészíteni a hiányzó komponensekkel**. Egy harmadik lehetőség a megfelelően vegyes táplálkozás, melynek során nagy valószínűséggel minden mikrotápanyaghoz hozzájut a szervezet.

Az élelmiszerek mikrotápanyagokkal történő kiegészítése tűnik hosszú távon a leghatékonyabb megoldásnak, mert ez az egész populációra kiterjed. Ma-napság **kétmilliárd ember szenved vashiányban, 1,9 milliárd jódhiányban, és A-vitamin hiányában 250 millió iskolás korú gyermeket veszélyeztet a vakság**, ezért az élelmiszerek kiegészítésére nemzeti és nemzetközi stratégiákat dolgoztak ki világszerte. A fő veszélyforrás a mikrokomponensek alacsony koncentrációja az élelmiszerekben, de veszélyt jelent a csökkent felszívódás és hasznosulás, a gyermekkor, a terhesség és a szoptatás, valamint az öregkor is, amikor romlik a tápanyagok hasznosulása. **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 ilyen élelmiszerekben sok a fitinsav, mely rontja az ásványi anyagok felszívódását, és kevés bennük a vitamin, különösen az A-vitamin és provitaminja, a karotin. Az élelmiszerek alacsony szelén- és jódhiánya ezen elemek talajban lévő alacsony koncentrációjával magyarázható, mely mind a növényi, mind az állati eredetű élelmiszerekben megmutatkozik.

Amennyiben az élelmiszerekben még megfelelő is lenne a mikrokomponensek mennyisége, az még nem jelentené a szervezet optimális ellátását, mert a komponensek hasznosulását, felszívódását sok tényező befolyásolhatja. Ilyen tényezők a hiányos fehérje- és energiaellátás, a fertőző betegségek, és más mikro-

komponensek hiánya is befolyásolhatja a hasznosulást. Több mikrokomponens együttes hiánya is előfordulhat, amelyek egymás hatását erősíthetik.

2.5.2. A vashiány és következményei

A **vashiány** (angol rövidítése ID, iron deficiency) a világon mindenhol, fejlődő és fejlett országokban egyaránt előfordul. Tanulmányok szerint a világ lakosságának majd 30%-a anémiás, és ezek közül **egymilliárd szenved vashiányos anémiában** (IDA), további egymilliárd pedig vashiányban, anémia nélkül. A vashiányt a hosszú távú negatív vasmérleg, a növényi eredetű táplálék alacsony felvehető vastartalma és a kevés húsfogyasztás, a könnyen felvehető hem vas hiánya okozza.

A szervezetünkben a vas teljes mennyisége fehérjéhez kötött, és az összes vas mennyiségének a 95%-a hemoglobinban és a mioglobinban található, melyek feladata az oxigénszállítás az élő szervezetben. Vasat tartalmaznak még a citokrómok, melyek a terminális oxidációban játszanak vezető szerepet, és a NADH dehidrogenáz, amelynek ugyancsak központi szerepe van az energiametabolizmusban. Néhány vastartalmú enzim az immunvédekezés eszköze, a maradék vas pedig, ferritin formában, a májban és a csontszövetben található. A **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 sok bennük a vas és a hasznosulás is nagyon jó, de pontosan ezekből az élelmiszerekből mutatkozik hiány a fejlődő országokban. A vasforrások közül a nem hem vas főként a növényi eredetű élelmiszerekben, **a hem vas pedig főként a húspanban fordul elő**. Iparilag fejlett országokban a hasznosuló vas 30–40%-a hem eredetű, az összes elfogyasztott vas mennyiségének azonban ez csak a 10–15%-át teszi ki. 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**. A gabonafélék és a hüvelyesek fitinsavtartalma, a különféle italok, a tea és a kávé polifenoltartalma jelentős mértékben csökkentik a nem hem vas felszívódását. Amikor ezeket az élelmiszereket vassal egészítjük ki vagy ilyen élelmiszereket nagyobb vastartalmú élelmiszerekkel együtt fogyasztunk, célszerű a vas felszívódását elősegítő komponenseket, aszkorbinsavat, etilén-diamin-tetraecetsavat is adagolni az élelmiszerhez.

Annak ellenére, hogy a vaspótlás, vaskiegészítés az egyik legnehezebben megvalósítható technológiai folyamat, az utóbbi években vassal kiegészített lisztet, rizst, hal- és szójaszószot, kukoricát, és megnövelt vastartalmú tejet és tejterméket hoztak forgalomba.

2.5.3. A jóddhiány és következményei

Az egész világon előfordul a jóddhiány, mely elsősorban a terhes nőket és a fiatal-korúakat veszélyezteti. A WHO adatai szerint az iskoláskorú gyermekek 36,5%-a jóddal hiányosan ellátott, és a megdöbbentő az, hogy Európában a gyermekek majd 60%-a jóddhiányban szenvedett egészen addig, amíg a jódosított kenyhasó 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. Felnőttkorban a nem megfelelő jódbevitel a pajzsmirigyhormonok csökkent szintéziséhez és a golyva nevű betegség kialakulásához vezet. A hiányos jódbevitel funkcionális abnormalitásokat eredményez, melyet összefoglalóan jóddhiányos rendellenességnek hívnak. A legkomolyabb rendellenesség a kretenizmus, melyet a jóddhiány okoz a méhen belüli fejlődés alatt. A jóddhiány neurológiai problémákat okoz a magzatban, melynek következtében kialakul a törpeség, mely együtt járhat a süketességgel. Enyhébb esetben mentális problémák, elégtelen iskolai teljesítmény, csökkent intelligencia alakulhat ki mind a gyermekeknél, mind a felnőtteknél. A fő ok minden esetben a csökkent jódbevitel, mely a talaj és az élelmiszerek jóddhiánya következtében alakul ki főként olyan folyóvölgyekben, ahol a csapadék kimosta a jóddvegyületeket a talajból. Az alacsony jódbevitel miatti betegséget súlyosbítja a szelén és a vas hiánya, mert mindkét mikroelem szükséges a pajzsmirigyhormonok szintéziséhez.

A jóddhiány megszüntetésére **legjobb megoldás a jódosított kenyhasó használata**, melynek alkalmazására először Svájcban került sor, és ma már a WHO javasolja a világon mindenhol a kenyhasó jóddal történő kiegészítését, illetve a haszonállatok számára is javasolja a jódosított só használatát. Az intézkedésekkel elérték, hogy jóddhiány ma már a világon szinte sehol sem fordul elő. A jódosított kenyhasó használatát követően javult az iskolás gyermekek felfogóképessége és teljesítménye, különösen akkor, ha az anya jóddellátása a terhesség alatt megfelelő volt. A jódosított kenyhasó mellett a jódosított víz, a különféle jódosított szósok és a jódosított búzaliszt is jó jóddforrások lehetnek az ember számára.

2.5.4. Az A-vitamin-hiány és következményei

A vas és a jóddhiány mellett az A-vitamin-hiány a legnagyobb jelentőségű az élelmezésben, és jelentős problémát jelent a fejlődő országokban, elsősorban Afrikában és Délkelet-Ázsiában. Az **A-vitamin-hiány felelős a gyermekkori vakság kialakulásáért**, és olyan betegségek kockázatának növekedéséért, mint a járványos hasmenés és a kanyaró. Évente mintegy 500 ezer gyerek vakul meg A-vitamin-hiány következtében, és közülük 50% egy éven belül meghal.

Minden sejt a szervezetben rendelkezik retinoid receptorral, ami bizonyítja az A-vitamin esszencialitását, és jelentőségét a különböző biokémiai folyamatok-

ban. A-vitamin szükséges a rodopszin, a látórendszer kialakulásához, a retinasav szükséges a növekedéshez és a fejlődéshez, az immunfunkciók kialakulásához és a szaporodáshoz. Az A-vitamin-hiány könnyen nyomon követhető a szem funkciójának változásával. **Nagyobb mennyiségű A-vitamin-bevitel esetén a fölösleges mennyiség elraktározódik a májban**, ahonnan vitaminhiányos táplálkozás során felszabadul, és rendelkezésére áll a szervezetnek. A tejben és tejtermékekben jelentős mennyiségű A-vitamin és karotin is található, míg a hús nem tartalmaz jelentős mennyiségű A-vitamint. Mivel az A-vitamin a májban raktározódik, **a máj az egyik legjelentősebb vitaminforrás.**

Néhány növényi eredetű élelmiszer jelentős mennyiségű karotint tartalmaz, mely elég rossz hatásfokkal tud a szervezetben A-vitaminná alakulni. A β -karotinnak mintegy 10%-a, a többi karotin izomernek kb. 5%-a tud A-vitaminná átalakulni, de az átalakulás hatásfoka sok egyéb tényezőtől is függ, melyek közül az egyik, hogy a karotin milyen hatásfokkal tud a növényi sejtekből felszabadulni. **A gabonafélék és a hüvelyesek A-vitamin-tartalma csekély**, ezért az A-vitaminhiány nagyon gyakori olyan népekségek esetében, akik gabonára és hüvelyesekre alapozzák táplálkozásukat, kevés gyümölcsöt és zöldséget fogyasztanak, és rossz szervezetükben a karotin A-vitaminná történő átalakulásának hatásfoka.

A lakosság A-vitamin-szükségletének kielégítésére régebb óta alkalmazzák a margarin és a növényi olajok A-vitaminnal történő kiegészítését, és sok helyen nemzeti programmá nemesült **a főzőolajok A-vitaminnal történő kiegészítése.**

2.5.5. A cinkhiány és következményei

A cinkhiányra elég nehéz következtetni, de a kutatások azt valószínűsítik, hogy jelentős cinkhiánnyal kell számolni Délkelet-Ázsiában, Afrikában és a Csendes-óceán nyugati térségében, és Európában is lehetnek olyan populációk, ahol mérsékelt cinkhiány előfordulhat. A cink mintegy 100 enzim működéséhez szükséges, melyek részt vesznek a metabolizmusban, a növekedésben, az immunrendszer kialakulásában, a reprodukcióban és az idegrendszer kifejlődésében. A cinkhiány kialakulásához hozzájárul az alacsony cinkbevitel, az alacsony hasznosulás és az élelmiszer magas fitinsavtartalma, mely rontja a cink hasznosulását. **Cinkhiány elsősorban a gabonafélékre és a hüvelyesekre alapozott táplálkozás során fordul elő**, mely párosul a csekély hús-, valamint tej és tejtermékfogyasztással.

A cinkhiány hatással van a növekedésre, a bőr állapotára, a neurológiai rendellenességekre, a halva születésre, de nincs hatással az újszülött tömegére. A cinkkiegészítés pozitív hatással volt a lineáris növekedésre, különösen azoknál a gyerekeknél, aki soványak voltak a kísérletek megkezdésekor. A cinkkiegészítés hatására csökkentek az emésztőszervi és légzőszervi megbetegedések. Annak ellenére, hogy a cink egy nagyon fontos mikroeleme a szervezetnek, **az élelmiszerek cinkkel történő kiegészítése nem terjedt el a gyakorlatban.**

2.5.6. A kalciumhiány és következményei

A kalciumhiány azokban a populációkban fordul elő világszerte, ahol nincsenek hagyományai a tej és a tejtermékek fogyasztásának. A kalciumhiányra nagyon nehéz következtetni, mert nincsenek látható tünetei. Egyetlen lehetőség a szervezetbe bevitt kalcium mennyiségének összehasonlítása a szükséglettel, bár a szükségletet is széles tartományban adják meg a különböző ajánlások. A kalcium 99%-a hidroxipapatit formájában található a csontokban, ezért különösen fontos a kalciumbevitel a növekedés időszakában, nőknél pedig a menopauzát követően, hogy elkerülhető legyen a csonttrikulás. A kalciumbevitel sejt szinten nem befolyásolja a metabolizmust, mert **a kalciumkoncentráció jól kontrollált a szervezetben, és hiány esetében a szervezet a csontokból pótolja a szükséges mennyiséget.** A csontsűrűség 20 éves korig nő, 30 éves korig alig változik, majd ezt követően mindkét nemnél csökken az élet végéig. A nők különleges helyzetben vannak a menopauzát követően, mert csontjaik kalciumtartalma csökken, fokozódik a csonttrikulás és a csontok hajlandósága a törésre. Gyermekek esetében a hiányos kalcium és D-vitamin-ellátás nem teszi lehetővé az erős csontok kifejlődését, és az ilyen szervezet később is hajlamosabb lesz a csonttrikulásra.

Fejlett ipari országokban **a kalciumszükséglet 60–70%-a a tej és tejtermékekből származik,** ezek az élelmiszerek azonban nem állnak korlátlanul rendelkezésre a fejlődő országokban. Ott, ahol a minimális tej- és tejtermékfogyasztás együtt jár az élelmiszerek magas fitinsavtartalmával vagy a zöldségek magas oxálsavtartalmával, kalciumhiánnyal lehet számolni. **A kalciumabszorpció szoros összefüggésben van az optimális D-vitamin-bevitellel,** mert ahol alacsony az élelmiszerek D-vitamin-tartalma, és kevés a napsütés, ami segíti a bőrben a D-vitamin szintézisét, kalciumfelszívódási zavarokkal lehet számolni. Ezért van nagy jelentősége a kalciummal dúsított élelmiszereknek Afrikában és Ázsiában, sőt még az iparilag fejlett északi országokban is, ahol az év egyes szakaszaiban nincs elegendő napsütés a kalcium abszorpcióját segítő D-vitamin szintéziséhez. A serdülő lányok és az asszonyok kalciumellátottsága rossz, ha nem fogyasztanak elegendő tejet és tejterméket. 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 osteoporózis veszélyét.

2.5.7. A folsavhiány és következményei

A folsavhiányról nem állnak rendelkezésre megbízható adatok, azonban általánosságban elmondható, hogy **folsavhiány ott alakulhat ki, ahol finomított alapanyagokból készült élelmiszereket fogyasztanak, illetve nem fogyasztanak elegendő mennyiségben leveles zöldségeket.** A nem kellő ismeretekhez az is hozzájárul, hogy a folsavtátság és az élelmiszerek folsav-koncentrációjának mérése

nehéz feladat. A folsavstátusz meghatározására vizsgálják a szérum és az eritrociták folsav-koncentrációját, és ez utóbbi jobb, ha a folsavstátuszról hosszabb távra szeretnénk információkat kapni. Bár a többi B-vitamin hiánya is hatással van rá, de a szérum homociszteinszintje is hasznos információval szolgálhat a szervezet folsavellátottságát illetően.

Folátoknak hívják azokat a folsavszármazékokat, amelyek a B-vitamin komplex részeként hozzájárulnak a szervezetben **a koenzim-A szintéziséhez**, mely az egy szénatomos csoportok átvitelében tölt be kulcsszerepet. A sejtek szaporodása, növekedése megköveteli a megfelelő mennyiségű folsavat, hisz ennek hiányában nagyon sok biokémiai folyamat leáll a szervezetben. A nem megfelelő folsavellátás vagy a folsavanyagcsere zavara nyitott gerinccel születő csecsemők számának növekedéséhez, megaloblasztikus anémiához, neurológiai degenerációhoz, rákhoz és szív- és érrendszeri panaszokhoz vezethet. A folsav és a többi B-vitamin együttes hiánya megemeli a vér homocisztein-tartalmát, melyet összefüggésbe hoztak a szívkoszorúér-megbetegedésekkel.

Az élelmiszerek, elsősorban a liszt folsavval történő kiegészítése jelentősen csökkentette a nyitott gerinccel született csecsemők számát, és hozzájárult a korábban folsavhiánynak tulajdonított betegségek visszaszorulásához.

2.6. Élelmiszerek vitaminokkal történő kiegészítése

A vitaminokat a köznapi életben többféle névvel illetik. Sokszor alkalmazzák a vitamin szó előtt a betű jelölést, esetleg indexszel ellátva, ha többfajta változat létezik a hasonló hatású vitaminból, de használnak triviális neveket is, melyek valamilyen módon utalnak a vitamin élettani szerepére. A leggyakoribb elnevezések a következők: A-vitamin = retinol; D₂-vitamin = ergokalciferol; D₃-vitamin = kolekalciferol; E-vitamin = α , β és γ tokoferol, α tokotrienol; K₁-vitamin = fillokinon, fillomenadion; K₂-vitamin = farnokinon, menakinon; K₃-vitamin = menadion; B₁-vitamin = tiamin; B₂-vitamin = ribiflavin; B₆-vitamin = piridoxál, piridoxin, piridoxamin; B₁₂-vitamin = kobalamin, cianokobalamin, hidroxokobalamin; Niacin = nikotinsav (régiesen PP-vitamin); Niacinamid = nikotinsavamid (PP-vitamin); Pantoténsav = nincs más elnevezése; Folsav = folacin; Biotin = H-vitamin; C-vitamin = aszkorbinsav.

A vitaminok a kevésbé stabil élelmiszer-komponensek közé tartoznak. A stabilitás függ a vitamin fajtájától; vannak, amelyek stabilabbak (niacin) és vannak, amelyek kevésbé stabilak (B₁₂-vitamin). A vitaminok stabilitását leginkább a hőmérséklet, a nedvesség, az oxigén, a fény, a pH, az oxidációs vagy redukációs 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.**

A zöldségek és gyümölcsök esetében a vitaminok bomlása már a tárolás ideje alatt megkezdődik, majd folytatódik a feldolgozás során, és **különösen nagy vitaminvesztéssel kell számolni ott, ahol jelentős hőkezelést is alkalmaznak.** Mivel ugyanarról az anyagról van szó, az élelmiszerekben eredetileg is jelen lévő, illetve a hozzáadott vitamin hasonló módon bomlik le az említett technológiai műveletek során, bár a szintetikus származékok, a só- vagy észterformák növelhetik a stabilitást. Így pl. a tokoferolészterek stabilabbak, mint az eredeti tokoferol-alkohol.

Ma már minden élelmiszer esetében meg kell adni az összetételt, ami a vitaminok esetében nehéz, hisz **a vitamintartalom időről időre változhat.** Az ellenőrző hatóságok is mindig azt a komponenst vizsgálják, mely legérzékenyebb a technológiai, a raktározási és a szállítási körülményekre. Ezért vizsgálják többek között intenzíven a vitamintartalmat, mert ha ezek a jelzett koncentrációban jelen vannak egy élelmiszerben, akkor ott különösebb probléma nem lehet. A deklarált vitamintartalom betartása egyébként nehéz helyzet elé állítja az élelmiszer-előállítókat, mert **minden vitamin különböző módon bomlik,** és azt deklarálni, hogy az élelmiszer életútja során hogyan változik a vitamin-összetétel, nagyon nehéz.

Bonyolítja a helyzetet, hogy **a vitaminok egymással is kapcsolatba kerülhetnek** és segíthetik egymás lebontását, ami esetenként nagyon meggyorsíthatja egyes vitaminok átalakítását, különösen gyümölcslevek esetében. Ezt a hatást mindenképpen figyelembe kell venni, amikor az élelmiszer vitamintartalmát a technológiai beavatkozások során elszenvedett bomlás miatt az eredeti szintre állítjuk be, vagy megnöveljük a vitamintartalmat a különböző üdítőitalok vagy gyümölcslevek esetében. A legtöbb eredményt e tekintetben a folyékony multivitamin-preparátumokkal kapcsolatban végzett kutatások hozták, melynek 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.

A legfontosabb interakciók a különböző vitaminok között az alábbiak: **az aszkorbinsav növeli a folsav és a ciano-kobalamin instabilitását,** a tiamin a folsavét és a ciano-kobalaminét, riboflavin pedig a tiaminét, a folsavét és az aszkorbinsavét. Ezen kívül még az is előfordulhat, hogy **a vitaminok csökkentik vagy növelik a másik vitamin oldhatóságát.** Így pl. a nikotinsavamid növeli a riboflavin és a folsav oldhatóságát.

Az utóbbi időben a sok behatás mellett, melyek elősegítik a vitaminok bomlását, különös figyelmet fordítottak a fénynek, a besugárzásnak a szerepére annál is inkább, mert a gyakorlatban terjednek pl. az UV fényvel történő csíráztatási módszerek. Európa sok országában az élelmiszer besugárzását nem tiltják a törvények, ezért egyre több élelmiszer esetén alkalmazzák ezt a technológiai eljárást a csíraszám csökkentésére. Kimutatták, hogy **az élelmiszerek vitamintartalma csökken a besugárzás hatására,** és hogy a csökkenés mértéke egyértelműen összefügg a besugárzás erősségével. Alacsony dózis esetében (kisebb mint 1 kGy)

nincs számottevő vitaminvesztés, **3-10 kGy besugárzás hatására** azonban, levegő jelenlétében, **már vitaminvesztés léphet fel**, mely tovább növekszik a tárolás során. Még erősebb dózis alkalmazásánál az élelmiszert speciális csomagolóanyagokkal kell védeni, mely magában foglalja a levegő kizárását, és a besugárzást alacsony hőmérsékleten kell végezni.

A kutatások kimutatták, hogy a zsírolékony vitaminok közül az A-, az E- és a K-vitamin érzékeny a besugárzásra, míg a vízzoldékonyak közül a tiamin a legérzékenyebb, a niacin, a riboflavin és a D-vitamin pedig nem érzékeny rá. El-lentmondást találtak a fényérzékenységgel kapcsolatban, ugyanis vannak olyan élelmiszerek, amelyeknél jelentős bomlást észleltek besugárzás hatására, és vannak olyanok, ahol ugyanolyan dózissal nem mutatkozik bomlás.

2.7. Élelmiszerek polifenolokkal történő kiegészítése

2.7.1. A polifenolok tulajdonságai

A polifenolok, vagy más néven flavonoidok, a növények másodlagos anyagcse-retermékei, melyek közül napjainkig több mint hateret azonosítottak. **A fenolos gyűrűhöz kapcsolódó hidroxilcsoportok kiváló antioxidánsra teszik őket**, és ez az antioxidáns hatás hozható kapcsolatba az egészségvédő, egészségmegőrző tulajdonságaikkal. **A flavonoidok szerkezetük alapján hat csoportba oszthatók:** flavonolok, flavonok, katechinek, flavononok, antocianidinek és izoflavonok. Antioxidáns hatásuk mellett a flavonoidok módosíthatják olyan kulcsenzimek aktivitását, mint a ciklooxygenáz, a foszfolipáz, a glutathion-reduktáz, és még sok más, a metabolizmusban részt vevő enzim is ide tartozik. Ezen enzimek működésének módosításán keresztül **értégtartó hatással, rákellenes hatással, gyulladás-csökkentő hatással és immunrendszer-erősítő hatással rendelkeznek**. Élelmiszereink közül a legfontosabb flavonoidforrások a gyümölcslevek, a kávé, a tea, a vörösbort, a hagyma, az alma és a bogyós gyümölcsök, mint amilyen pl. 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.

Az előzőek ismeretében a polifenol tartalmú élelmiszereket elsősorban a szív- és érrendszeri betegségek és a rák megelőzésére használták, mely célból nem csak az élelmiszereket, hanem az azokból kivont koncentrátumokat is alkalmazták a betegségmegelőzés érdekében. Az élelmiszerek kiegészítésével és a funkcionális élelmiszerek előállításával foglalkozó ipari üzemek érdeklődése is a polifenolok felé fordult, melynek során különböző **proantocianidinekben gazdag kivonatokat állítottak elő a szőlőmagból**, a fenyőfa kérgéből, a citromfűből, a zöld teából és az olajbogyóból. A szőlőmagkivonat nagy koncentrációban tartalmaz olyan polifenolokat, mint amilyenek pl. az oligomer proantocianidinek, amelyek a szőlőmagban dimer, trimer és egyéb oligomer formában fordulnak elő,

és amelyek egyedülnek számítanak ezen a területen. **A szőlőmag polifenoljai antioxidáns hatással rendelkeznek**, és képesek a szív- és érrendszeri betegségek megelőzésére, melyért a vörösbortban nagyobb koncentrációban előforduló polifenolok a „felelősek”. Azt is gondolják róluk, hogy segítségükkel a bőr rugalmassága megőrződik, mivel **stabilizálják a bőrben lévő kollagént és elasztint**. Az utóbbi időben a testkontrollban is szerepet kaptak, mert kutatások szerint **meggátolják a zsír beépülését a szövetekbe**.

A szőlőmaghoz hasonló antioxidáns hatású anyagokat tudtak előállítani a fenyőkéregből is, melyről megállapították, hogy jelentős mennyiségben tartalmaz proantocianidineket, melyekkel meg lehet akadályozni a lipidek peroxidációját. A citromfűextraktum is gazdag antioxidáns hatású polifenolokban, mint amilyenek a fenolsavak, és közülük is a legfontosabb a rozmaringsav. **A citromfűbalzsam nyugtató hatású**, melybe beleértendő az alvási rendellenességek, a stressz- és az idegrendszeri rendellenességek enyhítése. Kisebb mennyiségben jó hatással van az ember hangulatára, közepes mennyiségben pedig nyugtató hatású. A hangulatjavító hatás mellett jelentős nyugtató hatással is rendelkezik. **Pozitív hatással van a felfogóképességre**, ezért rendkívül népszerű az innovatív funkcionális élelmiszerekben. Azt állítják róla, hogy javítja a kognitív képességeket, növeli a koncentrációt és a mentális erőt.

A zöldteakivonat gazdag katechinekben, különösen **epigallokatechin-gallátban**, mely az előzetes kutatások szerint **gyorsítja a zsír oxidációját a szervezetben**, de antioxidáns és gyulladáscsökkentő hatást is tulajdonítanak neki, mely mind a katechintartalommal van kapcsolatban. A zöldteakivonat jelentős mennyiségben tartalmaz olyan alkaloidokat, mint pl. a koffein, melynek hatására nő az éberség és a koncentrációképesség. Napi fogyasztása karbantartja a testet, és segít megelőzni a zaklatott életstílusból fakadó betegségeket, a zöld tea és annak epigallokatechin gallátja pedig csökkenti a testtömeget és a zsír beépülését a szövetekbe. A rooibos kivonat ugyancsak gazdag olyan antioxidánsokban, mint a flavonoidok és a fenolsavak, amelyek jelentős szabadgyökbefogó kapacitással rendelkeznek, és inhibitorai az oxidatív stressznek. Állatkísérletekkel bizonyították, hogy a rooibos antioxidánsai egészségmegőrző hatással rendelkeznek, és segítenek az öregedés okozta betegségek elleni küzdelemben.

A flavonoidokról részletesebb információ található e fejezet végén és az utolsó, vörösborttal foglalkozó fejezetben.

2.7.2. A növényi kivonatok készítésének technológiai szempontjai

A funkcionális élelmiszerek előállítása során egyre nagyobb igény mutatkozik olyan bioaktív komponensek előállítására, mint amilyenek a különböző növényi extraktumok, beleértve a zöld teát, a rooibos teát, a citromfűkivonatot, a kaktuszkoncentrátumot és még sok egyebet. Ezen kivonatok közül nem mindegyik felel meg funkcionális élelmiszer előállítása céljából. Hogy használhatók-e funkció-

nális élelmiszer előállítására, az függ attól, hogy a növényt használták-e tradicionálisan élelmiszerként, hogy **a hatóanyag milyen fiziológiai és farmakológiai tulajdonságokkal rendelkezik**, és függ a növényi kivonat technológiájától is. A növényi kivonatok általában szárított növényi részekből készülnek, és koncentráltan tartalmazzák a hatóanyagokat, amelyért előállítják őket. A kivonást csak olyan oldószerrel lehet végezni, amelyeket engedélyeznek az élelmiszer-előállítás során. Nagyon jól alkalmazhatók kivonásra **a vizes oldószer**ek, melyek általában **nem változtatják meg a keresett anyag összetételét**, a víztől eltérő oldószerek azonban jelentős változásokat okozhatnak a hatóanyag összetételében. **A növényi extraktumok esetleg több száz anyagot is tartalmazhatnak**, melyek közül esetenként csak egyre-kettőre van szükségünk, de hogy mi van az összes többivel, azt általában nem vizsgálják annak ellenére, hogy ezek **a hatóanyagok szinergista módon hatnak**.

A hatóanyagok mellett ezekben a kivonatokban előfordulhatnak mérgező nehézfémek, mikotoxinok, policiklusos aromás szénhidrogének, dioxinok és poliklórozott bifenilek, és másodlagos növényi anyagcseretermékek is, mint amilyen pl. a kumarin, az aloin vagy a pulegon, amelyeket vizsgálni kell, mielőtt a kivonatot élelmezési célokra alkalmaznák. Nagyon lényeges, hogy **a kivonási eljárást standardizálni kell**, és az extraktumoknak nem szabad lényegesen változniuk a különböző sarzsokban. Mindehhez szükséges **a szigorú minőségbiztosítás**, mely magában foglalja az alapanyag minősítését, a kivonási eljárás leírását, **a biztosítékot, hogy az aktív komponenst vontuk ki megfelelő koncentrációban**, amihez szükség van egy analitikai háttérre a vizsgálatok elvégzéséhez. Erre a célra a nagyhatékonyságú folyadékkromatográfia (HPLC) a legalkalmasabb, mellyel el lehet végezni a kivonat ujjlenyomat-analízisét, és ellenőrizni lehet, hogy a különböző időben készült kivonatok megfelelnek-e a standardnak, vagyis az előírásoknak. Ugyanezzel a módszerrel lehet minősíteni a nyersanyagot is, valamint azt, hogy az aktív komponens összetétele nem változott-e az extrakció folyamán.

Az extraktumtól függően az megváltoztathatja a kiegészített élelmiszer szí-
nét és ízét, előfordulhat barnulás, vagy keserű íz is kialakulhat. A fentiek miatt **az extraktot mindig ellenőrizni kell, mielőtt hozzákevernék az élelmiszerhez**. A zöldteaextraktum keserű ízű, ezért 600 mg/kg-nál többet nem szabad az élelmiszerhez keverni belőle. Cukor és különböző ízanyagok adagolásával a keserű ízt el lehet nyomni, így több extraktumot lehet az élelmiszerhez keverni. Az extraktum-hozzáadás hatására megváltozhat a funkcionális élelmiszer színe is, amire jó példa a szőlőmagextraktum, melynek barnásvörös színe megnehezíti élelmiszerhez keverését anélkül, hogy annak színe lényegesen ne változna. Ha zöldteaextraktumot kevernek vízhez, annak színe alacsony koncentrációban adva halvány borostyán színű, nagyobb koncentrációban adagolva viszont sötétebbé válik. 0,1–0,2%-ban adagolva színe whiskyszerű lesz, 1%-os koncentrációban viszont már barnává változtatja az oldatot. A továbbiakban a tárolás során előforduló oxidáció miatt a szín sötétebb lesz. Még nagyobb koncentrációban

adagolva zöldteaextraktumot, az kiülepedik a vizes oldatból, amit különféle hidrokolloidok adagolásával meg lehet akadályozni.

A különféle növényi kivonatokat vízalapú vagy teaalapú italoknál használják, de hozzákeverik tejhez és tejtermékekhez is. A legkedveltebb növényi kivonat a zöld teáé, melyet a rooibos teakivonat követ, majd a kaktuszkivonat zárja a sort.

2.8. Élelmiszerek karotinoidokkal történő kiegészítése

A karotinoidok a természetes növényi pigmentek nagy csoportját alkotják. Színük sárgától a vörösig változhat a természetben. Több mint 600 különféle lipofilpigmentet azonosítottak, melyeket csak a növények, a baktériumok és az algák képesek szintetizálni, az emberek és az állatok pedig a táplálkozás során jutnak hozzá ezekhez a vegyületekhez. Az emberi élelmiszerek kb. 50-60 különböző karotinoidot tartalmaznak, melyek közül mintegy 30-at azonosítottak az emberi vérszérumból. Sok karotint tartalmazó élelmiszer a sárgarépa, mely színét a legismertebb és legjobban tanulmányozott karotintól, a β -karotintól kapta. **A β -karotin az A-vitamin provitaminja**, melyből a karotinázenzim 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.

A karotinoidokat leginkább **élelmiszer-színezékként** alkalmazták a múltban. Mivel egyre több bizonyíték van a karotinoidok jótékony hatásáról az emberi egészségre, ezért azt gondolják, hogy azok az étrendek, amelyek sok gyümölcsöt és zöldséget tartalmaznak, egészségesek, és a magas karotintartalmat kapcsolatba hozzák különféle olyan betegségek megelőzésével, amelyek összefüggésben vannak az oxidatív stresszel. Azt gondolják, hogy karotinkészítmények adagolásával ellensúlyozni lehet az alacsony gyümölcs- és zöldségfogyasztásból eredő egészségügyi zavarokat.

Az élelmiszerekben előforduló 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**, mely az összes karotinoidra jellemző. Specifikus szerepük még, hogy a szervezetben A-vitaminná tudnak alakulni. Kiemelkedő közülük ebből a szempontból a β -karotin, mely két A-vitamin-molekulává tud átalakulni, de a többi karotinoid nagyobb része is képes erre a konverzióra. A luteinnek, a likopénnek és a zeaxantinnek is speciális szerepe van; a lutein és a zeaxantin **hozzájárul a szem egészséges működéséhez**, a likopin pedig segít a **prosztatarák megelőzésében**. Egyértelműen bizonyított, hogy azoknál a férfiaknál, akik sok paradicsomot és paradicsomlevet fogyasztanak, lényegesen alacsonyabb számban fordul elő prosztatarák. A lutein és a zeaxantin szelektíven abszorbeálódik a szem retinájának sárga testében, megvédve így azt az oxidációtól, mintegy kék

színű szűrőként működve óvják a szemet a nemkívánatos sugárzástól, és késleltetni tudják a korral egyre inkább előforduló betegséget, a makuladegenerációt. Az asztaxantin, egy rózsaszínű karotionid, mely nem rendelkezik A-vitamin-aktivitással, ugyancsak a figyelem középpontjába került sok, jótékony egészségvédő hatása miatt, azonban e hatásokat egyelőre még nem sikerült korrekt kísérletekkel bizonyítani.

A növényi vagy alga eredetű karotinoidokat, attól függően, hogy milyen típusú élelmiszereket egészítenek ki vele, **olajos oldat vagy por formában alkalmazzák**. Az olajos formát magas zsírtartalmú élelmiszerek, a tej, a vaj, a margarin, a sajt, a joghurt kiegészítésére, míg a por alakú formát főként italok és alacsony zsírtartalmú készítmények esetén alkalmazzák. Azoknál az élelmiszereknél, melyek főként zsírt és vizet tartalmaznak (margarin, tejszín, vaj), a karotinoidokat olajos fázisban, emulgeálószerrel, ízanyagokkal és antioxidánsokkal együtt adagolják, majd legvégül vizet adnak a rendszerhez a kellő emulzió kialakítása céljából. Gabonákból készült élelmiszerek és sütőipari termékek esetében olajos fázisban is lehet adagolni a karotinoidokat a tésztakészítés során, de elterjedtebb az a gyakorlat, amikor por formában adagolják a lisztbe, még a tészta készítését megelőzően. Italoknál, tejalapú ivóleveknél, gyümölcspreparátumoknál a por formájában történő adagolás a leghatékonyabb. Gondoskodni kell a homogén eloszlásról, az állás közbeni szétválás megakadályozásáról, melynek érdekében magas fordulatszámon történő keverést vagy magas nyomáson végzett homogénezést alkalmaznak.

A hozzáadott karotin mennyiségét elsősorban a kívánt szín elérése és az egészségügyi szempontból való hatásosság szabja meg. Magas gyümölcstartalmú narancsleveknél a 4-6 mg/liter luteinészter az eredetileg is jelen lévő sárga szín miatt semmiféle színváltozást nem okoz, de ha a gyümölcslé kevesebb gyümölcsöt tartalmaz, akkor a színváltozás, színmélyülés intenzívebb lehet.

Manapság a β -karotint és a likopint az élelmiszeriparban széles körben alkalmazzák élelmiszerek színezésére. **A β -karotint nagy mennyiségben alkalmazzák margarinkok, vaj, sajt, joghurt és fagylalt színezésére**, emellett sütőipari termékeknel, leveseknél, szósoknál, salátaöntetekenél és édességekenél is, valamint nagy mennyiségben használják a multivitamin-italok előállításánál. A likopint főként levesek és szósok színezésére használják, és kevésbé terjedt el használata a sütőipari termékeknel és az édességekenél. A likopin használata nem olyan széles körű, mint a β -karotiné, de beszámoltak alkalmazásáról instantcsokoládé-italokban és zöldséglevelekben is.

2.9. Élelmiszerek esszenciális zsírsav-tartalmú olajokkal történő kiegészítése

Korábban a zsírokról egyértelműen negatív kép alakult ki az emberekben, mert csak annyit tudtak róluk, hogy növelik az emberi szervezet elzsírosodását, illetve szív- és érrendszeri problémákat okoznak. **Néhány lipidről** azonban 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, melyek **gyulladáscsökkentő hatással bírnak**. Az utóbbiakat többszörösen telítetlen zsírsavaknak (PUFA, polyunsaturated fatty acids) vagy ω -zsírsavaknak hívják, ami azt jelenti, hogy a karboxilcsoporttal ellentétes vég felől számolva hányadik szénatomnál található az első kettős kötés. Ezek a kettős kötések izoláltak, azaz két szigma kötés található a két kettős kötés között, míg a konjugált linolsavban (CLA vagy magyarul KLS) a kettőskötések konjugáltak.

2.9.1. A növényi szteroidok hatása

A növényi szteroidokra több kifejezés is elterjedt a gyakorlatban: **növényi szteroidok**, fitoszteroidok, növényi sztanolok, fitosztanolok, melyek mind zsírsavhoz kapcsolt észterek formájában találhatók meg a növényekben. Közös jellemzőjük, hogy kémiai szerkezetüket tekintve **nagyon hasonlítanak a koleszterinhez**. Legfontosabb képviselőik a szitoszterol, a kampeszterol és a sztigmatzterol. A növényi sztanolok telített növényi szterolok, mivel nincs a szteroidgyűrűben kettős kötés. A növényi szteroidok sejtfalépítő komponensek, ezért szinte mindenütt megtalálhatók a növényvilágban. Legnagyobb mennyiségben a zöldségekben, a gyümölcsökben, a hüvelyesekben, a dióban, a különféle magvakban és a főzőolajokban fordulnak elő. A napi fogyasztás személyenként 100-400 mg/fő/nap, holott kísérletekből következően legalább 1000-3000 mg-ot kellene fogyasztanunk naponta, hogy legalább 10-15%-kal csökkenjen az LDL-koleszterinszint a szervezetünkben. **A növényi szteroidok** nincsenek hatással a HDL-koleszterinszintre, de mivel **javítják az LDL/HDL arányt**, ezért **egészségvédő hatással rendelkeznek**.

A fentiek miatt egyértelműen megállapítható, hogy ha naponta kétszer elfogyasztunk 0,65 g növényi olajból származó szteroidot az ételadagban, melynek alacsony a koleszterin- és a telítettzsírsav-tartalma, akkor jelentős mértékben csökkenteni lehet a szívbetegségek kialakulásának valószínűségét. Az utóbbi időben ezt a megállapítást megerősítették az egyéb növényi szteroidok és a szteroidészterek esetében is. A növényi szterollokkal való kiegészítést az Egyesült Államokban a narancslé, a joghurt, a margarin és különböző növényi kiegészítők esetében alkalmazzák. Európában a növényi szteroidokat élelmiszer-bevónók esetében alkalmazták, és ajánlották azoknak, akik csökkenteni akarták vérük koleszterinszintjét. Ezt követően használták fermentációval készült tejtermékek,

joghurt típusú élelmiszerek, szójaalapú italok, salátaöntetek, majonéz, fűszeres szószok és a rizskenyér esetében is.

2.9.2. Többszörösen telítetlen zsírsavak

2.9.2.1. A többszörösen telítetlen zsírsavak biológiai hatása

A többszörösen telítetlen zsírsav (PUFA) kifejezést mindazon zsírsavak esetében használják, amelyek legalább két telítetlen kötést tartalmaznak. Az emberi táplálkozásban a hosszúláncú PUFA-knak van jelentőségük, melyek legalább 18 szénatomot (vagy többet) tartalmaznak, mint amilyenek a linolsav (C18:2) vagy a linolénsav (C18:3), melyek ráadásul még esszenciálisak is, mert a szervezetünk nem tudja előállítani őket, és mindenképpen az élelmiszerekből kell hozzájuk jutnunk. Attól függően, hogy a zsírsav metil végétől számolva hányadik szénatomon van az első kettős kötés, ismerünk omega-3 (ω -3 vagy n-3) és omega-6 (ω -6 vagy n-6) zsírsavakat. Mindkét típusú zsírsav az emberi szervezet építő komponense, ami olyan anyagokat állít elő belőlük, mint az **eikozanoidok**, mely hormonszerű vegyületek modulálják a szív- és érrendszert, a légzőrendszert, az immunrendszert és a reprodukciós funkciókat. Az eikozanoidok kulcsszerepet játszanak a **gyulladások megelőzésében**, így minden olyan betegség megelőzésében, mely a gyulladásokkal hozható kapcsolatba. **Az eikozanoidok főbb csoportjai a leukotriének, a prosztaglandinok, a prosztaciklinek és a tromboxánok.** Az ω -3 zsírsavakból előállított eikozanoidok gyengébb, esetenként ellentétes hatásúak, mint azok, melyeket ω -6 zsírsavakból állít elő a szervezet, ezért az **ω -3/ ω -6 zsírsavarány ismerete rendkívül fontos számunkra.** 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, melyek messze eltérnek az optimálistól.

Állatokkal végzett kísérletek és emberekkel történt megfigyelések egyértelműen bizonyították **a PUFA zsírsavak jótékony hatását az ember egészségére**, azonban még mindig viták folynak arról, hogy a placebohatásnak milyen szerepe van a kísérletek folyamán, illetve hogy **mi az optimális dózis ezekből a zsírsavakból** a megfelelő hatás kiváltásához. Jelenleg is kutatják, hogy milyen hasznos szerepe van a PUFA-knak az asztma, a szembetegségek és a neurodermatitisz elleni küzdelemben.

2.9.2.2. A többszörösen telítetlen zsírsavak forrásai

A PUFA-val való kiegészítés optimális nyersanyagai a különféle növényi olajok, mint amilyen pl. a **ligetszépeolaj** és a **lenmagolaj**, melyek karakterisztikus ω -3/ ω -6 aránnyal jellemezhetők, és különösen a **halolaj** tartalmaz nagy mennyiségű ei-

koza-pentaén (C20:5 n-3) és dokoza-hexaén (C22:6 n-3) savat. Általánosságban véve a növényi olajok sok n-3 PUFA zsírsavat tartalmaznak linolénsav formában. Mivel ugyanaz az enzimszisztéma alakítja tovább a linolsavat is hosszabb szénláncú telítetlen zsírsavakká, a két zsírsav egymás kompetitív inhibitorai, ezért a **linolénsavnak csak egy kis része konvertálódik EPA-vá és arachidonsavvá**. Ez különösen akkor jelent problémát, ha az n-3/n-6 arány alacsony. Ezért aztán az EPA és a DHA fő forrásai a halolajok, melyek a hallisztgyártás „melléktermékei”.

A halliszt és a halolaj előállítása szempontjából a halakat a következő kategóriákba sorolják: az emberi fogyasztásra alkalmas halak vágási melléktermékei, kisméretű, egyébként emberi fogyasztásra alkalmas halak, amelyek méretük miatt nem alkalmasak emberi fogyasztásra, olyan halak, melyek esztétikailag alkalmatlanok az emberi fogyasztásra. Ezeket főként halliszt és halolaj előállítására használják. **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.

A halolajok kapcsán meg kell említeni, hogy a halak egy része olyan környezetből származik, mely erősen szennyezett poliklórozott bifenilekkel (PCB-k), dioxinnal, ólommal és arzénnal. **A PCB-k és a dioxin** apoláros, zsírolékos vegyületek, ezért a halolaj-előállítás során **bekerülnek a végtermékbe**. Ezért szigorúan szabályozzák a halolajok PCB- és dioxintartalmát, és eljárást dolgoztak ki a dioxin halolajból, aktív szén segítségével történő eltávolítására. A PCB-ket aktív szénnel nem lehet hatékonyan eltávolítani, ezért új technológiai eljárásokon dolgoznak ezen vegyületek halolajból történő eltávolítására.

Az n-3 PUFA-k kiváló forrásai lehetnek a **különböző mikroorganizmusok** (mikroszkopikus gombák, baktériumok és tengeri mikroalgák) 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 **képesek a hosszúláncú n-3-as zsírsavakat szervezetünkben akkumulálni**. A halolajjal összehasonlítva a mikroalgák lipidjei sokkal több, estenként több mint 50% DHA-t tartalmaznak a halolaj mintegy 10% DHA-tartalmához viszonyítva. A mikroalgák mind fototropikus, mind heterotropikus módon képesek a PUFA-k termelésére. Az előbbi hátránya, hogy időjárásfüggő, és a szintézis csak napsütésben lehetséges, ezért zárt rendszerekben csak akkor lehet ily módon zsírsavakat előállítani, ha gondoskodnak a kellő fényviszonyokról is. Az utóbbi időben a heterotropikus módszer terjedt el a gyakorlatban, és ma már ily módon állítják elő a DHA kereskedelmi forgalomba kerülő legnagyobb részét. A mikroalgák segítségével DHA-ban dúsított tojást állítanak elő, és a DHA-ban dús olajokat bedolgozzák olyan termékekbe, mint a margarin, különféle tejtermékek, öntetek, gabonafélék és élelmiszer-kiegészítők. Olyan olajok is kaphatók a kereskedelmi forgalomban, melyek 25–60% DHA-t tartalmaznak, és melyek segítségével különféle csecsemőtápszereket állítanak elő.

2.9.2.3. Konjugált linolsavak

A konjugált linolsavak is két kettős kötést tartalmaznak, azonban azok konjugált pozícióban vannak a molekulában. Leginkább a kérődző állatok (szarvasmarha, kecske, juh) húsában, tejében és a tejből készült tejtermékekben fordul elő nagyobb mennyiségben. Az 1980-as években állatkísérletek segítségével, miközben a CLA rákellenes hatását vizsgálták, megállapították, hogy a CLA-val takarmányozott állatok testtömegének szignifikánsan kisebb részét alkotta a testzsír a kontrollegyedekéhez viszonyítva. Megállapították, hogy a CLA csökkenti a zsírraktározást az étkezést követően, csökkenti a zsírsejtek összes mennyiségét, és növeli a zsírok bekapcsolódását az energiatermelő folyamatokba. Az állatokkal végzett kísérletek eredményeit emberekkel végzett tesztekkel is sikerült megerősíteni. Megállapították, hogy ugyan a CLA nem egy testtömegcsökkentő anyag, de fogyasztása csökkenti a testzsír mennyiségét, miközben segít megőrizni a zsírmentes testtömeget, végül is segít a fogyásban, és alkalmazásával meg lehet előzni a jo-jo effektust, melynek során az elveszített testtömeg gyorsan újraépül a fogyókúra után. Úgy tűnik, hogy a CLA rendelkezik immunmodulátor hatással is, 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 ctransz-10, cisz-12 izomer rendelkezik biológiai aktivitással**. A kereskedelmi forgalomban lévő CLA-készítményeket sáfrányos szekliceolajból állítják elő, mely mindkét izomert 50:50 százalékos arányban tartalmazza. A CLA-t előszeretettel használja az élelmiszeripar funkcionális élelmiszerek előállítására.

2.9.3. A lipidekkel kapcsolatos technológiai szempontok

A növényi szteroidokat legtöbbször növényi olajokból, azok szagtalanítás után visszamaradt melléktermékeiből állítják elő. Legfontosabb forrásaik a szójaolaj, a napraforgóolaj, a repceolaj, de még a papírgyártás melléktermékeiből is előállítanak növényi szteroidokat. Szterol-észtereket zsírsavakkal történő észterezéssel, átészterezéssel hoznak létre napraforgóolajból vagy repceolajból. A szterol-észterek pasztaszerű anyagok, 38–47 °C közötti olvadásponttal, mely függ attól, hogy a szterol milyen zsírsavval van észteresítve.

A CLA-előállításnál alapvető követelmény, hogy a **biológiai aktivitással bíró izomerek keletkezzenek** a legnagyobb koncentrációban. A linolsav alkalikus közegben végzett izomerizációjával több linolsavizomer keletkezik, ezért csak enyhe reakciós körülmények alkalmazásával lehet elérni, hogy a kívánatos, két biológiailag aktív komponens keletkezzen mintegy 50:50 százaléokban.

A sok telítetlen zsírsavat tartalmazó készítmények **nagyon érzékenyek az oxidációra**, és a másodlagos oxidációs termékek nagyon gyakran kellemetlen ízt és aromát adnak a végterméknek. Ezért gyakran olyan **antioxidánsokat** alkal-

maznak az ilyen készítményekben, mint a tokoferolkeverékek, az aszkorbil-palmitát, a rozmaringextraktum vagy a citromsav. Az antioxidánsokon túl a csomagolás, a tárolás és a szállítás is befolyásolja a végső eredményt.

A **lipidoxidáció alapvegyületei** az egy vagy több 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 oxidációnak három fő típusa van: az autooxidáció, a fotooxidáció és az enzimatis oxidáció. Az autooxidáció spontán módon történik szabadgyökös mechanizmus szerint, melynek fő lépései az iniciáció, a láncátadás és a láncletörés. A fotooxidáció akkor kerül előtérbe, ha az élelmiszer fényre érzékeny anyagokat tartalmaz, az enzimatis oxidáció tipikus példája pedig az, amelyben egy lipoxigenáz enzim katalizálja a reakciót.

Az **autooxidációt** iniciátorok (fémionok, hő, fehérje gyökök) indítják be, melynek hatására a telítetlen zsírsavakból a szénatomon lokalizált szabad gyökök keletkeznek. Oxigén jelenlétében ezek a szabad gyökök peroxi (LOO^*) gyökökké alakulnak, majd később hidroperoxidok keletkeznek (LOOH), melyek az autooxidáció elsődleges termékei. A szabadgyökös reakció addig folytatódik, amíg a szabad gyökök egyesülésével a lánc megszakad, és a nemgyökös termékek keletkezése a gyökös reakciók végét jelenti. A hidroperoxidok hő hatására lebomlanak, vagy az átmeneti fémek nyomnyi mennyiségei által katalizált reakcióban alkoxil (LO^*) és peroxil (LOO^*) gyökök keletkeznek, melyek továbbviszik a szabadgyökös reakciót, vagy további bomlást követően **illékony vagy nem illékony másodlagos bomlási termékeket alkotnak**. Az illékony komponensek közé tartoznak az aldehidek, a ketonok és az alkoholok, a szénhidrogének és az alkoholok, melyek az avas szag és íz kialakulásáért felelősek. Az illó anyagokkal szemben **a hidroperoxidok íztelen és szagtalan vegyületek**.

A **fotooxidáció** akkor történik, ha fényérzékenyítő anyag van jelen az élelmiszerben. Ez abszorbeálja a látható vagy a közeli UV fényt, melyet követően a fényérzékeny anyag vagy közvetlenül reagál a szubsztráttal, szubsztrát gyököket létrehozva, melyek aztán reagálnak az oxigénnel, vagy közvetlenül reagál a triplet oxigénnel, átalakítva azt rövid életű, nagyon reaktív, nagy energiatartalmú szinglet oxigénné, amely közvetlenül reagál a telítetlen zsírsav kettős kötéseivel, hidroperoxidokat (LOOH) létrehozva. Ez a **nemgyökös reakció** 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 hidroperoxidok a továbbiakban ugyanúgy bomlanak, mint a gyökös reakciók esetében.

A lipidoxidációt néhány esetben antioxidánsok adagolásával meg lehet akadályozni, melyek működési mechanizmusuk szerint elsődleges vagy másodlagos antioxidánsok lehetnek. Az **elsődleges antioxidánsokat** szabadgyökbefogóknak (AH) is hívják, mert a szabad gyökök semlegesítésével megállítják a gyökös reakciókat. Ennek során elektronokat, illetve hidrogént adnak a szabad gyököknek, a

lipid, a peroxil és az alkoxil gyökök funkciójukat elveszítik, és a gyökös reakciók leállnak. Az elsődleges antioxidánsok fenolos szerkezetű vegyületek, mint amilyen pl. a BHA (butil-hidroxi-anizol), a BHT (butil-hidroxi-toluol) és a propilgallát, a természetes antioxidánsok pedig a tokoferolok és a növényi polifenolok. A másodlagos antioxidánsok többféle mechanizmus szerint hatnak, melyek közé tartozik a fémek keláttá alakítása, az oxigénmegkötés és az elsődleges antioxidánsok hidrogénnel történő feltöltése. Ezért a másodlagos antioxidánsok legtöbbször szinergistái az elsődlegeseknek.

2.9.4. A lipidek oxidációja a halolaj és mikroalgaolaj előállítása során

A halolajat **nedves redukciós módszerrel** készítik, melynek során a haltesteket felfőzik, préselik, centrifugálással szétválasztják a vizes fázist az olajtól, és a maradék fehérjét tartalmazó anyagot megszáritják. A hőkezelés során a fehérje koagulál, melyet préseléssel választanak el a folyékony fázistól. Ennek során a zsírsejtek is szétszakadnak, és **az olaj a folyékony fázisba kerül**. A préselés során két átmeneti anyag keletkezik, melyet préslepénynek és préslének hívnak. **A préslepeny szárítva hallisztté alakul**, a présléből szűréssel eltávolítják a durva részecskéket, a finom részecskéktől pedig dekantálással szabadulnak meg, ezt követi a végső lépés, **az olaj és a víz szétválasztása a szeparátorban**. Mivel a halolaj rendkívül érzékeny az oxidációra, mindent el kell követni annak megakadályozására vagy mérséklésére. Az előállítás során minimálisra csökkentik a szállítási és a tárolási időt, a hőmérsékletet, a fényhatást, illetve a haltest vérrel való szennyezését, mert a hem vas katalizálja az oxidációt.

Ha enzimés hidrolízissel vonjuk ki a halolajat, minimálisra lehet csökkenteni a hőbehatást és a hőmérsékletet. Az eljárás során, 60 °C körüli hőmérsékleten, a fehérjéket enzimekkel hidrolizálják, melynek során a sejtekből kiszabadul a halolaj, ezért **enzimés hidrolízissel jobb minőségű halolajat lehet előállítani**.

A halolaj minőségét illetően az sem mindegy, hogy teljes haltestből vagy valamilyen melléktermékből készül az olaj. A legtöbb esetben a friss halból vagy a friss melléktermékből készült olaj stabilitása volt a legnagyobb, tehát a halolaj minőségét legnagyobb mértékben az **alapanyag minősége** befolyásolja. A sózott halból vagy a fémekkel szennyezett alapanyagból készült halolaj stabilitása rossznak bizonyult.

A halolaj előállításához hasonló nehézségekkel kell szembenézni az algaolaj előállítása során is, erről azonban nincsenek megbízható információk az irodalomban.

2.9.5. A halolaj finomítása

A nyers halolajat finomítani szükséges, melynek során eltávolítják azokat a szennyeződések, amelyek nemkívánatos ízt és szagot, esetleg veszélyes anyagokat eredményeznének a tárolás vagy valamilyen élelmiszerhez történő hozzákeverés

során. Olyan eljárást kell alkalmazni, mely nem károsítja a kívánatos zsírsavakat, és nem távolítja el az olyan természetes antioxidánsokat, mint a tokoferolok.

A nagy tartályokban tárolt halolajat ülepítik, melynek során eltávolítják azokat a szennyező anyagokat, amelyek elősegítik a szabad zsírsavak mennyiségének növekedését, melyek aztán segítik az oxidációt. Javasolják olyan berendezés használatát, melyből nehézfémek nem tudnak kioldódni, melyek katalizálnák az oxidációt. A finomítás során foszforsavas kezeléssel eltávolítják a foszfolipideket, a fehérjeszerű maradványokat, a nyomelemeket és az egyéb maradék szennyeződések. Ezt követi egy közömbösítési lépés, melynek során **többszöri mosással eltávolítják a szabad zsírsavakat**, ami növeli az oxidációs stabilitást és javítja az organoleptikus tulajdonságokat. Ezután jön a fehérítés, mely tovább növeli az oxidációs stabilitást, javítja a színt, az ízt és az illatot, és további szennyező anyagokat távolít el az olajból. Az utolsó lépés a szagtalanítás, melynek során a nem kívánatos szaganyagok távoznak el, és megkapjuk a finomított halolajat, mely kész élelmiszerek esszenciális zsírsavtartalmának növelésére alkalmas.

2.9.6. Az élelmiszerek kiegészítése biológiai aktivitású lipidekkel

A kiegészítés célja legtöbbször a biológiailag értékesebb, a kívánt érzékszervi tulajdonságokkal rendelkező élelmiszer. Leggyakrabban vizes folyadék rendszereket, mint amilyenek a tej és tejitalok vagy a tejalapú gyümölcslevek, egészítenek ki biológiai aktivitással rendelkező lipidekkel. Amennyiben ezek a funkcionális élelmiszer-kiegészítők lipofilek, mint amilyen a CLA, a PUFA-k vagy a szterolok, nehéz az élelmiszerhez hozzákeverni őket, vizes rendszerekben pedig legtöbbször emulzió formájában történik a hozzákeverés. Kereskedelmi szempontból a víztiszta ital az ideális, a komponensek tulajdonságai miatt azonban ez csak ritkán érhető el.

A hosszú szénláncú PUFA-t, a CLA-t általában **észterezett formában, szagtalanítás után** adják az élelmiszerekhez, hogy ne rontsák annak organoleptikus tulajdonságait. Az olajokhoz mindig célszerű **emulgeálószer is adagolni**, mely növeli a diszperzitást, azonban vigyázni kell arra, hogy ne rontsa a végtermék tulajdonságait. Az emulgeáló anyagok felületaktív, amfipatikus molekulák, melyek mind a poláros, mind az apoláros közeggel kapcsolatba lépnek, és az olaj/víz felületen csökkentik a felületi feszültséget, ezzel stabilizálják az emulziót. **Az emulgeáló anyagok tehát stabilitást biztosítanak az élelmiszernek**, megakadályozva a különböző fázisok szétválását. Az emulgeáló anyagok azonban kapcsolatba léphetnek az élelmiszerek egyéb komponenseivel, nemkívánatos termékeket létrehozva. Ennek megakadályozására nagy körültekintéssel kell eljárni, mind a termék fizikai, mind oxidatív stabilitása céljából.

Általában homogénezést is közbeiktatnak a kellő diszperzitásfok és stabilitás elérése miatt. A szterolésztereket ugyanígy adagolják, de emulgeáló komponensek nélkül. A mindennapi gyakorlatban alkalmazott technológiai eljárások, a

pasztörözés, az UHT-kezelés, általában nem befolyásolják a funkcionális komponensek tulajdonságait.

A funkcionális lipid komponensek hozzáadásának megkönnyítésére különböző **porlasztva szárított termékeket állítottak elő**, melyek vizes közegben is könnyen és homogénen elkeverhetők. A kihívást az jelenti, hogy az aktív komponenst hogyan lehet nagyobb koncentrációban a termékhez keverni, illetve az oxidáció miatt ügyelni kell az optimális tárolási feltételek biztosítására. **Eredeti állapotú szterolokat nehéz a vizes közegben egyenletesen elosztatni**, mert ezek a vegyületek erősen hidrofóbok, és az egyszerű hozzákeverést követően azonnal elválnak a vizes közegtől. Ezért általában vagy emulgeáló szereket, vagy nagyon erős nyírórőt alkalmaznak az összekeverés során, hogy a homogén közeg stabil maradjon. A por alakú szterolok ráadásul még robbanásveszélyesek is, ezért kellő óvatossággal kell velük eljárni. Nagyobb koncentrációban krétaízt kölcsönöznek az élelmiszereknek, sőt még a fogakba is beleszállhatnak, amit meg kell előzni, mert ez a fogyasztói elutasításhoz fog vezetni.

2.9.7. Példák a szterolok, a CLA és a PUFA-k növelésére élelmiszerekben

Először a margarínokat, a vajakat, a zsírokat és a kenyérre kenhető zsíros anyagokat egészítették ki növényi szterolokkal, majd a tejtermékek, a szójaitalok és a dresszingek következtek a sorban. Az Amerikai Egyesült Államokban (AEÁ) **a szterolokkal kiegészített italok és gabonafélék jelenleg a legnépszerűbbek**. Mind az AEÁ-ban, mind Európában népszerűek az egy kupicányi tejes italok, melynek 100 grammja 2-3 g növényi szterolt tartalmaz. Ezen kívül népszerűek a növényi szterollal kiegészített joghurt, tej, tejpor és kenhető sajt is.

Az AEÁ-ban a narancslevet (0,4 g egy adagban) és a csokoládét (1,1 g egy adagban), valamint a joghurtot is kiegészítik növényi szterolokkal, illetve szterolészterekkel. Japánban a sütőolajat, a margarint és a majonézt is kiegészítik növényi szterolokkal. Az AEÁ-ban és Európában is népszerű a tej és tejtermékek CLA-val való kiegészítése, de előállítottak CLA-val dúsított ananászlevet, mangólevet, és a friss sajtot is dúsítják CLA-val. Spanyolországban a CLA-val dúsított főlözött tej 0,75%, a joghurt és a joghurtitalok pedig 1,87% CLA-t tartalmaznak.

Az utóbbi időkben elért tudományos eredmények alapján sor került **a csecsemőtápszerek és az idősebbek számára készült élelmiszerek kiegészítésére PUFA-val, eikosa-pentaénsavval (EPA) és dokoza-hexaénsavval (DHA)**. DHA-val kiegészített csecsemőtápszert alkalmaznak az agy kifejlődésének segítésére, és a kúrát tovább folytatják a csecsemőkor után is. A DHA-val kiegészített tejpor, joghurt és joghurtitalok a legnépszerűbbek, melyekben a DHA koncentrációja 80–200 mg/100 g között változik. A fő kihívást e tekintetben a halíznek a kiküszöbölése jelenti, ami korlátozza a halolaj mennyiségét a végtermékben. A tej és tejtermékeken kívül számos ún. omega-kenyér van kereskedelmi forgalomban, melyekben a PUFA koncentrációja átlagosan 80 mg/100 g.

Hogyan lehet a PUFA-tartalmú alapanyagokat, illetve a PUFA-val gazdagított funkcionális élelmiszereket hosszabb időn keresztül eltartani oxidatív romlás nélkül? Minimálisra kell csökkenteni a szállítási időt, a hő- és fényhatást, el kell kerülni különböző minőségű olajak keverését. Kerülni kell a finomítás és a szagtalanítás során a magas hőmérsékletet, csökkenteni kell a fényhatást, és távol kell tartani az oxigént. Célszerű vákuumcsomagolást alkalmazni, és a funkcionális élelmiszereket alacsony hőmérsékleten kell tárolni. Meg kell bizonyosodni arról, hogy az alkalmazott olaj hidroperoxidokat csak minimális koncentrációban tartalmaz, nem tartalmaz átmeneti fémeket és prooxidánsokat. **Az esszenciális zsírsavakat tartalmazó olajat alacsony hőmérsékleten, sötétben, lehetőleg oxigén kizárásával kell tárolni,** és a jó minőségű olajat minél előbb fel kell használni, hisz a peroxidáció 0 °C alatti hőmérsékleten is beindulhat. Óvakodni kell az olyan emulzióképző anyagoktól, melyek gyorsíthatják az oxidációt, ezért ha n-3 zsírsavakkal történő dúsítást tervezünk, akkor esetleg változtatni kell a korábban alkalmazott emulzióképző anyagokat. A nehézfémek megkötésére célszerű kelátképzőket, citromsavat, fehérjéket, poliszacharidokat és polifenolokat alkalmazni az oxidáció megelőzése miatt. Olyan gyökfogó természetes vagy mesterségek antioxidánsokat kell alkalmazni, amelyek az olaj/víz felületen hatnak, ahol az oxidáció történik.

2.10. A funkcionális élelmiszer-komponensek hatékonyságának fokozása

Fokozni kell a biológiai hasznosíthatóságot, amely szoros összefüggésben van a vizes közegben való rossz oldhatósággal, a gyomorban és a bélben való lebomlással és a gyenge bélbeni abszorpcióval. Éppen ezért **növelni kell a komponensek oldhatóságát, abszorpcióját, stabilitását, és kontrollálni kell a felszívódást és a hasznosulást.** A növényi extraktoknál el kell érni a standardizálást, tehát hogy minden alkalommal azonos szarzsokat kapjunk, azonos összetétellel. Az extraktumokat tisztítani kell, hogy a káros anyagok koncentrációja csökkenjen, a funkcionális komponens koncentrációja pedig a lehető legnagyobb legyen. Jelenleg az extraktumok esetében egy funkcionális komponensre koncentrálnak, de elképzelhető, hogy a jövőben a hasonló hatású komponenseket együtt alkalmazzák, kihasználva azok szinergista hatását. Jó példa erre a zöldtea kivonat és a CLA együttes alkalmazása, hisz mindegyik jelentős szerepet játszik a testtömegkontrollban és a szövetek elzsírosodásának megakadályozásában.

2.11. Szépségmegőrző funkcionális élelmiszerek

Az utóbbi időben megjelent egy új fogalom a funkcionális termékek körében, mégpedig a **szépségmegőrző élelmiszerek és élelmiszer-komponensek** fogalma. Az ilyen élelmiszerek lassítják az öregedést, védenek a nap ellen, meggátolják a bőr kiszáradását, javítják a táplálék emészthetőségét, mellyel a jó kinézethez járulnak hozzá, és javítják a testi kondíciókat. Ilyen szempontból ezek az élelmiszerek hatásukban nagyon hasonlítanak a kozmetikumokhoz, csak belsőleg alkalmazzák őket. Az **öregedés ellen** ható szerek az E-vitamin, a karotinoidok, a ginzeng, a zöldteakivonat, a rooiboskivonat, a biotin, a koenzim Q10, a folsav, a szőlőmagkivonat és a vöröshere-kivonat, az **emésztést serkentik és a bőr fiatal-ságát őrzik** meg a probiotikumok, a növényi rostok, az aloe vera, a **napfény ellen** védik a bőrünket az E-vitamin, a karotinoidok, a zöld tea és a rooibos kivonata, a szelén és a fekete áfonya, **testünk összetételét, állapotát javítja** a CLA, a fitoszterolok, a zöld tea-, a szőlőmagkivonat, a DHA és az EPA, a **stressz ellen hat és jó hatással van a bőrre** is az E-vitamin, a karotinoidok, a citromfűextraktum, a ginzeng-, a zöld tea-, a rooibosextraktum és a golyotavirág kivonata.

2.12. A flavonoidok mint funkcionális élelmiszer-komponensek

2.12.1. A flavonoidok szerkezete

A flavonoidok 13 vegyületcsoportot foglalnak magukba, melyek mintegy 4000-féle különböző szerkezettel rendelkeznek. Alapvázuk, 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 **flavonoidok** a növényi metabolizmus másodlagos anyagcseretermékei, melyek főként a gyümölcsök héjában, magjában és kocsányában találhatók meg. Mint pigmentképzők szerepük van az UV fény és a mikroorganizmusok és egyéb növényi kártevők elleni védelemben, az enzimreakciók szabályozásában, és szignálfunkcióval is bírnak a nitrogénmegkötő baktériumok számára. **Élelmiszerként a növényi anyagokban** színezőanyagok, ízkomponensek és antioxidánsok.

2.12.2. 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 delphinidin, a malvidin és a petunidin, a flavonolignanoké a szilmarin, az izoflavonoké pedig a genistein és a diadzein.

A **flavanonok** fő képviselői a heszperedin és a naringenin, melyek a citrusfélékben és a belőlük készített gyümölcslevekben találhatók. Sokat tartalmaz belőlük a csicseriborsó, a kömény, a galagonya és az édesgyökér. Szerepük van az íz, különösen a keserű íz kialakításában (naringin-keserű). A **flavonok** fő képviselői az apigenin és a luteolin, melyek a gabonafélékben, a fűszernövényekben (rozmaryn, kakukkfű) és a zöldségekben fordulnak elő. Szerepük van a növényi szövetek színének kialakításában, mert nagy koncentrációban a fémionokkal komplexeket képeznek, ízalkotók, különösen a keserű ízé (a nobilentin keserű), és csökkentik egyes keserű ízanyagok keserűségét (neodiosmin, roifolin).

A **flavonolok** közé tartoznak a kvercetin és a kempferol, melyek szinte mindegyik növényben megtalálhatók. Fontosabb forrásaik a zöldségfélék levelei és a gyümölcsök, és a komlóban és a fűszerekben fordul még elő. Az **antocianidinek** közé tartoznak a delfinidin, a cianidin, a petunidin és a malvinidin. A bogyós gyümölcsökben, a bodza, a szeder, a szőlő, a cseresznye, az alma, a körte és a csonthéjasok héjában, a zöldségekben, a padlizsánban, a retekben, a káposztában és a céklában, valamint a virágokban fordulnak elő. Színük függ a pH-tól; pH=3,5 körül vörös színűek, emelve a pH-t színtelenné válnak, majd lúgos pH-n kék színűek lesznek. Jelentős szerepük van a bor, a cékla és a vörös káposzta színváltozásában.

A **flavan-3-olok vagy katechinek** bonyolult szerkezetű vegyületek, melyek a leggyakrabban előforduló monomerjeikkel dimer, trimer és polimer komponensek kialakítására hajlamosak. Legegyszerűbb vegyületeik a katechin és az epikatechin, melyek az érett gyümölcsökben (alma, fekete szeder, áfonya, szőlő, barack), fiatal levelekben, gabonafélékben (cirok, árpa), a vörösborban és a teában találhatók. A **flavonoidok forrásai a növényi élelmiszerek**: a zöldségek, a gyümölcsök, a gyógynövények, a bor, a sör és a tea. Stabil vegyületek, hőre, oxigénre, enyhe pH-változásra nem érzékenyek, de a **konyhatechnikai eljárások kb. 50%-kal csökkentik a tartalmukat!** A leggazdagabb növényi flavonoidforrások a zöldségek (hagymafélék, fehérrepa, spenót, dió, zeller, zöldbors, paradicsom, brokkoli, fokhagyma), a **gyümölcsök** (sárgabarack, meggy, cseresznye, alma, szőlő, citrusfélék) és a **gyógynövények** (legyezőfű, kecskeruta, körömvirág, ördögcérna, édesgyökér, réti nyúlszapuka, háromszínű vadárvacska, százszorszép, közönséges gyújtóványfű). A flavonoidok nagy mennyiségben fordulnak még elő a zöld teában, a vörösborban, a ginzengben, a csokoládéban és a japánakában. A különféle zöldségek és gyümölcsök flavonoidtartalmát a következő táblázatok tartalmazzák.

Különféle zöldségek flavonoidtartalma (mg/kg)

Minta	KVE	KEM	MIR	LUT	API	Összes
Brokkolli	15,4	30,8	nd	nd	nd	46,2
Karalábé	4,0	24,3	nd	13,0	nd	41,3
Fehér káposzta	1,6	11,9	nd	4,2	nd	17,7
Vöröshagyma	121,5	2,6	nd	nd	nd	124,1
Lilahagyma	171,3	24,3	nd	nd	nd	195,6
Paprika	9,4	nd	nd	10,7	nd	20,1
Fodros saláta	35,0	8,4	nd	3,9	nd	47,3
Spenót	272,2	nd	nd	66,4	nd	338,6
Zellerzöld	nd	nd	43,4	111,4	248	402,8
Zellergyökér	1,8	nd	nd	nd	24,1	25,9
Fehérrepa	3,2	22,7	85,4	nd	154,0	265,3
Torma	5,7	25,7	nd	9,0	nd	40,4

KVE-kvercetin, KEM-kempferol, MIR-miricetin, LUT-luteolin, API-apigenin.

nd = nem vizsgálták.

Különféle gyümölcsök flavonoidtartalma (mg/kg)

Minta	KVE	KEM	MIR	LUT	API	Összes
Alma	38,3	nd	nd	nd	27,0	65,3
Körte	24,7	nd	nd	nd	nd	24,7
Görögdinnye	nd	nd	nd	18,4	18,4	18,4
Sárgadinnye	nd	nd	nd	nd	25,8	25,8
Szilva	23,3	nd	nd	nd	nd	23,3
Sárgabarack	nd	nd	nd	nd	nd	11,5
Meggy	29,2	nd	nd	nd	nd	29,2
Szeder	14	636	nd	nd	nd	650
Eper	9,0	nd	994	nd	nd	1003
Dió	nd	nd	4565	nd	nd	4565
Kivi	nd	nd	nd	nd	22,3	22,3
Banán	nd	nd	22,8	nd	nd	22,8

KVE-kvercetin, KEM-kempferol, MIR-miricetin, LUT-luteolin, API-apigenin.

nd = nem vizsgálták.

2.12.3. A flavonoidok élelmiszerekkel történő bevitele a szervezetbe

Egy 1970-es egyesült államokbeli felmérés szerint az AEÁ lakosai 1,0-1,1 g/fő/nap flavonoidot fogyasztanak, ami a mai tudásunk szerint nagyon soknak tűnik. Egy 1993-as holland felmérés szerint a fogyasztás 23 mg/fő/nap, de itt csak kevés vegyületet vizsgáltak. Az 1997-es finn felmérés 55,2 mg/fő/nap fogyasztást

mutatott ki, míg 2001-ben Magyarországon 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!**

2.12.3.1. 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 adszorbeálódnak, dekarboxilációval, demetilációval, a kettős kötések telítődésével átalakulnak, majd az aglikonok a vékonybélben keresztül szívódnak fel.

A **metabolizmusuk** során a glikozidokat a felszívódás előtt hidrolizálni kell, azonban az emberben hiányzik a β -glükózidáz enzim. 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 mutagenézist és karcinogenezist befolyásoló hatás, a hepatoprotektív hatás és a véredényrendszer működését befolyásoló hatás.

Az erős antioxidánsok hatása a molekulaszervezettől függ. A fenol nem antioxidáns, de az orto- és paradifenolok igen, és az antioxidáns hatás erőssége szorosan összefügg a hidrolízis mértékével. Rendelkeznek hidrogéndonor-aktivitással, ezért láncmegszakítók. Jelentős redukáló hatásuk is van, ezért másodrendű preventív antioxidánsként is hatnak. Legjelentősebb antioxidáns hatású a kvercetin, majd sorban a miricetin, a kempferol, a luteolin és az apigenin. Az **enzimek aktiválása és módosítása** miatt antiallergén, gyulladáscsökkentő hatásúak. Gátolják a hisztamin kiáramlását, a gyulladásos folyamatok során pedig megakadályozzák az enzimek felszabadulását, a hialuronidáz aktivitását, gátolják az LDL oxidációját, és kivédik az oxidált LDL okozta sejtkárosodást.

Antivirális és antibakteriális hatásuk vizsgálatára antimikrobiális teszteket végeztek, melynek során a réti fű a *Candida albicans*, a szeder az *Escherichia coli*, a málna a *Micrococcus luteus*, a herba a *Pseudomonas aeruginosa*, a szőrös nyír a *Saccharomyces cerevisiae*, a burgonya a *Staphylococcus aureus* és a *Staphylococcus epidermis* mikrobák szaporodását gátolta. **A vizsgált fajok többsége használatos a népi gyógy módokban.**

Mutagenézist és karcinogenezist befolyásoló hatás vizsgálatánál antipromotor és antiinvazív hatást fejtettek ki a daganatos betegségek kialakulásánál

fellépő enzimek gátlásán, a proliferáció visszaszorításán, a gammasugárzás kivédésén, az antioxidáns hatáson és az oxidatív stressz csökkentésén keresztül. Mai tudásunk szerint a rák semmilyen tápanyaggal vagy táplálékkiegészítő készítménnyel nem előzhető meg, de a daganatos betegségek kockázata alacsonyabb azon népcsoportok körében, akik sok zöldséget és gyümölcsöt fogyasztanak. Epidemiológiai megfigyelések bizonyítják a flavonoidok hatékony szerepét a rákos betegségek kezelésében, ezért az akadémiai orvoslás mellett e területen szerepet kell kapjanak a komplementer medicina, a tudományosan megalapozott természetgyógyászati módszerek.

Mediterrán országokban kisebb a szív- és érrendszeri megbetegedésekben szenvedők száma, ami feltételezések szerint a fogyasztott vörösbor flavonoidtartalmának köszönhető. A flavonoidok ugyanis csökkentik a fibrinogén és emelik a plazminogén koncentrációt, növelik a védőhatású HDL, ezzel párhuzamosan csökkentik a káros LDL szintjét. **Miért a vörösbor a funkcionális élelmiszer?** Valószínűleg azért, 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.

További kutatások a flavonoidok hatásáról az alábbiakat állapították meg: Csontritkulásos, osteogenesises betegségekben helyreállítják a csontok fiziológias anyagcseréjét, a cukorbetegségben szenvedőknél növelik az inzulintermelést, nőgyógyászati problémákban az ösztrogéntermelésre hatnak, szerepet játszanak az Alzheimer-kór megelőzésében, elősegítik a gyógyszerek felszívódását, a kvercetin pedig gátolja a húgysavképződéshez szükséges xantinoxidáz-enzim működését, és számos gyógyszer is ezzel a mechanizmussal próbálja javítani a köszvényesek állapotát.

2.12.3.2. 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 antocián tartalmú orvosságok, és nagyszámú gyógyhatású és funkcionális készítmény, kozmetikum és étrend-kiegészítő is tartalmaz flavonoidokat.

A **flavin 7-12 flavonoid** gyógyszernek nem minősülő, táplálkozást kiegészítő készítmény, mely a környezeti ártalmaktól védett területekről gyűjtött, termőhely és fajta alapján válogatott gyümölcsök kivonata. A Flavin-7 a rezveratrol mellett 12 flavonoidot, köztük krizint, galangint, apigenint, luteolint, fizetint, kvercetin, heszperidint és anticianidineket tartalmaz. Mint gyümölcskoncentrátum vitamin-, nyomelem- és ásványianyag-tartalma is jelentős. Főbb alapanyagai a szőlő, a fekete szeder, a fekete cseresznye, a fekete ribizli, a szilva, illetve az alma. A termék egy speciális eljárással készült gyümölcslé-koncentrátum, melynek előállítása során a leszűretelt gyümölcsökből darálást követően préseléssel

nyerik ki a levet, majd az egyéb növényi részekről szűréssel történő elválasztás után egy többlépéses molekulaszeparációs módszerrel, egy adott molekula-tömeg-tartományban, feldúsított koncentrátumot állítanak elő. A feldolgozásra kerülő gyümölcsök fajta, termőhely és érettségi fok szerint válogatottak, hisz a rezveratroltartalom az érés időszakában jelentősen változik, és csak egy rövid időintervallumban mutatja a maximumot. A fenolos vegyületek az UV fény hatására különböző foto-izomerizációs folyamatokon mehetnek keresztül, ami nem kívánatos átalakulásokhoz vezethet, ezért a termék készítése és tárolása során a fényhatásokat ki kell zárni, illetve minimálisra kell csökkenteni, a kész Flavin7-et pedig sötét üvegben kell tárolni. A Flavin7 összes polifenoltartalma 216,4 g/l, napi adagja 2x5 ml Flavin7, ami azonos 1-7 kg gyümölccsel. Kapható oldat és liofilizált változatban is.

A **Flavon Max** kizárólag természetes anyagokat tartalmazó, tartósítószer nélküli készítmény, melyben az összetevők mindegyike régóta használt a népgyógyászatban, így hatásuk már évszázadok óta ismert. A felhasznált sötét színű, bogyós gyümölcsök különösen értékesek, és a „vadgyümölcsökben” is meghökentető mennyiségű antioxidáns (elsősorban C-vitamin és különböző színanyagok) található, amelyek az immunrendszert erősítik, így fokozzák a szervezet ellenálló képességét.

3. fejezet

A tej bioaktív komponensei és azok előállítása

A funkcionális élelmiszerek új kezdeményezések az emberi táplálkozásban, melyeket az egészség javítására alakítottak ki egy olyan környezetben, ahol az életstílusból adódó betegségek és az öregedő népesség veszélyeztetik a társadalom jólétét. A funkcionális élelmiszerek megjelenését elősegítették az étrendünket alkotó komponensek lebontásáról, genomikai hatásukról és a speciális élelmiszer-alkotók egészségre gyakorolt hatásáról egyre növekvő tudományos ismereteink. A funkcionális élelmiszerek tehát 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 megjelennek nemcsak a tehéntejben és a kolosztrumban, hanem az ezekből készült termékekben is.

3.1. A tejben található bioaktív komponensek

A tehéntej speciális hatású fehérjét, 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 tejjepari, illetve más iparági élelmiszerekben, azonban a **tejjepar 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 csonttriturációt.

Bizonyossággal állítható, hogy egyes tej eredetű összetevők hatásosak olyan metabolikus szindrómák rizikójának csökkentésében, amelyek különböző krónikus betegségekhez vezethetnek. Ezek a szív- és érrendszeri betegségek és a diabetes.

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 antimikrobás peptidek, a glükomakropeptidek és a laktóz, valamint származékai, a probiotikumokkal együtt, jó hatással vannak a szervezet immunológiai állapotára, az emésztésre és a fogegészségre.

3.2. Bioaktív fehérjék

A tejfehérjék, a bennük lévő **bioaktív fehérjék és peptidek** táplálkozási értéke széles körben ismert, és növekvő érdeklődés mutatkozik a fehérjék biológiai tulajdonságaival kapcsolatban is. A kazein és a savófehérjék sértetlen, ép fehérjemolekuláit in vivo körülmények között tanulmányozták az élettani hatások pontos feltárására. Ennek során tanulmányozták a tej és a kolosztrum fő bioaktív fehérjeinek egyes tulajdonságait, amelyek az alábbiak: A **kazein** (α_{s1} , α_{s2} , κ , β) ionhordozó, kalcium-, foszfor-, vas-, cink- és rézforrás, prekursora az immunserkentő bioaktív fehérjéknek és antikarcinogén hatású. A **β -laktoglobulin** vitaminhordozó, antioxidáns szerepére is vannak utalások, más bioaktív fehérjék prekursora és zsírsavmegkötő tulajdonsággal is rendelkezik. Az **α -laktalbumin** a laktózsintézis irányítója a tőgyben, Ca-hordozó, immunerősítő, más bioaktív fehérjék prekursora, 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 prekursorai.

A **glüko-makropeptidek** antimikrobás hatású, trombózismegelőző, prebiotikus vegyületek, melyek szabályozzák többek között az emésztési hormonok működését. A **laktoferrin** antimikrobás hatású, antioxidáns, antikarcinogén, gyulladáscsökkentő anyag, mely részt vesz a vasszállításban, a sejtnövekedés-szabályozásban, a bioaktív fehérjék prekursora, 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 hatása annak köszönhető, hogy megtámadva a baktériumok sejtfalának peptidoglikánját, elpusztítja azokat. A **szérumalbumin** bioaktív fehérjék (lipáz szintetáz) előanyaga (prekursora).

A tej alapvető fontosságú az emberi táplálkozásban, mert pl. serkenti a csontépítő sejtek szaporodását és megállítja vagy csökkenti a csontleépülést, növekedési faktoraik serkentik a sejtnövekedést, védik a bélsejteket és javítják, irányítják az immunrendszert. A tejben is sok olyan bioaktív savófehérje található, mint az immunglobulinok, a laktoferrin és a különféle növekedési faktorkok, koncentrációjuk azonban a kolosztrumban jóval nagyobb, mint a tejben. A tejfehérjék további hozzáadott élettani értékkel bírnak a számos bioaktív peptid miatt, amelyek az érintetlen fehérjékben találhatók.

3.2.1. 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, és alapvető szerepet játszanak a tej és tejtermékek érzékszervi és szerkezeti tulajdonságainak kialakításában. A kazein, a savófehérjék és a bioaktív peptidek olyan különböző **biológiai aktivitásokat** mutatnak, mint az immunerősítés, a vérnyomáscsökkentés, a mikrobaellenes, antioxidáns és fájdalomcsökkentő hatás. A **kazein hidrolíziséből származó peptidek** számos élelmiszer-ipari alkalmazás számára erős, funkcionális tulajdonságú anyagok forrását biztosíthatják. Az AEÁ-ban ismert Calpis[®] és Evolus[®] nevű tejtermékek kedvező élettani hatása a β -kazeinből és a κ -kazeinből származó hipotenzív tripeptideken (valin-prolin-prolin és izoleucin-prolin-prolin) alapul. Az egyre fontosabbnak tartott egészségügyi hatásoknak és a dokumentált klinikai vizsgálatok eredményeinek köszönhetően a tehéntej savófehérjéi iránt egyre növekszik az ipari és a kereskedelmi érdeklődés.

A teljes savófehérje-komplex és egyes egyedi fehérjék a következő **előnyös élettani hatásokkal, életfolyamatokkal** hozhatók összefüggésbe: szív- és érrendszer egészsége, jóllakottság- és testtömegkontroll, testfelépítés, regeneráció, izomsorvadás megelőzése, antikarcinogén hatás, sebállapot és gyógyulás, mikrobiológiai fertőzések, nyálkahártya-gyulladás csökkentése, hipoallergén csecsemőtáplálás és egészséges öregedés.

3.2.2. A savófehérjék ipari és kereskedelmi alkalmazása

Az immunglobulinok (Ig) antitestek, melyek jelen vannak minden tejet adó faj kolosztrumában, így megvédik az újszülöttet a kórokozóktól. A humán és tehénkolosztrumban a fő osztályok az IgG, az IgM és az IgA. Hasonló szerkezetűek, két azonos rövid és két azonos hosszú láncból tevődnek össze. A négy lánc diszulfidhidakkal kapcsolódik, így a komplett alap immunglobulin Y alakot formáz, melynek molekulatömege kb. 160 kD. A kolosztrum összes fehérjéjének kb. 70-80%-át, a tejnél 1-2%-át teszik ki az immunglobulinok.

A kolosztrumban lévő immunglobulinoknak a **mikrobiológiai fertőzésekkel szembeni védelmében** játszott szerepe jól dokumentált újszülött borjak esetében. Állattenyésztési célú, kolosztrális Ig-készítmények a kereskedelemben már kaphatók, és piacuk, mint **emberi fogyasztásra szánt táplálkozás-kiegészítők**, egyre nő. Az immunglobulinok a sejt és a nyirokrendszeri immunrendszerhez, annak különböző részeihez kapcsolódnak. 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 specifikus, patogénellenes antitestek koncentrációja magasabb azon tehenek kolosztrumában, amelyeket a patogénekből vagy azok antitesteiből készült

vakcinákkal kezelték. A bioszeparációban történt fejlődés lehetővé tette az antitestek frakcionálását, szétválasztását, dúsítását, és ebből következően „**immun-tej**” elnevezésű termékek előállítását. Az 1950-es években először javasolják a tehén kolosztrumának orális alkalmazását **emberi passzív immunvédelem** segítésére. Az 1980-as évek számos tanulmánya bizonyítja, hogy a kolosztrumkészítmények **eredményesek a különböző patogénekkal való fertőzés** (*Echerichia Coli*, *Candida Albicans*, *Clostridium Difficile*, *Shigella Flexneri*, *Streptococcus Mutans*, *Cryptosporidium Parvum*, *Helicobacter pylori*) **megelőzésében**, a terápia hatásosság, a gyógyító célú felhasználás meglévő fertőzés esetén azonban mégkevésbé bizonyított. Néhány ilyen termék már megtalálható a kereskedelemben, a kapcsolatok világos szabályozásának hiánya azonban sok országban az elterjedés gátlóját jelenti. Az elterjedés érdekében az antibiotikum-rezisztens mikroorganizmusok kialakítása, az immuntejttermékeknek a fejlesztése lehet a megoldás, mely érdekes és nagy kihívás a fertőzések elleni harcban a jövő kutatói számára.

Az **α -Laktalbumin** az egyik meghatározó savófehérje az anyatejben, a tehenéjsavóban pedig a fehérjék 20%-át teszi ki. Az α -laktalbumin a tögy szövetében szintetizálódik, koenzimként a tejcukor bioszintézisének vesz részt, a **laktóz-szintetáz β -alegysége**. Az egész érintetlen molekula, a részben hidrolizált fehérjéből származó peptidek és a teljesen elbontott fehérje aminosavai is előnyös hatásúak, mert kiváló forrásai az esszenciális aminosavaknak, különösen a triptofánnak és a ciszteinnek, amelyek prekursorai a szerotoninnak és a glutatinnak is. A legnagyobb triptofántartalmú természetes fehérje, melynek szájon át adása növelheti a stressztűrő képességet.

Az α -laktalbuminban gazdag étrend kedvezően hatott a stresszcscsökkentésben és a stressz általi rossz hangulatban szerepet játszó biomarker hatásának kompenzálásában. A triptofán és a szerotonin koncentrációjának növekedése az agyban kedvezően hatott a stresszben szenvedők kognitív képességére. Napi 40 g α -laktalbumin bevitelkor egészséges nőkben nőtt a plazmatriptofán szintje és annak aránya a nemesszenciális aminosavakhoz viszonyítva, ugyanakkor ez nem befolyásolta az érzelmi folyamatokat, az érzelmek feldolgozását. Az α -laktalbumin védőhatással bír a nyálkahártya sérüléseinek esetén, mely hatás gyakorlatilag azonos a tipikus fekélymegelőző szerekével.

A tehéntej α -laktalbuminjának hidrolizátuma, azok származékai és speciális peptidjei olyan biológiai aktivitásokkal kapcsolhatók össze, mint a magas vérnyomás megelőzése, a mikrobaellenes hatás, a daganatellenes hatás, az immunerősítés, a fájdalomcsillapítás és egyesek prebiotikumként is hasznosíthatók. Az emberi és a tehéntej α -laktalbuminja aminosav-összetételének nagy hasonlósága miatt jól felhasználható csecsemő- és gyermektápszerekben, és néhány, α -laktalbumin-ban dúsított készítmény is megtalálható már a kereskedelemben.

A **β -laktoglobulin** savófehérje a tehéntejben a savó összes fehérjéjének mintegy 50%-át teszi ki, **az anyatejben azonban nem található meg**. Multifunkcionális adalékanyag számos élelmiszer-ipari és biotechnológiai alkalmazásban, kivá-

ló 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 -laktoszín B** [Ala-Leu-Pro-Met; f(142–145)] peptidje szájon át adva szignifikáns vérnyomáscsökkentő hatást mutatott. Bizonyították a fájdalomcsökkentő **β -laktorfin** [Tyr-Leu-Leu-Phe; f(102–105)] artériákra gyakorolt kedvező hatását, és állítják, hogy a β -laktoglobulinból származó peptidek értékes biológiai tulajdonságokkal bírnak. A β -laktoglobulinból származó, ACE (angiotenzin konvertáló enzimgátló, mely a vérnyomáscsökkentés mellett az érlemezésedés folyamatát is kedvezően képes befolyásolni) gátló hatású peptid, a humán szérummal történő in vitro inkubáláskor gyorsan lebomlott, és orális bevitel után nem volt kimutatható az emberi vérszérumban.

A **laktoferrin** egy vaskötéseket tartalmazó glükoprotein, mely a tejben, a kolosztrumban és az emlősök más kiválasztott nedveiben (tőgy sejtjei) is megtalálható, a gazdaszervezetet védő anyag. Pepszinnel bontva a laktoferricin B (f18–36) és a laktoferrampin (f268–284) keletkezik, melyek fontos szerepet játszanak a szervezet belső, a mikrobás fertőzésekkel szembeni védekező mechanizmusában és a degeneratív folyamatokat kiváltó anyagokkal (pl. a szabad oxigéngyökökkel) szemben.

Mikrobaellenes, multifunkcionális hatású szer. A laktoferrin és származékainak antimikrobás hatása főként **három mechanizmushoz** köthető: A vas megkötése a szubsztrátumokból a baktériumok növekedésének gátlásához vezet. A laktoferrin mikrobamembránhoz, különösen a Gram negatív baktériumok lipopoliszacharidjaihoz való közvetlen kötődése végzetes szerkezetváltozáshoz vezet és a reprodukciót gátolja, a mikrobák epitéliás sejtekhez és enterocitákhoz való kötődését akadályozza.

A laktoferrin mikrobagátló hatása a lizozim és az antitestek akcióival megnövelhető, és a LF a baktériumok olyan antibiotikumokkal szembeni érzékenységet is megnöveli, mint a penicillin, vankomicin és a kefalosporinok. A LF és származékainak in vitro antimikrobás aktivitása a patogén mikrobák széles körében bizonyított, mint az enteropatogén *E. coli*, *Cl. perfringens*, *Candida albicans*, *Haemophilus influenzae*, *H. pylori*, *Lis. Monocytogenes*, *Ps. Aeruginosa*, *S. typhimurium*, *S. enteridis*, *Staph. Aureus*, *Str. Mutans*, *Vibrio cholerae* baktériumok, és a hepatitis C, G, vírus, a HIV-1, a cytomegalovírus (herpeszvírus), a poliovírus, a rotavírus és a herpesz simplex vírus.

A **LF daganatellenes hatásának mechanizmusa esetében** a következő tulajdonságok játszanak szerepet: A vas-keláthoz köthető antioxidáns tulajdonság, az immunszabályozási hatás és a gyulladáscsökkentő hatás. **Szabályozási funkciót mutatott** a celluláris és a kiválasztási immunrendszerben a limfociták sokszorozásával és stimulálásával, a neutrophilek, makrofágok, monociták, természetes ölősejtek aktiválásával, a citokin és a nitrogén-oxid-termelés serkentésével, és a belső és perifériás immunrendszer stimulálásával.

A LF és több származékának szájon át adása elnyomja a szokásos, bélből izolálható baktériumok (*E. coli*, *Cl. törzsek*, *Streptococcusok*) működését és szét-szóródását, de nincsenek hatással a bélbarát bifidobaktériumokra. A LF és a laktoferricin csökkentette a *H. pylori* és a *Toxoplasma gondii* candidiázis fertőzés mértékét és az influenza klinikai tüneteit. Javították az étrendi státuszt, az étvágyat, a vashiányt, a gyógyszer okozta gyulladást, a vastagbélgyulladást és a köszvényt, és csökkentették az endotoxikus sokk halálozási arányát. Javította a korai elválasztású borjak testtömeg-gyarapodását, és orálisan alkalmazva a LF javítja a csontsejtek aktivitását és a csontfejlődést.

A LF-etetés 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, és lényegesen csökkent az *Enterobacteriaceae*, a *Streptococcus* és a *Clostridium* száma. Csecsemők táplálékának 12 hónapig tartó LF-kiegészítése összefüggésben volt a kontrollcsoporthoz képest kevesebb légzőszervi megbetegedéssel és a magasabb hematokritszinttel. A LF lényegesen növeli a *H. pylori* okozta gyomorhurut gyógyulásának arányát, a kórokozó kiirtását. A LF-adagolás csökkenti a bakteriális fertőzések megjelenésének kockázatát és a fertőzés hevesességét neutropeniás betegek esetében. A LF-adagolás enyhíti a hepatitis C fertőzés tüneteit, és csökkenti a vékonybél permeabilitását gyógyszer okozta bélsérülés esetén. A LF-adagolás előnyös lehet stressz által kiváltott neurodegeneratív rendellenesség esetén és a gyakori daganatok kezelésében.

Látványos keresletnövekedés tapasztalható a LF-re vonatkozóan, és számos LF-dúsított termék kapható a kereskedelembe. Sokan **gyártanak laktoferrint ipari méretben**, mint adalékanyag is egyre inkább használatba kerül, és adagolásával intenzíven növekvő mennyiségű funkcionális élelmiszer és gyógykészítmény fog készülni. Ma már kapható joghurt és csecsemőtápszer is LF-nel kiegészítve, és a **laktoferrin táplálék-kiegészítőkben is alkalmazzák** (laktoferrin-készítmény, kolosztrum (por formában), probiotikus készítmények). A **laktoferrin szinergista hatása** miatt (pl. lizozimmal, laktoperoxidázzal) megtalálható a fopasztaékban, a szájöblítókben, a hidratáló gélekben és a rágógumikban is.

A **laktoperoxidáz** egy olyan glükoprotein, mely az anya-, a tehéntejben, a kolosztrumban és más kiválasztott anyagokban is megtalálható. A tejben a legnagyobb mennyiségben megtalálható enzim, és a savóból is jelentős mennyiségben visszanyerhető. A laktoperoxidáz enzim **a tiocianát és néhány halogenid peroxidációját katalizálja** hidrogén-peroxid jelenlétében, miközben olyan tiocianid-termékeket (SCN-) és hypotiocianidokat (OSCN-) képez, amelyek **számos mikrobaféleséget elpusztítanak**, vagy gátolják a szaporodásukat. A hypotiocianid (OSCN-) anion a mikrobaenzimek és egyéb membránfehérjék szulfhidril (SH) csoportjainak oxidációját idézi elő, ami az erre érzékeny mikrobák köztes gátlását vagy elpusztítását eredményezi.

Az emlőszövetekben a laktoperoxidáz-SCN-H₂O₂ komplett antimikrobás rendszer, mely természetes, saját gazdarendszert védő mechanizmus. A laktoperoxidáz jelenléte szerepet játszik a légúti nyálkahártyában a mikrobák okozta fertőzés leküzdésében. A LP jelentős aktivitást mutatott a vírusokkal, penészgombákkal, élesztőgombákkal és protozoákkal szemben. Baktericid hatással bír a fertőző Gram negatív *E. coli*, *Salmonella*, *Pseudomonas* és *Campilobacter* patogénekkal szemben. Bakteriosztatikus számos olyan Gram pozitív baktériummal szemben, mint a *Listeria*, a *Staphylococcus* és a *Streptococcus* fajok. Gátlást mutat a *Candida* fajok és a *Plasmodium falciparium* esetében, valamint in vitro inaktivátor hatást mutat a HIV-1 és a polio vírussal szemben.

Természetes anyag a nyers tej tartósítására, ezért 1991 óta a Codex Alimentarius Bizottság elfogadta tejtartósítási anyagként. A módszert sok olyan országban alkalmazzák, ahol a tej hűtésének megfelelő körülményei, berendezései nem biztosíthatók. A LP-rendszert alkalmazzák még állati takarmányokban, fog-egészségügyi termékekben (pl. fogkrém), a *H. pylori* által okozott gyomorfekély gyógyításában és különböző termékek (hús, hal, zöldségek, gyümölcsök) tartósítására.

A **glükomakropeptid** (GMP) egy olyan C-terminális glükopeptid, amely a kazeinnek oltóenzimmal történő bontásából (¹⁰⁵Phe-¹⁰⁶Met) származik. A hidrofil tulajdonságú GMP a sajtgyártás során a savóba kerül, molekulatömege hozzávetőlegesen 8000 D, szénhidráttartalma kb. 50–60%, amely galaktózból, N-acetilgalaktózaminból és N-acetil-neuraminsavból tevődik össze. Szénhidrátmentes formája a kazeino-makropeptid (CMP), amely in vitro inaktiválja az *E. coli* és a *Vibrio cholerae* toxinjait, gátolja a karcinogén Str. mutans és Str. sobrimus baktériumok és az influenzavírus megkötődését (adhézióját), erősíti az immunrendszert és támogatja a bifido-baktériumokat.

Vérnyomáscsökkentő és antitrombotikus hatásán keresztül szabályozza a vér áramlását, hatásosan gátolja a patogén *E. coli* in vitro megkötődését az emberi HT29 vastagbélrák-sejtekben, a probiotikus laktobacillus törzsek működését viszont alig gátolja. Szájon át bevéve csökkentette az *E. coli* által kiváltott hasmenést. Gazdag elágazó láncú aminosavakban (Ile, Leu, Val), szegény viszont metioninban, ami értékes összetevővé teszi a májbetegség étrendjében. Nem tartalmaz fenil-alanint, ezért a fenil-ke-tonúriában szenvedők is fogyaszthatják. Magas szialinsav-tartalma az agy fejlődésében előnyös hatást fejt ki és javítja a tanulási képességet.

Gátolja a gyomorszekréciót és a gyomor mozgását, stimulálja a cholecystochinin kiválasztását, amely hormon részt vesz a nyombélszakaszban a táplálékbevitel és az emésztés ellenőrzésében. Épen vagy csak részben lebontva joghurt fogyasztása után átkerülhet a véráramba. Testtömeg-ellenőrző és egyéb étrendi termékek GMP-t és CMP-t tartalmaznak, az ilyen termékek hatásosságának bizonyítása azonban még további klinikai vizsgálatokat igényel. Nincs hatással az energiabevitelre vagy a jóllakottságra, de előnyös hatást gyakorol az emésztőrendszer mikroflórájára, mivel elősegíti a bifidobaktériumok növekedését. Tiszta GMP nagy mennyiségben a savóból nyerhető ki kromatográfiás módszerekkel vagy membránszeparációval.

3.2.3. A bioaktív peptidek előállítása és funkcionalitása

A bioaktív peptidek speciális fehérjetöredékek, amelyek pozitív hatást gyakorolnak a testfunkciókra és testkondícióra, és végső soron az egészségi állapotra. Az **aktivitásuk az őket felépítő aminosavakon és azok sorrendjén alapul**. Az aktív sorrendek, sorozatok száma 2 és 20 között változik a peptidekben, és sok ilyen peptid sokrétű (multifunkcionális) tulajdonsággal bír. A bioaktív peptidek legfőbb forrása a tejfehérje, melyek 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. Számos élettani hatással rendelkeznek in vivo az emésztő-, szív- és ér-, endokrin-, immun-, központi ideg- és egyéb rendszerekben.

Szív- és érrendszeri hatásuk magasvérnyomás-ellenes, antioxidáns, trombózisellenes és koleszterinszint-csökkentő. Az ideg- és endokrin rendszerben fájdalmat erősítő vagy csökkentő hatásúak. Az emésztőrendszerben mikrobaellenes, ásványianyag-megkötő és jóllakottságot befolyásoló szerepük van, az immunrendszer kapcsán pedig mikrobaellenesek, sejt- és immunrendszer-szabályozók.

A bioaktív peptidek és a speciális aminosav sorrendek az eredeti fehérjén belül inaktívak, melyek a következő módon szabadulhatnak fel a prekursor fehérjéből: hidrolízis emésztőenzimekkel, a tej fermentálása savanyítókultúrákkal és fehérjebontás külső enzimekkel; az emésztőenzimek bioaktív peptideket eredményeznek a hidrolízis során. Leginkább a pepszin, a tripszin és a kimotripszin esetén bizonyított, hogy számos vérnyomáscsökkentő peptid, kalciummegkötő foszfopeptid, baktericid, immunszabályzó és fájdalombefolyásoló peptid keletkezik mind a kazein-, mind a savófehérje-frakciók hidrolízisekor. A kazeinből származó peptidek erősebb ACE-gátlók, míg a savófehérje eredetű peptidek, pl. az Ala-Leu-Pro-Met-His-Ile-Arg vagy a β -laktoglobulin tripszines bontásából származó laktokinin erős vérnyomáscsökkentő hatást mutatnak.

Az alkaláz, a termolizin, a szubtilizin és a gyorsabb emésztés érdekében történő, egymást követő tripszines és tripszines kezelés szintén bioaktivitást mutató peptideket eredményez. Az *Aspergillus oryzae*-ből kinyert proteáznak volt a legnagyobb ACE-gátló aktivitása. A tejsavbaktérium-kultúrák is rendelkeznek fehérjebontó hatással: A *Lactobacillus helveticus* törzs képes vérnyomáscsökkentő hatású peptidek képzésére, amelyek közül a legismertebb ACE-gátló a Val-Pro-Pro és az Ile-Pro-Pro tripeptid. A joghurtkultúra baktériumai, a sajtstarterek és a közösleges probiotikumok is termelnek bioaktív peptideket a fermentáció alatt.

A tejipari kultúrák a savó antioxidáns aktivitását váltották ki, melyért a keletkezett peptidek voltak a felelősek. Öt *Lactobacillus* törzs keverékét használva a hidrolizátum ACE-gátlása megnőtt, melynek során két erős ACE-gátló peptidet, a Gly-Thr-Trp és a Gly-Val-Trp tripeptideket tudták izolálni. Új ACE-gátlókat tudtak kimutatni a fermentált tejben, melyet a nyers tejből izolált *Enterococcus*

faecalisszal savanyítottak, és két β -kazein alapú peptid, f(133–138) és f(58–76) eltérő vérnyomáscsökkentő hatásáról is beszámoltak.

A *Lact. acidophilus*, a *Bifidobacterium lactis* és a *Lact. casei* alkalmazásakor a fermentált tej növekvő ACE-gátló aktivitását mutatták ki. Megállapították, hogy minden vizsgált kultúra termelt ACE-gátlókat, de a *B. longum* és a *L. acidophilus* mutatta a legnagyobb ACE-gátló aktivitást. A kutatók reményei szerint a jövőben géntechnológiai módszerekkel lehetőség lesz genetikailag módosított laktobacillus törzsekkel kívánt összetételű, ismert hatású bioaktív peptideket tartalmazó termékek előállítására.

A tej kultúrákkal történő fermentálása megnövelte a termelt bioaktív peptidek mennyiségét és változatosságát. Hasonló folyamatok játszódhatnak le in vivo körülmények között az emésztőtraktusban is. 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. Állítják azt is, hogy **kettős enzimes kezeléssel csökkenteni lehet a tejfehérje allergén hatását, ami új típusú funkcionális tejtermékek megjelenését eredményezheti!**

Savóból és kazeinből az egymást követő pepszines és tripszines emésztés erős ACE-gátló peptidek megjelenését eredményezte, amelyek elsősorban az α_s -kazeinből és a β -kazeinből származhattak. A joghurttej tripszines kezelése a fermentáció előtt foszfopeptidben gazdag frakció keletkezését eredményezte a termékben, melynek során különösen a β -kazein(1–25)-4P és az α_s -kazein(43–79)-7P kazeino foszfopeptid (CPP) keletkezése volt jelentős.

3.2.4. Bioaktív peptidek és újszerű alkalmazásuk

A természetes úton keletkező bioaktív peptidek fermentált tejtermékekben való megjelenése, mennyisége, aktivitása függ a starter fajtájától, a fermentáció idejétől, a termék típusától és a tárolási körülményektől. A cheddar sajtban az ACE-gátló aktivitás a proteolízis mértékétől függött, és a probiotikus törzs hozzáadása növelte az ACE-gátló aktivitást a 4 °C-os érlelési körülmények között.

3.2.4.1. A tejtermékekben található bioaktív peptidek és aktivitásuk

Cheddar esetében α_s - és β -kazeintöredékeket azonosították, melyek a foszfopeptidekhez hasonló hatással bírtak. A mozzarella, a crescenza és a gorgonzola (olasz sajtok) esetében a β -kazein f(58–72) frakciónak, a goudánál az α_s -CN f(1–9) és a β -CN f(60–68) frakciónak, a festivónál pedig az α_s -CN f(1–9), f(1–7), f(1–6) frakcióknak volt ACE-gátlásuk. Az ementáli α_s - és β -kazein-töredékekről immunrendszer-fokozási, néhány foszfopeptidről pedig antimikrobás hatást mutattak ki. A manchegónál (juhsajt) a juh α_{s1} -, α_{s2} - és β -kazein-töredékekről, 44

kemény, félkemény és lágysajtminta Val-Pro-Pro, Ile-Pro-Pro szekvenciájáról, a cheddarnál pedig az α_s -CN f(1–6), f(1–7), f(1–9), f(24–32), f(102–110), és a β -CN f(42–57), f(193–209) szekvenciáról mutattak ki ACE-gátlást.

Savanyú tejtermékeket vizsgálva az aludttej β -CN f(74–76), f(84–86) és a κ -CN f(108–111) szekvenciájáról magasvérnyomás-gátlást, a Dahi Ser-Lys-Val-Tyr-Pro szekvenciájáról és a juhtejjoghurt nem azonosított aktív peptidjeiről, a kecskekefir PYVRYL, LVYPFTGPIPN szekvenciájáról, valamint a savanyú tejtermékek normál és probiotikus törzsekkel kapott, nem azonosított aktív peptidjeiről mutattak ki ACE-gátlást.

Megállapították, hogy a bioaktív peptidek a tejtermékekben egy időben vannak jelen, és hogy a peptidek különböző mértékű megjelenését a kultúrák szabályozzák, de a peptidek tárolás alatti stabilitását nehéz megőrizni, ellenőrzés alatt tartani. Indiában két olyan, klinikailag bizonyítottan előnyös hatású, magas antihipertenzív peptidtartalmú termék van piacon, amelyeket a magas vérnyomásos betegek részére fejlesztettek ki. A japán Calpis vagy az Ameal, valamint a finn Evolus savanyú tejtermékek egyaránt az ACE-gátló Ile-Pro-Pro és a Val-Pro Pro peptideket tartalmazzák jelentős mennyiségben. Olyan peptideket is vizsgálnak, amelyek antikarcinogén, antihipertenzív, ásványianyag-megkötő és stresszcsökkentő hatással bírnak.

3.2.4.2. Bioaktív peptideket tartalmazó tejtermékek és adalékok

A Calpis, az Ameal S aludttej és az Evolus aludttej aktív szekvenciája az α_s - és a β -kazein Val-Pro-Pro és Ile-Pro-Pro szekvenciája, melynek vérnyomáscsökkentő hatása van. A Bio-Zate, hidrolizált savófehérje izolátumban β -laktoglobulin-töredékek találhatók, melyek vérnyomáscsökkentők. A BioPure-GMP savófehérje izolátum, melyben az aktív komponens a κ -CN f(106–169) glükomakro-peptid, melynek szerepe a daganatmegelőzés, a mikrobagátlás, a trombózis megelőzése, a fogak remineralizációja és a jóllakottság kiváltása. A ProDiet F200/Lactium ízesített tejtital, édesség és kapszulázott formában α_s -kazein f(91–100), (Tyr-Leu-Gly-Tyr-Leu-Glu-Leu-Leu-Arg) szekvenciát tartalmaz, melynek szerepe van a stressztünetek enyhítésében.

A festivo zsírszegény keménysajt, melynek α_s -kazein f(1–6), f(1–9), f(1–7) szekvenciája vérnyomáscsökkentő. A Cysteine Peptid egy adalékanyag, tejfehérje-származék, mely segíti az elalvást. A C12 Peption adalékanyag egy dodekapeptid kazeinszármazék, FFVAPFPEVFGK szekvenciával, melynek a vérnyomáscsökkentésben van szerepe. A Capolac adalékanyag egy kazeino-foszfopeptid, melynek az ásványianyag-felszívódás javításában van szerepe. A PeptoPro ízesített ital kazeinszármazékok, di- és tripeptidek keveréke, melynek a testi teljesítmény fokozása, az atletikus alkat kialakítása és az izomregeneráció gyorsítása a szerepe. A Vivinal Alpha adalékanyag α -laktalbuminban gazdag savófehérje-hidrolizátum, melynek szerepe az alvás és pihenés elősegítése. A Praventin adalék-

anyag Laktoferrinben dúsított savófehérje-hidrolizátum, melyet a bőrfertőzések tüneteinek csökkentésére használnak.

3.3. Bioaktív lipidek

3.3.1. Konjugált linolsavak

A tehéntej zsírja 400 különböző kémiai összetételű zsírsavból áll. A legtöbb zsír-sav a glicerinnel észtert képez, és a tejben leginkább trigliceridek formájában van jelen. 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,t-11 izomert **rumin-savnak** is nevezik, mely részben a többszörösen telítetlen zsírsavak biokonverziójával keletkezik a bendőben, anaerob baktériumok működésének eredményeként (pl. *Butyrovibrio fibrisolvens*), de elsősorban a tejelő állatok tőgyében, a vaccénsav (transz 18:1) $\Delta 9$ -dehidrogenezésével keletkezik.

A tejszír a KLS leggazdagabb természetes forrása. A különböző közlemények alapján mennyisége a tejszírban 2,0-53,7 mg/g között változik; koncentrációját befolyásolja a takarmányozási rendszer, a takarmány tartósítása, a hely és a tehen fajta. Legeltetett állatok tejszírjában több KLS van, mint a kötött tartásúakéban, és a legelő minősége is befolyásolja azt, mivel a hegyi legelőkön tartott tehenek esetében nagyobb mennyiséget mértek a síkságokon legeltetett állományokhoz viszonyítva. A takarmány növényi vagy halolajjal történő dúsítása hatékonyan növelte meg a KLS-tartalmat. A linolsavban dús koncentrátumok (szója, napraforgó, repce) jobb hatásúak, mint egyéb poli-telítetlen zsírsavakban dús növényi olajok (lenmag, mogoró). A halolajak és azok kombinációi a növényi olajokkal még jobb eredményt adnak a KLS növelése céljából, mint bármely növényi olaj egymagában.

A vaj esetében megállapították, hogy a KLS-ben dús alapanyag (tejszín) felhasználásakor a vaj lágyabb, mint a közönséges termék. A sajtgyártás műveletei, úgy tűnik, csak kismértékben befolyásolják a végtermék KLS-tartalmát. Cheddar és ementáli sajtok esetében a KLS-ben dús alapanyagból készült sajt állománya lágyabb, de más érzékszervi tulajdonságban nincs lényegi különbség köztük. Megállapították, hogy az organikus tejben és az ebből készült termékekben szignifikánsan több a KLS, mint a hagyományos takarmányozásból származó tejben és tejtermékekben. A propionibaktériumok, a laktobacillusok és a bifidobaktériumok képesek a linolsavat KLS-vá átalakítani sejtenyészetben, tejjel készülő kultúrában.

Az étrendi KLS egészségre gyakorolt sokoldalú hatásai a következők: Antikarcinogén, érelmeszesedés-gátló, diabétesz-megelőző, elhízás-megelőző és immunrendszert erősítő hatás. Ezen előnyöket elsősorban két izomer, a cisz-9, transz-11 és a transz-10, cisz-12 izomer hordozza, de a pontos hatások az izo-

merektől 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 csökkenésére, a sovány testtömeg növelésére, mert kapcsolatot találtak a testzsírcsökkenés és a sovány tömeg arányának növekedése között. A KLS diabetest megelőző hatásáról egymásnak ellentmondó eredményeket közöltek, érelmeszesedés gátló hatását vizsgálva viszont közöltek azt megerősítő, de azt vitató eredményeket is, és nem egyértelműen jelentkezett a vérzsírcsökkentő és a vér koleszterinszintjét csökkentő hatás sem. Számos in vitro kísérletben megerősítették, hogy a szintetikus KLS-ben és ruminsavban dúsított tejszír daganattellenes hatású. A táplálékeredetű KLS antikarcinogén hatású a mell-, a prosztatata- és a vastagbélrák esetében, és egy epidemiológiai kutatásban postmenopauzás nők esetén az étrendi, illetve szérum KLS-szint és a mellrák rizikója között fordított összefüggést találtak. Megállapították, hogy a tejtermékkel bevitt KLS nagyobb mennyisége csökkenti a végbélrák rizikóját.

A konjugált linolsavakról tehát megállapítható a rákellenes hatás, az antioxidáns hatás, az immunerősítő hatás, az antiatherogén hatás és a testzsírcsökkentő hatás. A konjugált linolsavak előfordulása élelmiszerekben alacsony, hisz a tejben és tejtermékekben 0,2-2,0 g KLS/100 g tejszír, a kérődző állatok húzában 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. Fentiek miatt tanulmányoztuk annak lehetőségét, hogyan lehetne növelni a KLS mennyiségét különféle élelmiszerekben.

3.3.1.1. A konjugált linolsavak mennyiségének növelése

Első alkalommal vizsgáltuk a konjugáltlinolsav-tartalom növelés lehetőségeit tejben és tejtermékekben. Köztudott, hogy a KLS-tartalmat a tejben befolyásolja a szarvasmarhák takarmányozása, a tartásmód (legelő, napfény), majd a savanyú tejtermékekben a mikrobiális fermentáció, a vaj és sajtok esetében pedig a hőkezelés módja és az érlelési idő. Pontosabb adatok megszerzése miatt vizsgáltuk eltérő genotípusú szarvasmarhák tejszírének zsírsavösszetételét és KLS-tartalmát, és ezen komponensek változását a laktáció során, ezt követően elemeztük különféle kultúrák hatását a tejtermékek zsírsavösszetételére és KLS-tartalmára, majd a savanyú tejtermékek gyártása során a szintenyészetek hatását a zsírsavösszetételre és a KLS-tartalomra, a hozzáadott linolsav hatását a KLS-tartalomra, és a technológia hatását a tejtermékek zsírsavösszetételére és KLS-tartalmára. Vizsgáltuk ezen túl a különféle vajak és margarinok zsírsavösszetételét, a hő- és mikrohullámú kezelés hatását a tejtermékek zsírsavösszetételére, és a sajtok zsírsavösszetételének változását a tárolási idő függvényében.

3.3.1.2. A tejszír zsírsavösszetétele, KLS-tartalma és változása a laktáció során

Megállapítottuk, hogy a feketetarka és a vöröstarka holstein-fríz, valamint a vöröstarka tejszírjának zsírsavösszetétele szinte teljes mértékben megegyezik. A telített szénláncú zsírsavak a téli és kora tavaszi, míg a telítetlen zsírsavak a nyári hónapokban érik el maximumukat, a KLS maximumát 1,35%-kal augusztusban, minimumát pedig 0,75%-kal januárban mutatja. A nyáron fejt tej gazdagabb esszenciális zsírsavakban, valamint magasabb telítetlenzsírsav-tartalma miatt némileg nagyobb táplálkozásbiológiai értéket képvisel.

3.3.1.3. Különböző kultúrák hatása a tejtermékek zsírsavösszetételére és KLS-tartalmára

Vizsgáltuk, hogy **a különböző szintenyészetek** (*Lactobacillus lactis* subsp. *lactis*, *Lactobacillus lactis* subsp. *cremoris*, *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus*, *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, *Lactobacillus lactis* subsp. *lactis* biovar, *Lactobacillus diacetylactis*, *Lactobacillus acidophilus*, *Bifidobacterium lactis*) **milyen hatással vannak a különböző technológiával előállított savanyított tejtermékek** (szána, joghurt) **zsírsavösszetételére, különös tekintettel a konjugált linolsavra** (KLS). A Székelyföldön savanyú tejtermékek előállítására a napi gyakorlatban használt kultúramezerekkel előállított tejkészítményeket összehasonlítva nem tudtunk olyan összeállítást (tejsavbaktérium-kombinációk, hőmérséklet, idő) képezni, amely lényegesen megnövelte volna a tejtermék KLS-tartalmát. Vizsgálataink során megállapítottuk tehát, hogy az általunk alkalmazott és a tejipari gyakorlatban mindennaposan használt **kultúráknak alig van hatásuk** a tej zsírsavösszetételére. Minimális különbséget találtunk ugyan az egyes zsírsavak esetében, de a csekély különbségek miatt megállapítható, hogy a kultúrák nincsenek hatással a tejszír táplálkozási értékére.

A *Lactobacillus acidophilus*-nál és a *Lactobacillus plantarum*-nál 100 µl napraforgóolaj adagolása a KLS mennyiségét 35-40%-kal növelte, a *Lactobacillus casei*-nél viszont csak 20% növekedést tapasztaltunk. Az optimális KLS-termelés érdekében javasoljuk az általunk napraforgóolajjal elvégzett kísérletet az alkalmazni kívánt tejsavbaktériummal előzetesen elvégezni.

3.3.1.4. A vaj, a sajtok és a margarin KLS-tartalma

A vaj lényegesen több rövid szénláncú zsírsavat, valamint palmitinsavat és sztearinsavat tartalmaz, mint a margarin. A margarinok olajsavtartalma nagyobb, mint a vajaké, lényegesen nagyobb azonban a margarinok linolsavtartalma. Vizsgálataink szerint a jelenleg kereskedelmi forgalomban kapható margarinok csekély mennyiségben tartalmazzák a transz konfigurációjú elaidinsavat, így e

szempontból a margarin nem jelent kockázatot a fogyasztó számára. A hagyományos és a mikrohullámú hőkezelés (2–8 perc) nem okoz szignifikáns változást az elaidinsav és az olajsav, valamint a többi zsírsav esetében. A vizsgált félkemény sajtok közül a Rucăr sajtnak volt a legnagyobb (0,135 g KLS/100 g zsír), míg a Penteleunak a legkisebb (0,089 g KLS/100 g zsír) KLS-tartalma.

3.3.1.5. Különböző sajtok konjugáltlinolsav-tartalmának változása a tárolás során

Három félkemény (Dalia, Rucăr, Penteleu) és egy feta típusú (Telemea) sajtot öt hónapon keresztül +4 °C-on hűtőszekrényben tároltunk, és háromhetente megmintáztunk. Megállapítottuk, hogy a konjugáltlinolsav-tartalom a 21. tárolási hét végére a Dalia esetében 0,047 g KLS/100 g zsírról 0,115 g KLS/100 g zsírra, a Penteleunál 0,034-ről 0,089-re, a Telemea esetében 0,038-ról 0,120-ra, a Rucăr esetében pedig 0,042-ről 0,128 g KLS/100 g zsírra nőtt a tárolás során. Mindegyik sajt esetében a KLS-tartalom a tárolás 15-18. hetében érte el a maximális értéket, melyet követően mennyisége vagy csökkent, vagy állandó szinten maradt.

3.3.2. Poláros lipidek

A **poláros lipidek** (foszfatidil-etanolamin, foszfatidil-kolin, foszfatidil-szerin, foszfatidil-inozitol, szfingomielin, ceramidok és gangliozidek) 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 (vérrögképződés, immun- és gyulladásos betegségek) kialakulásában is. A szfingolipidek és származékaik nagy bioaktivitású vegyületek, amelyek antikarcinogén, koleszterincsökkentő 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.

3.4. Növekedést befolyásoló faktorok

Növekedést serkentő vagy gátló hatású faktorokat először a humán kolosztrumban és az anyatejben, majd később a tehén kolosztrumában, tejében és a savóban is kimutattak. A tehéntejben található növekedési faktorok a következők: A BTC (béta cellulin), az EGF (epidermális növekedési faktor), az FGF1 és az FGF2 (fibroblasztikus növekedési faktorok), az IGF1 és IGF2 (inzuliszerű növekedési faktorok), a TGF β1 és a TGF β2 (átalakító növekedési faktorok) és a PDGF (trombocitanövekedési faktor). A növekedési faktor mennyisége a kolosztrumban az

ellés után a legnagyobb, majd ezután lényegesen csökken. Koncentrációjuk a tehéntejben: EGF (2-155 ng/ml), IGF-1 (2-101 ng/ml), IGF-2 (2-107 ng/ml), TGF- β 2 (13-71 ng/ml), míg a többi ismert növekedési faktor mennyisége 4 ng/ml alatti.

A 6000 és 30 000 D közötti molekulatömegű polipeptidek 53-425 aminosavat tartalmaznak, nem érzékenyek a pasztörözésre, és az UHT-kezelést is jól bírják. Az EGF és a BTC stimulálja (gyorsítja) a bőr-, az epiteliás és az embrionális sejtek osztódását, gátolja a gyomorsav kiválasztását, és támogatja a bél egészségét és a csont felépülését. A TGF- β csoport fontos szerepet játszik az embrió fejlődésében, a szövetregenerációban, a csont és a porc kialakulásában és az immunrendszer szabályozásában. A TGF- β mindkét formája gyorsítja az összekötő sejtek szaporodását, és gátolja a limfociták és az epiteliás sejtek burjánzását. Az IGF mindkét formája számos sejttypus szaporodását gyorsítja, és szabályozza a glükózfelvételt és a glikogénszintézist. Az EGF, IGF-1 és a TF-ek különböző helyi hatásokat idézhetnek elő az emésztőtraktusban, és egyben vagy részben átkerülhetnek a bélből a véráramba. A fehérjék és a fehérjebontó enzimgátlók jelenléte a tejben megvédelmezi az EGF-et a gyomorban és a bélben való lebomlástól.

A tehéntej- és kolosztrumalapú táplálékkiegészítő fogyasztása rövid, kintartást igénylő gyorsasági tréningek alatt, férfi atlétákban megnövelte a szérum IGF-1 szintjét. Egyes növekedési faktorok étrendileg adagolva helyi és szisztémás hatásokat előidézve megőrzik biológiai aktivitásukat és szerkezetüket a testben. A tehéntej- és kolosztrumalapú növekedési faktort tartalmazó termékek alkalmazásával a bőrbetegségek, a bélegészség biztosítása és a csontrendszer egészsége, jó állapota a cél. Az aktív növekedési faktorokat tartalmazó kolosztrumalapú termékek alkalmasak a nem-szteroid gyulladáscsökkentők mellékhatásainak és a köszvény megelőzésére. Chron-betegségben szenvedő gyermekekben egy TGF- β 2-ben gazdag, savas kazeinkivonatot vizsgáltak sikeresen. Egy sajt savóból készített kivonat ígéretesnek bizonyult az orális mucosis és a sebek (pl. lábszárfekély) kezelésében. Lehetséges területek még a felhasználásra a pikkelysömör, az újszülöttek allergiával szembeni toleranciájának elősegítése vagy a kemoterápia általi bélrendszersérülés elleni védelem.

3.5. Egyéb bioaktív vegyületek a tejben

Bioaktív vegyületek még a tejben a hormonok, a citokinok, az oligoszacharidok, a nukleotidok és a speciális fehérjék. A **szteroid vagy fehérje eredetű hormonok** a következők: Gonadális hormonok (ösztrogén, progeszteron, androgének), adrenalinok (glükokortikoid hormonok), agyalapi hormonok (prolaktin, növekedési hormon) és hipotalamusz hormonok (gonadotropintermelő hormon, luteinizingó hormont termelő hormon, thiotropintermelő hormon) és a szomatosztatin. **Egyéb hormonok** a bombesin, a calcitonin, az inzulin, a melatonin és a paratiroid hormon.

A hormonok igen kis (pikogramm, nanogramm) mennyiségben találhatók egy milliliter tejben. Legnagyobb mennyiségben a kolosztrumban vannak jelen, és a laktáció kezdetén mennyiségük drasztikusan csökken. A prolaktin mennyisége a kolosztrumban 500-800 ng/ml, a tejben 6-8 ng/ml. A hormonoknak meghatározó szerepük van a tőgy speciális funkcióinak szabályozásában, az újszülött borjú növekedésében, az emésztő- és immunrendszer felépülésében. A kolosztrum hormonjai, amíg az újszülött hormonrendszere felépül, részt vesznek az endokrin rendszer szabályozásában.

A kutatások szerint a melatoninban gazdag tej fogyasztása javítja az alvást és a mindennapos tevékenységet. A nukleotidok, nukleozidok és nukleotid bázisok pleiotropikus faktorként szerepelnek az agyfunkciók kifejlődésében. A nukleotidok mint külső antikarcinogének működhetnek az emésztőrendszeri daganatok kifejlődésének ellenőrzésében, gátlásában. A tehén kolosztruma relatíve nagy mennyiségben tartalmazza a citokinokat, mint az IL-1 (interleukin), IL-6, a TNF- α (tumor nekrozis faktor), az IF- γ (interferon) és az IL-1 receptor antagonistá. Biológiai szerepüket és a lehetséges alkalmazásokat vizsgálják. Biológiai aktív savófehérjék a proteáz-pepton, a szérum-albumin, az oszteopontin, a lizozim és a xantin-oxidáz.

Egy tejalapú komplex (MBP) a savóban (néhány alacsony molekulatömegű összetevőből áll: kininogén, cisztatin, HMG-szerű fehérje) segítette a csontfejlődést, folyamatosan gátolta a csontkioldódást, ezért Japánban engedélyezett élelmiszer-kiegészítő. A tejszírgolyócska-membrán biológiai aktivitást mutató lipidet és fehérjét tartalmaz (butirofilin, CD36 mucin, lipoproteinek). A colostrin egy prolingazdag polipeptid, amit eredetileg az anyajuh kolosztrumából izoláltak. A tehén kolosztrumából is kimutatták, ahol egy 14 000 D moltömegű komplex peptidet alkot. Immunrendszer-erősítő, és gyenge és közepes súlyosságú Alzheimer-kórban szenvedőknél való felhasználását is javasolják.

3.6. Tejsavbaktériumok által termelt exopoliszacharidok és oligoszacharidok

Sok baktérium termel olyan poliszacharidokat, melyeket nem épít be, hanem kijuttat a sejtéből. Ezek az anyagok vagy a sejt közötti térbe jutva **nyálkát képeznek**, vagy kívülről rögzülnek a sejtfalhoz, burokként körbevéve azt. Ezen poliszacharidokat **exopoliszacharidoknak** nevezzük (a továbbiakban 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 és a szinerezis pedig megelőzhető.

Az anyatej jelentős mennyiségben (5-10 g/l) tartalmazza a komplex oligoszacharidokat, amelyek előnyösek a bélflóra növekedésének serkentésében, az im-

munrendszer erősítésében és a mikrobafertőzések elleni védelemben. Lényegesen kisebb mennyiségben hasonló oligoszacharidokat találhatunk a tehéntejben és kolosztrumban is, melyek prebiotikumként szerepelhetnek funkcionális élelmiszerekben és csecsemőtápszerekben. EPS-termelő tejsavbaktérium-fajták használatával elkerülhető a növényi eredetű állományjavítók használata, s így „természetes”, „adalékmentes” joghurtot, illetve jégkrémet állíthatunk elő. Egyes EPS-fajták **kedvező hatással lehetnek az ember egészségére**, mert nem emésztendő élelmiszer-alkotók, és rákellenes és koleszterinszint-csökkentő hatást is tulajdonítanak nekik.

3.6.1. A tejsavbaktérium-fajok különböző fajtái által termelt EPS-szerkezetének feltérképezése, mennyiségének mérése

A szerkezet a fermentációs körülmények függvényében ugyanazon fajta esetében is eltérő lehet. A termelt EPS mennyisége a fermentációs körülményektől és a fajtától függően tág határok között változik. A tejsavbaktériumok által termelt EPS-ok kémiai szerkezetük alapján három csoportba oszthatók: **α -glükánok**, amelyek főként α -1,6 és α -1,3 kötésekkel kapcsolódó glükózegységekből állnak, például a dextránok és mutánok, **fruktánok**, melyeket leginkább β -2,6 kötéssel kapcsolódó fruktózmolekulák alkotnak, például a leván, és **heteropoliszacharidok**, amelyek többféle monoszacharidból állnak.

A 2-10 molekula glükózt és/vagy fruktózt és galaktózt tartalmazó szerkezetek a **galakto-oligoszacharidok** (a továbbiakban GalOS), melyek pozitívan hatnak a bélműködésre, elősegítik a hasznos bifidobaktériumok szaporodását, csökkentik a pH-t és a rothadás során keletkező termékek mennyiségét. Emésztetetlenek, a diétás rosthoz hasonló fiziológiai hatást fejtenek ki, azaz csökkentik a vérszérum koleszterinszintjét és a vérnyomást. Kis energiatartalmú édesítőszerként élelmiszer- és kozmetikai adalékként is használatosak.

3.6.2. A GalOS-ok ipari előállításának lehetőségei

A GalOS-ok előállíthatók a galaktán és a laktóz kémiai vagy enzimes hidrolízisével, kémiai vagy enzimes szintézissel és az eukarióta sejt kultúrák fermentációjával. A savó magas laktóztartalma miatt alkalmas alapanyag a GalOS-ok enzimes termelésére.

3.6.3. Az exopoliszacharidok (EPS) mennyiségének és szerkezetének meghatározása

Az EPS mennyiségét általában közvetlenül a mátrixból vagy a részlegesen tisztított fermentumból, ritkán a kinyert preparátum vizes oldatából határozzák meg. A minőségi vizsgálatok közé tartozik a molekulatömeg-meghatározás gélkromatog-

ráfiával, a monoszacharid-összetétel vizsgálata, a monoszacharidok kapcsolódási helyeinek, izomériájának, láncszerkezetének és foszfortartalmának vizsgálata.

Az EPS-ok kinyerésének opcionális lépései a következők: A mikroorganizmusok eltávolítása centrifugálással, a fehérjék kicsapása a felülúszó oldatból, az EPS kicsapása szerves oldószerrel, az EPS tisztítása enzimekkel, az EPS tisztítása és frakciókra bontása ioncserés kromatográfiával. Ha fehérjementes **APS (savas poliszacharid)** frakciót akarunk kapni, akkor a következő tisztítási lépéseket kell alkalmazni: A fehérjék kicsapása az oldat savanyításával, majd forralásával, az EPS kicsapása etanollal, az EPS tisztítása enzimekkel, az EPS tisztítása és frakciókra bontása ioncserés vagy gélkromatográfiával. Ha csupán a **NPS (semleges poliszacharid)** frakció kinyerése a cél: A mikroorganizmusok eltávolítása centrifugálással, az EPS kicsapása etanollal, az EPS tisztítása és frakciókra bontása ioncserés kromatográfiával.

Az EPS-ok mennyiségének meghatározása során megmérték adott térfogatú fermentumból kivont EPS-ok tömegét. A tisztított EPS vizes oldatához (vagy a fermentumhoz) megfelelő reagenseket adva színreakciót hoztak létre, majd meghatározták az extinkciót. A preparatív ionkromatográfiával szétválasztott frakciókat reagáltatták a szénhidrátokkal színreakciót adó reagensekkel.

Az EPS-ok molekulatömegének meghatározását a legtöbb szerző **gélkromatográfiás** vagy más néven **méretkizárásos kromatográfiás** módszerekkel végezte el. Mások **HPLC-vel** határozták meg a molekulatömeget, és egy refraktometriás detektorral értékelték. A semleges EPS-frakció egy csúcsban jelent meg a kromatogramon, a molekulatömege $4,5 \times 10^6$ Da körül alakult. **Gélkromatográfiával** meghatározva az NPS egy csúcsban eluált, a molekulatömegét $1,2 \times 10^6$ Da-ra becsülték. Egy kisebb molekulatömegű fehérjetartalmú komponens is megjelent a kromatogramon ($5,8 \times 10^3$ Da), mely teljesen elvált az $1,1 \times 10^6$ Da molekulatömegű APS-től (NPS = neutrális PS, APS = savas PS). **Nagy teljesítményű méretkizárásos kromatográfiával** (HPSEC) a tisztított EPS moláris tömegét $6,8 \times 10^5$ g/mol-nak mérték.

3.6.4. Az EPS-ok monoszacharid-összetétele

A monoszacharid-összetétel meghatározása a következő lehetséges lépésekből áll: A poliszacharid felbontása savas hidrolízissel vagy metanolízissel monomer egységekre, származékképzés (piridil-amin monomerek, alditol-acetátok, trimetilszililezett származékok), minőségi és mennyiségi meghatározás nagyhatékonyságú folyadékkromatográfiával (HPLC) vagy gázkromatográfiával (GC). Az EPS-ok alkotóelemeiként glükózt, galaktózt és ramnózt, galaktózt és glükózt, glükózt, galaktózt, ramnózt, mannózt és xilózt detektáltak. Megállapították, hogy a szénhidrátláncban galaktóz-foszfát észterek találhatóak. A monoszacharidokat trimetilszililezett metil-glikozidok formájában analizálva GLC-MS-rel, az EPS-ben D-galaktózt és L-ramnózt tudtak kimutatni. HPLC-metodikák esetében nincs

szükség származékképzésre, GC-s vizsgálatok esetében a származékképzés viszont nem maradhat ki, mert a reakcióképes alkoholcsoportokat le kell zárni valamely kevésbé aktív csoport bevitelével.

A **monoszacharidok kapcsolódási helyei** meghatározása során a glikozid kötésben részt vevő szénatomokat acetátcsoporttal „jelölték”, majd a poliszacharidot először a szabad hidroxilcsoportokon metilezték, hidrolizálták. A részlegesen metilezett cukrok hidrolízis után felszabadult glikozidos és nem glikozidos hidroxilcsoportjait acetátcsoportokká alakították, melynek során részlegesen metilezett alditol-acetátokat kaptak. Az acetátcsoportok helye azonos volt a monomerek hidrolízis előtti kötési helyeivel. A származékok mennyiségéből a különböző kötési formák arányát is meg tudják határozni, melynek során az analízis főbb lépései az alábbiak voltak: metilezés, tisztítás, hidrolízis, acetilezés.

A terméket fordított fázisú kromatográfiával, a részlegesen metilezett alditol-acetátokat GLC-MS-sel analizálták. A részlegesen metilezett monoszacharidokat alditol-acetát-származékokká alakították és kapilláris oszlopon választották szét. A foszfortartalmú poliszacharidok esetében probléma lehet a foszfát-észter kötések tökéletlen hidrolízise, mely a foszfátkötésben részt vevő monomerek alábecslését eredményezheti.

3.6.5. Az EPS-ok kémiai módosítása, szerkezetkutatása

A kezeletlen EPS a vizsgálatok szerint 1,4-kötésű glükózt és ramnózt (1,4-di-O-acetil származékok), és nyomokban 1,2,4-kötésű és 1,2,3,4-kötésű galaktózt tartalmazott. Megállapították, hogy az EPS láncában lévő 1,2,3,4-kötésű galaktóz foszfáttal szubsztituált a harmadik szénatomon. Többen nem detektáltak terminálisan kapcsolt galaktózt, néhányan viszont találtak némi terminálisan kötött galaktózt. A kémiai kezelések után a felszabaduló cukrokat és a megmaradt polimer összetételét vizsgálták.

3.7. A tej bioaktív komponenseinek összefoglalása

Az előzőek alapján megállapítható, hogy 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 már ilyen termékek 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.

4. fejezet

Prebiotikumok, probiotikumok, szinbiotikumok

4.1. A probiotikumokkal kapcsolatos alapismeretek

A probiotikumok nevezéktana (probiotikum, prebiotikum és szinbiotikum) a 20. század utolsó két évtizedében alakult ki, és mind megnevezésükben, mind tartalmukban nemzetközileg egységesítődtek. **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, ennél fogva elősegítik azok elszaporodását, túlsúlyba kerülését. A **szinbiotikumok** a pro- és prebiotikumok együttesét jelentik, vagyis a két előnyös tényező hatása összegeződik, nem egyszer szinergistává válik. Ebből eredően szinbiotikusak azok a tejtermékek, amelyek készítéséhez nemcsak probiotikumokat, hanem egy vagy több prebiotikumot is felhasználtak.

4.1.1. A probiotikumok és alapvető jellemzőik

A probiotikumok szinte kivétel nélkül **tejsavbaktériumok és bifidobaktériumok**. A legismertebb probiotikus tejsavbaktérium-törzsek nagyrészt a *Lactobacillus* (Lb.), kisebb részben a *Streptococcus* (Sc.) nemzetséghez tartoznak. Mai ismereteink szerint 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 (a régebbiek 2–30%-a, a maiak akár 80–85%-a is) **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.

Ilyen előnyös tulajdonságokkal pl. a mezofil tejsavbaktériumok [*Lactococcus* (Lc.) *lactis*, Lc. *cremoris*] nem, míg a joghurt hagyományos törzsei (Sc. *thermophilus* és Lb. *bulgaricus*) csak részben rendelkeznek. A joghurttörzsek csak egy kis része képes élve eljutni a vastagbélbe, de ott nem kolonizálódnak, nem képesek megtapadni a bélfalon, és néhány hét után elpusztulnak vagy kiürülnek. A nomenklátúra szerint tehát igazi „tranzitutasok”, hasznosságuk mégsem kérdőjelezhető meg, mivel elősegítik a probiotikumok adhézióját a bélfalra, és hozzájárulnak a rothasztó (putrefactive) csírák visszaszorításához. Probiotikus

törzsekkel való kiegészítéssel minden közösleges starterkultúra, illetve savanyú tejtermék – így a joghurt is – probiotikussá tehető.

4.1.2. 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 oldhatóságuk miatt közülük is a legkiválóbbak. A diétásrost-funkció mellett igazi hasznosságuk abban rejlik, hogy 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. 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 – aszerint, hogy milyen monoszacharidokból épülnek fel – lehetnek pl. galakto-, frukto-, malto- vagy xylo-oligoszacharidok. A világon már 1995-ben több mint 80 ezer tonna prebiotikumot állítottak elő, de a termelés ma már 200 ezer tonna körül van, jelezve e különleges „élelixír” világsikerét. A termelt mennyiség mintegy 40%-a **galakto-oligoszacharid** (pl. laktulóz), amelynek alapanyaga a tejcukor.

4.2. Az emberi emésztőrendszer mikroflórája

4.2.1. A csíraszám

Az emésztőrendszer ún. felső szakaszához – eltekintve a szájától 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”.

4.2.2. A csíraféleségek és arányaik

A vastagbélben nemcsak a csíraszám, hanem a csíraféleségek is számottevőek. Mintegy **400-500 mikrobafaj, illetve fajta található a colonban**, amelyek főleg a *Lactobacillus* (Lb.), *Streptococcus* (Sc.), *Bifidobacterium* (B.), *Bacterioides* (Bt.), *Eubacterium* (Eb.), *Enterococcus* (Ec.), *Escherichia* (E.), *Veillonella* (V.), *Clostridium* (Cl.), *Proteus* (P.), *Pseudomonas* (Ps.), *Staphylococcus* (Stc.) baktériumnemzetségekhez, illetve a sarjadzó- és fonalgombákhoz (élesztőkhöz és penészekhez) tartoznak. Egyértelműen hasznosak az első három csoportba tartozók, de az *Eubacterium*- és az *Enterococcus*-nemzetségnél is jótéteményként jelzik a fertőzések elleni védelmet és az immunrendszer stimulálását. Az összes többi mikrobacsoport a mindig és az alkalmilag (esetileg) károsak csoportjába sorolható.

Az egyértelmű besorolást/megítélést az árnyalja, hogy bizonyos mikrobacsoportok a káros hatások mellett hasznos funkciót is ellátnak. Példa erre többek között az *Escherichia*-nemzetség, amelynek tagjai részt vesznek bizonyos vitaminok képzésében és a fertőzések elleni védelemben, ugyanakkor rothasztók, toxin- és karcinogénanyag-termelők és eseti patogének. Ugyanilyen hatásokkal bírnak a *Bacterioides*ek is; azonban jótéteményeiket lerombolják a jóval súlyosabb káros hatásaik. Vitamintermelési hasznosságuk is megkérdőjelezhető, mert a hasznos bifidobaktériumok vitamintermelése jóval többféle (B_1 , B_2 , B_6 , B_{12} , nikotinsav, folsav és biotin) és nagyobb mennyiségű. Súlyosabbak a káros, mint az előnyös hatásaik a *Veillonella*-, a *Clostridium*-, a *Staphylococcus*-, a *Proteus*-, a *Pseudomonas*-nemzetségeknek, valamint az élesztőknek és a penészeknek.

A csecsemőknél – az anyatej prebiotikumainak köszönhetően – a hasznos baktériumok, mindenekelőtt a bifidobaktériumok alkotják a bélflóra zömét (95-98%-os hasznos flóaraarány). A vegyes táplálkozást folytató felnőttek vastagbélében 40-45% részarányt jelölnek meg elfogadhatónak, illetve a kívánatos alsó értéknek. Ehelyett a magyar felnőtt lakosság vastagbélében a hasznos mikrobák aránya nem haladta meg a 12%-ot, átlagosan 1-20% között mozog. Míg a vastagbél kezdeti szakaszaiban (caecum, colon-ascendens és -transversum) a fakultatív anaerob mikrobák is jól szaporodnak, addig a végső szakaszokban (colon-descendens, -pelvinum és -sigmoideum, rectum) – az oxigén gyakorlati hiánya miatt – az obligát anaerobok elszaporodására van esély. A hasznosak közül obligát anaerobok a bifidobaktériumok, az anaerob streptococcusok, a káros társaságból pedig a klosztridiumok, alternatív nevükön a vajsavbaktériumok vagy anaerob gázképzők, továbbá ilyennek minősülnek a *Bacterioides*ek és az *Enterobacterium*ok is.

Szervezetünk „konyhája” a vastagbél, melynek működése és az emberi egészség között igen szoros a kapcsolat. Az ott zajló biokémiai folyamatok káros metabolitjai (toxinek, karcinogenezisért felelős enzimek, metán-, kénhidrogén-, ammónia- és hidrogéngázok), és az azokat termelő rothasztó mikrobák tartós túlsúlya colonrákhoz, májkárosodáshoz, gyakoribb bélfertőzésekhez, irritábilis bélszindrómához (IBS), candidiasishoz és magasabb plazmakoleszterin-szinthez

vezethet, míg a humánbarát probiotikus csírák az ilyen egészségkárosodások ellen hatnak.

A bélbaktériumok közül az emberi egészség szempontjából hasznosak a Lactobacillusok, a Bifidobacteriumok, a Sc. Thermophilus és az Eubacteriumok, **kétarcúak** a Ps. Aeruginosa, a Vibrionaceae, a Staphylococcusok, a Clostridiiumok, a Veillonellák és a Szulfátredukálók, **károsak** az Enterobacteriumok, az E. coli, az Anaerob Gram-pozitív coccusok és a Bacteroidesek.

4.2.3. A bélflóra módosulásának okai

A bélflóra módosulásának több oka lehet. A bélflóra stabilitása a nemkívánatos, káros csíracsoportok sajátja, mivel ezek ellenállnak még a legkifejezettebb külső hatásoknak is. A hasznos baktériumok kifejezetten érzékenyek valamennyi külső behatásra. Még az olyan természetes változás is, mint az anyatejes táplálásról a vegyes táplálkozásra való áttérés, alapvetően módosítja, rossz irányba tereli a bélflórát, ugyanis visszaszorulnak a hasznosak és előtérbe jutnak a károsak. A módosulás forrása, hogy a vegyes táplálékokkal sokféle mikroba kerül az emésztőcsatornába, és prebiotikum hiányában a károsak túlsúlyba jutására nagyobb az esély. A külső behatások másik nagy csoportját a különböző baktériumos, vírusos és gombás (pl. Candida albicans) fertőzések képezik, amelyek részben primer, de nagyon gyakran szekunder alapon következnek be.

A patogén mikroorganizmusok elszaporodása mögött az immunrendszer bármi okból bekövetkezett meggyengülése, a bél mucosagátjának sérülései stb. húzódnak meg. A fertőzések felléptekor szinte kötelezően alkalmazott antibiotikumos kezelés pedig tovább rontja a bélflóra összetételét. A „szájon át” (per os) történő antibiotikumos kezelésen túl a szennyezett élelmiszerek, az egyoldalú táplálkozás, a bioaktív anyagokban szegény élelmiszerek fogyasztása, a túlzott alkoholfogyasztás és a dohányzás, a stresszes életmód, az utazási izgalmak mind azon hatások közé tartoznak, amelyek a hasznos bélflóra visszaszorulásához vezetnek.

4.2.4. A bélflóra módosításának lehetőségei

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 joghurtkultúra ma alkalmazott klasszikus törzsei nem maradéktalanul probiotikusak.

A Balkánon a joghurtot nyers tejből, a fejés és tejkezelés során belekerült tejsavbaktériumok természetes (spontán) erjesztésével állították elő. E flóra pedig nemcsak abból a néhány (két) törzsből tevődött össze, mint amelyeket a laboratóriumokban előállított szintenyészetekben a klasszikus joghurtkultúra tartalmaz. A mediterrán Balkánon a pázsitfüveken a ma legismertebb probiotikus csírák (pl. a *Lb. acidophilus*, a *Lb. rhamnosus*, a *Lb. casei*, a *Sc. faecium* és a *Sc. thermophilus*) tömegesen fordultak elő, és az elmúlt két évtizedben számos izolált törzset is onnan gyűjtöttek be. A „mecsnyikovi joghurtot” egészítette ki az a tény, hogy önmagában minden savanyú tej/tejtermék többlet egészségvédő anyagok sokaságát hordozza. Az eredeti „mecsnyikovi joghurt” juhtejből készült, amely eredendően is, a megsavanyítás után még inkább, gazdagabb bioaktív anyagokban, mint a tehéntej.

4.3. A mai probiotikus kultúratörzsek és a velük szembeni követelmények

A mai probiotikus kultúratörzsek és a velük szembeni követelmények a következők. Hogy bármilyen élelmiszerrel vagy étrend-kiegészítővel a szervezetbe juttassunk humánbarát bélbaktériumokat, elsőként ilyen törzseket kellett izolálni és tulajdonságaikat meghatározni. Első lépés a fajta szerinti megkülönböztetés, ami arra ad választ, hogy az adott baktérium probiotikus-e avagy sem. A fajtán belül a szelekció fenotípusos alapon folyik tovább, keresve az egyre jobb tulajdonságú törzseket, fenotípusos alapon a törzsek között ugyanis a funkcionális jellemzőikben (tűrőképesség, szaporaság, metabolikus aktivitás, kolonizálódás a bélben) fokozatbeli különbségek vannak. A törzstulajdonságokat nemzetközileg szabványosították, és csak azok nevezhetők/ismerhetők el nemzetközileg probiotikusoknak, amelyek valamennyi tulajdonsága kielégíti az elvárásokat. **Az elvárások a probiotikus törzsekkel szemben a következők:** Az alapvető a testfolyadékokkal, a gyomorsavval, az epesavakkal, az emésztőenzimekkel **szembeni fokozott tűrőképesség.** Képesek legyenek megtapadni a bélfalon, vastagítani/erősíteni a mucosagátat, ugyanakkor csökkenteni a patogének megtapadását, és tudjanak antibakteriális anyagokat (bakteriocinek, hidrogén-peroxid) termelni a patogének ellen.

Olyan alapvető elvárások tartoznak **a metabolikus aktivitáshoz**, mint hogy 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 (SCFA) termelésével erősítsék az immunfunkciót, ne termeljenek toxikus és hemolitikus anyagokat, ne vigyenek át nemkívánatos génállományt a káros csí-

rákba, és ne okozzanak mellék (adverz)-reakciókat, mely utolsó elvárás talán a legkritikusabb tulajdonság.

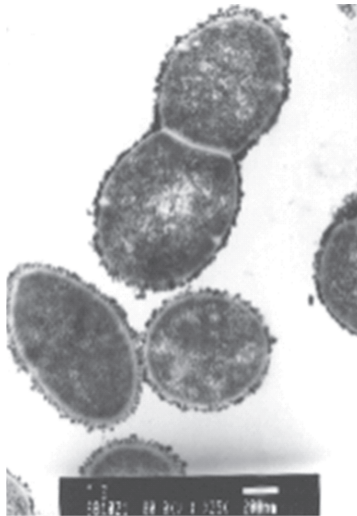
További elvárás, hogy a savanyú tejtermékekben, illetve a poralapú étrend-kiegészítőkben minél nagyobb hányaduk **minél hosszabb ideig maradjon életben**. Metabolikus aktivitásukat és jótéteményeiket – a laboratóriumi és állatkísérletek mellett – humánklinikai vizsgálatokkal kell igazolni, amit még postmarketing nyomkövetés is egészítsen ki. 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.) Sc. Thermophilus, **Lactobacillus** (Lb.) Lb. acidophilus, Lb. casei Shirota, Lb. rhamnosus GG, Lb. casei immunitas, Lb. paracasei, **Bifidobacterium** (B.) B. longum, B. breve és B. infantis. A lactobacillus-féleségek közül a Lb. acidophilus azért szerepel az első helyen, mert minden törzse probiotikus, és évezredekén keresztül a természetes forrásaik, a savanyú tejek alkotója volt, és sohasem okozott adverz reakciót, vagyis a legbiztonságosabbnak tekinthető.

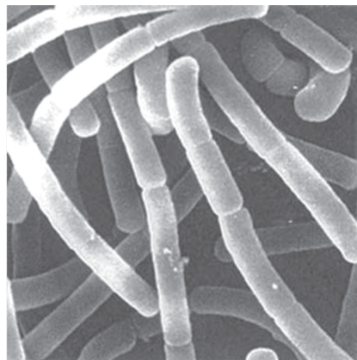
4.4. A magyar kutatók által kifejlesztett prebiotikus törzsek

A magyar kutatók által kifejlesztett prebiotikus törzsek a Streptococcus (Sc.) Sc. thermophilus (Probiolact-1), a Sc. thermophilus (Probiolact-2), a Lactobacillus (Lb.) Lb. acidophilus (Probiolact-3), a Lb. casei Tomka (Probiolact-4) és a Bifidobacterium (B.) B. bifidum (Probiolact-5). Az első két törzs valódi nemzetközi újdonságnak számít, ugyanis azon ritka Sc. thermophilus törzsek, amelyek nemcsak probiotikusak és kiváló élettani hatásúak (pl. plazmakoleszterincsökkentők), hanem erőteljes exopoliszacharid (EPS)-termelők is. A két törzset e kettős szinbionta tulajdonság teszi nemzetközileg is versenytárs-nélkülivé. (Izolálta Szakály Sándor 1979 és 1981 között.) A Lb. acidophilus törzsnek egyedi tulajdonsága, hogy probiotikussága mellett még közepes EPS-termelő is. A Lb. casei törzset Tomka Gábor izolálta az 1950-es évek második felében. Különleges tulajdonsága az erőteljes fehérjebontó és koleszterincsökkentő képessége. A B. bifidum törzset az 1960-as években Pulay Gábor izolálta humán forrásból. A törzs csecsemők, gyermekek és felnőttek emésztőrendszerében egyaránt aktívnak bizonyult.

A következő képen a Magyar Tejkutató Kísérleti Intézet (MTKI) egyik probiotikus **Sc. thermophilus törzsének (Probiolact-2) elektronmikroszkópos képe látható**. Jól felismerhető a sejtet körülvevő exopoliszacharid (EPS) mint öntermelésű prebiotikum, ezért a törzs így egymaga szinbiotikus is.



A következő képen a ***Lb. acidophilus*** pálcikák jellegzetes mikroszkópi képe látható.



A következőkben a ***B. longum* ssp. *animalis*** jellegzetes Y, ill. V alakú sejtjeinek mikroszkópi képe látható.



4.5. A probiotikumok felvételének alapelvei

A Földön fellelhető tápanyagok, élelmiszerek közül talán csak a probiotikumok – az őket támogató prebiotikumokkal együtt – az egyetlenek, amelyek úgy biztosítanak humánéletteni 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. Aki fenn akarja tartani egészséges bélműködését és rajta keresztül egészségét, akkor teszi jól, ha élete végéig fogyasztja a pro- és prebiotikumokat. Elégséges már a Bonolact→ Pro+biotikum szedésével folytatni a kúrát akkor, amikor a külső hatásra felborult bélflórát a Bonolact→ Re+balance avagy a Comfort már helyreállította. A helyreállítás időtartama néhány hétben, esetleg hónapban jelölhető meg.

4.6. Probiotikumok felvétele tejtermékekkel

A probiotikus élelmiszerek piacát szinte kivétel nélkül a tejtermékek uralják. Korszerűségük legfontosabb kritériuma az élő probiotikus csíraszámuk, amelynek legalább 10^8 /g értékűnek kell lennie. A probiotikumok előnyben részesített hordozói a savanyú tej- és tejszínekészítmények, túrókészítmények, vajkrémek, sajtkrémek és érlelt sajtok. **A Magyarországon kifejlesztett korszerű probiotikus tejtermékek márkanevei és a termékek megnevezése a következők:** Biofir® – Probiotikus kefir, Probioghurt® – Probiotikus joghurt, HunCult® – Probiotikus fermentált ital, Milli® – Probiotikus tejföl, Új Party® – Probiotikus vajkrém, Aktivit® – Probiotikus Túró Rudi, Probios® – Probiotikus sajtkrém. A kefir, a vajkrém, a Túró Rudi és a sajtkrém igazi nemzetközi újdonságok, a HunCult pedig a Yakult korszerű analógja. További értékes tulajdonságuk, hogy probiotikus élő csíraszámuk igen nagy, 200-1200 millió/g nagyságrendű.

4.7. Probiotikumok felvétele kapszulás étrend-kiegészítőkkel

Az utóbbi időben a probiotikus étrend-kiegészítők rohamos terjedésének vagyunk a tanúi. A megjelenési forma jellemzően kapszula, amelybe liofilezett baktériumkoncentrátumot töltenek. Piacbővülésük okai sorában említhető, hogy a kapszulázott termék megfelel a kor kényelmi elvárásainak, gondolkodás- és magatartásbeli jellemzőinek, jól illik az orvosi gyakorlatba, csomagolása a gyógyszerkével analóg, a termék könnyen bevehető és kezelhető. A liofilezett probiotikus sejtek a protektív anyaguk és a nedvesség- és fényvédő csomagolásuk

miatt hosszú ideig (akár 1-2 évig is) nagy arányban (4/5 részben) 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 (aránya 50-70%), majd azt követően egyre lassuló. A Magyarországon kifejlesztett, Bonolact® márkanévű kapszulázott probiotikus étrend-kiegészítők megfelelnek a vázolt követelményeknek, tartósságban is korszerűek.

4.8. A probiotikumok jótéteményei

Amikor étrend-kiegészítővel vagy tejtermékkel nagyszámú probiotikumhoz jutunk, annak 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 (SCFA) termelésével táplálják az immunsejteket és az elhízás ellen hatnak. Az egészséges bélműködést több csatornán biztosító tevékenységük a colonrák megelőzésének és a jó közérzet biztosításának alapfeltétele, és az előzőeken kívüli szekunder előny még, hogy csökkentik az allergiás válaszütemeket.

4.9. A probiotikumok fontosabb humánéletteni jótéteményeinek összefoglalása

Magas probiotikus csíraszámú savanyú tejtermékekben, étrend-kiegészítőkből **közvetlen koleszterinemésztés történik**, melynek során 25-30%-kal csökken a tej koleszterintartalma, ezért a vrszérum koleszterinszintjének csökkentésével az érlelmeszedés veszélye kisebb. A β -**galaktozidáz** termelés következtében 14%-ról kb. 3%-ra csökken a tejcukor-érzékenység gyakorisága. A **magas probiotikus csíraszám savanyú tejtermékekben, étrend-kiegészítőkből** az epesavak dekonjugálása révén csökkenti a vrszérum koleszterinszintjét, melynek következtében az érlelmeszedés veszélye kisebb. A mucosa védőgát stabilizálása, erősítése révén védik a szervezetet a patogén csírák ellen, a rövid szénláncú zsírsavak termelése kapcsán pedig a GALT (Gut-associated lymphoid tissue) táplálása révén véd az elhízás ellen. Az egészséges bélflóra helyreállítása, a fekálenzimek aktivitásának csökkentése, a fekátoxinok viaszorítása csökkenti a vastagbélrák előfordulását és javítja a közérzetet.

5. fejezet

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%. A komponensek közül a zsírtartalomnál tapasztalták a legnagyobb szóródást, míg az összes többi viszonylagos állandóságot mutat.

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 izomrost szerkezetének része a membrán vagy **szarkolemma**, és az egyes összehúzódásra képes egységek, a **miofibrillumok**, melyek a nukleinsavakkal, mitokondriumokkal és a szarkoplazmatikus retikulumokkal együtt a **szarkoplazmába** (kötőszövetbe) ágyazva találhatók. **Szarkomer** a miofibrillum egy olyan részlete, amely az összehúzódásra alkalmas elemeket tartalmazza, amely a miofibrillum legkisebb funkcionális egysége. **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 vörös húsnál viszont a szarkoplazma aránya nagyobb, mint a miofibrillumoké.

5.1. Az izomszövet fehérjei

Az izom-összehúzódás folyamatában részt vevő fehérjék (aktin, miozin, tropomiozin, troponin) tömény sóoldatokkal extrahálhatók, a vízoldékony fehérjék a mioglobin és az enzimek, míg 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, melynek fejrésznél az ATPáz helyezkedik el. A globuláris alakú **aktin** a teljes fehérjetartalom 15-30%-a, mely a miozinhoz kötődik, és az ATP- és a Mg^{2+} -ionok hatására fibrilláris formájú F-aktinná polimerizálódik. A **tropomiozin** egy nagymértékben nyújtott szerkezetű molekula, melynek monomerjei poli-mer fibrillumokat alkotnak, melyek az F-aktinhoz kötődnek a vékony filamenten. A **troponin** az aktin filamenten helyezkedik el; a miozin és aktin filamentek közti összehúzódást kontrollálja az izom-összehúzódás során, amikor a Ca^{2+} a troponin komplexhez kötődik. A **titin** a szarkomer „csontváza”, a **legnagyobb molekulatömegű** fehérje 26 926 aminosavval. A **miozin filamentet** hozákapcsolja a Z-vonalhoz, melyek a miofibrillumokban elválasztja egymástól az egyes szarkomer egységeket, és „elasztikus” régiót képez az aktinnal.

Az **izom-összehúzódás előkészítése** során idegimpulzusra a Ca^{2+} kiszabadulnak a szarkoplazmás retikulumból, a troponinkomplex konformációja megváltozik, a tropomiozinfibrillumok leválnak az F-aktinról, és az aktinegységek képesek a miozinejekhez kötődni. **Izom-összehúzódáskor** a miozinejek az ATP energiájának segítségével a monomerekhez kötődnek, miközben a miozin konformációja megváltozik. A filamentet elmozdítja a vastag filamenthez képest, a miozinejéről leválik az ADP és a P_i , majd elválik a vékony filamenttől, a miozinmolekula feje képes újabb ATP felvételére, és minden kezdődik előlről.

5.1.1. Vízoldható fehérjék

A vízoldható fehérjék a teljes oldható fehérjetartalom $\sim 20\%$ -át teszik ki. Közéjük tartoznak pl. olyan enzimek, mint a glicerinaldehid-3-foszfát dehidrogenáz. A nagy oldottfehérje-tartalom miatt a szarkoplazma viszkozitása nagy. Legjelentősebb képviselőjük a **mioglobín**, bíborvörös oxigénszállító pigmentanyag, mely az izomszövet szárazanyagának kb. 1%-át teszi ki. A mioglobín legfontosabb feladata a **hús színének kialakítása**. A mioglobín (Fe^{2+}) oxigén jelenlétében oximioglobinná alakul, mely reverzibilisen vissza tud alakulni mioglobinná, vagy át tud alakulni metmioglobinná (Fe^{3+}), és a metmioglobín is vissza tud alakulni mioglobinná. Ha nagy az oxigén parciális nyomása, akkor az oximioglobín világos cseresznye-piros színe dominál, ami a frissen szelt hús színét okozza. Kis parciális oxigénnyomása esetén lassú oxidáció játszódik le, ami a metmioglobín 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 **metmioglobín-reduktáz** visszaalakítja mioglobinná.

A friss hús színét a mioglobín, az oximioglobín és a metmioglobín 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. E két anyagot a mikrobiológiai romlás megelőzése és a szín stabilizálása miatt

alkalmazzák. A pácolás során 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. Redukálószer jelenlétében (pl. aszkorbinsav, tiolok) a vörös szín képződése felgyorsul, a nitrit nitrogén-oxiddá alakul, a nitrozometmioglobin (Fe^{3+}) pedig átalakul nitrozomioglobin (Fe^{2+})-ná.

A denaturálódott nitrozomioglobin adja a pácolt termékek színét, mely hőstabil, az oxigén hiányában rendkívül tartós vegyület, oxigén jelenlétében viszont a nitrozomioglobin disszociál, és a felszabaduló nitrogén-monoxid (NO) nitrogén-dioxiddá (NO_2) oxidálódik. Amennyiben nem pácolt húst ér hőhatás, színe megbarnul (Fe^{3+}).

5.1.2. 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, ennél fogva 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 képes hidrolizálni. Az intakt kollagénrostok hő hatására (sütés, főzés) zsugorodnak. A zsugorodási hőmérséklet halkollagén esetében 45 °C, míg emlősöknél 60-65 °C. A zsugorodási hőmérséklet fölé melegítés random coil szerkezetű zselatinná változtatja a kollagént, mely ennek során vízzoldhatóvá válik. Hűtés hatására megindul egy átmenet a rendezett szerkezet felé, és kialakul a zselatingél. Ez a folyamat a hús főzése és sütése során is lejátszódik, így a kollagén zselatinná alakul. A zselatinizáció mértéke függ az állat korától, mely befolyásolja a kollagén-keresztkötések kialakulásának mértékét, és az eljárás során alkalmazott körülményektől (hőmérséklet, idő, nyomás). Az élelmiszer-ipari zselatin gélképző ágens, melynek forrása a csont és a bőr, melyekből lúgos vagy savas kezeléssel és vizes extrakcióval állítják elő. Az **elasztin** kisebb mennyiségben található a kötőszövetben. Elasztikus szálat képezve gumyszerű tulajdonságokat kölcsönöz a húsnak. A pankréász eredetű elasztáz lebontja.

5.2. Biogén aminok

A biogén aminok az aminosavak dekarboxilezése során keletkeznek többnyire mikrobiális enzimek hatására, ezért a mikrobiális minőség indikátorai. A marha- és sertéshús fő biogén aminosavjai a hisztamin, a tiramin, a putreszcin és a kadaverin. A hús minőségének becslésére definiálták a Biogén Amin Indexet (BAI), mely a négy aminosav koncentrációjának összege mg/kg-ban kifejezve. A hús jó mikrobiológiai

giai minőségű, ha a BAI indexe kisebb mint 5, 5-20 között elfogadható (a mikrobafertőzés még korai stádiumban van), 20-50 között rossz minőségű, az 50 feletti pedig egyértelműen jelzi, hogy a hús romlott. Fermentált húskészítmények BAI-indexe magas, szalámitípusok esetében elérheti az 500 mg/kg-os határértéket is.

5.3. Kreatin és kreatinin

A **kreatin és kreatinin** az izomszövet tipikus összetevői, hisz a kreatin-foszfát energiatároló vegyület. Jelenléte biztosan jelzi, hogy húskivonat van az élelmiszerben. A *post mortem* változások során, mivel a vágás anaerob körülmények között történik, az energiában gazdag foszfátok (ATP, kreatin foszfát) lebomlanak, a Ca^{2+} -diffúzió során a troponin komplexhez kötődnek, az aktinegységek pedig képesek a miozinejhez kötődni. ATP hiányában a fejek képtelenek ATP-t felvenni, a körfolyamat nem működik, az izomszövet merevvé és rideggé válik, és bekövetkezik a rigor mortis.

5.4. A hús érlelése

A **hús érlelésének** célja a porhanyósság kialakítása, az aromaképzés és a vízmegkötő kapacitás javítása, hogy kisebb folyadékvesztés legyen a hőkezelés során. Az érlelés hőmérséklete $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ és $+7\text{ }^{\circ}\text{C}$ között van, az érlelési idő pedig baromfi-hús 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. A húsból a következő morfológiai változások játszódnak le az érés során: A Z-vonalak „eltörnek”, a titin lebomlik, a miozin és az aktin $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ alatt intakt marad, az izomsejtek külsején elhelyezkedő kötőszövet viszont változatlan marad. A miofibrilláris fehérjék enzimikus lebontásában az endopeptidázok, a rigor mortis fázisban pedig a Ca^{2+} -ionok hatására felszabaduló kalpain játssza a fő szerepet, így a katepszinok és a kalpain egymás hatását elősegítve mozdítják elő a hús érését. A hús érési folyamatai és az azt befolyásoló tényezők még nem teljes mértékben ismertek, ezért a porhanyósság előrejelzésére alkalmas markerek megtalálása még a jövő feladata.

5.5. A sertéshús esetében előforduló minőségi hibák

Halvány, lágy és vizenyős hús (PSE-hús) stressz hatására következik be, 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, $40\text{--}41\text{ }^{\circ}\text{C}$ -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 sejtembránok szétesése következtében 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 hústermékneként nem használható fel. A **húshibák megelőzhetők** a stresszre érzékeny állatok óvatosabb kezelése és a karkaszok gyors lehűtése által. A marhahúsbán a PSE-effektus nem számottevő, mert a zsírok oxidációja elég energiával látja el a szöveteket, ezért a glikogén lebomlása is lassabban megy végbe.

5.6. A hús mint funkcionális élelmiszer

5.6.1. A hús mint fehérjeforrás

A fehérjék hasznosulását a szervezetben a biológiai értékkel fejezzük ki, melynek viszonyítási alapja a tojásfehérje vagy az anyatejfehérje, mert mindkettő tökéletesen hasznosul, ezért ezek biológiai értéke 100. 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 emberi test sejtjeinek felépítésében és működésében a legfontosabb szerepet a **fehérjék** játsszák, ezért a megfelelő mennyiségű és minőségű fehérjék hiánya a szervezet immunrendszerének leromlásához vezet, azaz szervezetünk nem tud kellően védekezni a mikrobás és a vírusos fertőzésekkel, az allergiával, a gyulladásokkal és egyéb, például daganatos megbetegedésekkel szemben. Az **esszenciális aminosavakat** kívülről, a táplálékkal készen kell bevinni a szervezetbe, melyeket a húсок, a tojás-, a tej- és a halfehérjéhez hasonlóan, megfelelő arányban tartalmaznak. A mahahús 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 fogyasztás belőlük 55 g/fő/nap. A húsfehérjére jellemző a jó hasznosulás. 200-250 g hús fedezi az egész napi szükségletet, a nővényi fehérjéből pedig másfél-kétszer annyit kell fogyasztani a rosszabb hasznosulás miatt, ezért a hús már önmagában is funkcionális élelmiszer lehet.

A fiatal, fejlődő szervezet fehérjeigénye nagyobb, mint a felnőttké, és a mennyiségen túl a teljesértékűségről is gondoskodni kell. Megfelelő fehérje-,

vas- és cinkbevitel nélkül nem biztosítható a testi, szellemi, lelki teljesítőképesség és az immunrendszer fejlődése és zavartalan működése. Mivel ezen anyagok 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 húsrá, hiszen a magzat fejlődéséhez megfelelő fehérje- és vasbevitel kell, 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 fejlődő országokban a „fehérjeéhezés” valódi oka nem a fehérjefogyasztás elégtelensége, hanem a kevés zsír- és szénhidrát-fogyasztás, aminek következtében a fehérje nagy része energiatermelésre fordítódik, a fehérjeszintézisre pedig nem jut elegendő mennyiség.

5.6.2. A hús mint zsírforrás

A zsíroknak jelentős biológiai szerepük van, mert a legnagyobb energiatartalmú tápanyagok (1 g = 37 kJ), a sejtek nélkülözhetetlen építőkövei, a zsírolható vitaminok, aromaanyagok hordozói, és a bőr alatti zsírszövet mechanikai védőréteg és hőszigetelő réteg. A túlzott zsírbevitel azonban – **kiegészülve a mozgásszegény életmóddal** – szerepet játszik a szív- és érrendszeri, a cukor-, az epekőbetegségek gyakori előfordulásában, a magas vérnyomás, az érelmeszesedés és az infarktus kialakulásában. A zsír jelenléte a húsban lehet felületi zsiradék, ami eltávolítható, izmon belüli (intramuszkuláris), márványozottságot adó zsír, ami gyakorlatilag nem távolítható el. A teljesen sovány színhús 1-2% zsírt tartalmaz, függetlenül attól, hogy milyen állatból származik. Két % zsírtartalom alatt a hús túlságosan száraz, élvezhetetlen, mert elmarad az a hatás, amit a zsiradék gyakorol a nyáltermelésre.

5.6.3. A húsok zsír- és koleszterintartalma

A sovány húsok szinte korlátlanul fogyaszthatók, mert pl. dagadóból 400 g teszi ki a napi ajánlott mennyiséget. A szalonna fogyasztására kell vigyázni, mert **nagy a zsírtartalma**, és ezzel a szükségesnél több energia kerül a szervezetbe. A hús zsírtartalma függ a fajtól, a fajtától, a kortól, a nemtől, a takarmányozástól és a húsrész fajtájától. A baromfi-húsnál más a zsírtartalom, ha bőrrel vagy anélkül fogyasztjuk. Az állati zsírok egyik komponense a **koleszterin**, ami a sejtmembránok működésében tölt be fontos szerepet, és amely döntő mennyiségét a szervezet maga állítja elő, csak kisebb hányadát vesszük fel a táplálékainkkal. A szervezet szabályozó mechanizmusa gondoskodik arról, hogy a vér koleszterinszintje – függetlenül a táplálékkal bevitt mennyiségtől – normális mértékű legyen. Korábban elsősorban a koleszterint tették felelőssé a szívbetegségek (infarktus) és egyes daganatos megbetegedések kialakulásáért, az utóbbi években azonban az orvosi kutatások alapján a koleszterin „felmentést” kapott egészséges táplálko-

zás esetén. 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.

5.6.4. A különböző zsiradékok és a halak zsírsavösszetétele

A húsok palmitinsav- és sztearinsavtartalmát, összességében telített zsírsavtartalmát (SFA) érte az utóbbi időben támadás, azonban a C18 sztearinsav egy része az anyagcsere-folyamatokban átalakul olajsavvá, egyszerűen telítetlen zsírsavvá (MUFA). A mediterrán étrendet a sok olajsav (pl. olívaolaj) fogyasztása miatt egészségesebbnek tartják a kisebb mértékben előforduló szívinfarktus miatt. Mások szerint ez csak az egyik ok, mediterrán életmód is kell hozzá, és szerepe lehet benne a többszörösen telítetlen zsírsavaknak (PUFA) is, mint amilyenek az eikozá-pentaénsav (EPA) és a dokoza-hexaénsav (DHA), ami az olívaolajban pl. kevés. Az esszenciális zsírsavakat, mint amilyen pl. az α -linolénsav, a táplálékkal kell a szervezetbe juttatni, mert a szervezet nem tudja szintetizálni azokat.

A húsételekkel történő zsírbevitel esetén hangsúlyozni kell, hogy a kiegyensúlyozott táplálkozásra célszerű törekedni, és hogy a sertézsírt és a különböző olajokat a tápláléktól függően vegyesen használjunk. Saláták elkészítéséhez javasolt az olívaolaj, sültetekhez pedig a sertézsír és olajok keveréke. Ezen kívül a **húsételek zsírtartalmát erősen befolyásolja az elkészítés módja**. A legsoványabb hús is zsírossá tehető bőséges panírozással, zsiradékban sütéssel és a hagyományosan zsíros, rakott, töltött módon készítve. 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.

5.6.5. A hús mint vitaminforrás

A vitaminok nélkülözhetetlenek, mert szabályozzák az anyagcserét, az energiaszabályozást, az enzimműködést és a szervezet megújítását. Oldékonyságuk szerint a vitaminok lehetnek zsírsavban oldódó (A, D, E, K) és vízben oldódó (B-csoport, C) vitaminok. **A húsok** sok B₁-, B₂-, niacin-, B₆-, és B₁₂-vitamint tartalmaznak, melyek hiányában fáradékonyság, gyulladás, álmatlanság és vérszegénység lép fel. A sertéshús B₁-vitamin-tartalma ötször több, mint más állatok húsa. Zsírsavban oldódó vitaminokból a hús keveset, a belsőségek viszont sokat, főleg **A- és D-vitamint** tartalmaznak magas koleszterintartalommal. Amint az köztudott, az A-vitamin hiányában látáskárosodás, a D-vitamin hiányában pedig csontképzési rendellenesség lép fel, mely betegségeket rendszeres húsfogyasztással meg lehet előzni.

5.6.6. A hús mint ásványianyag-forrás

Az ember egészséges élete elképzelhetetlen megfelelő mennyiségű és helyes arányú ásványianyag-ellátás nélkül, mert ezek biztosítják a sejtek, szövetek rugalmasságát, felelősek a fehérjék oldatban tartásáért, részt vesznek az ingerületvezetésben és a vér sav-bázis egyensúlyában. Az anyagcsere-folyamatok során állandóan veszítünk ásványi sókat, melyeket ivóvízzel, de főleg az élelmiszerek útján pótolni kell. Az élelmiszerekben található elemeket előfordulási koncentrációjuk, fiziológiai szerepük és az emberi szervezetre vonatkozó szükségleti értékük alapján makro- és mikroelemekre osztjuk. A makroelemek napi szükséglete *gramm*, a mikroelemek napi szükséglete *milligramm* mennyiségű.

A makroelemek közül a **nátrium** és a **kálium** megfelelő arányban található a húsokban. Együtt szabályozzák a szervezet vízegyensúlyát és normalizálják a szív ritmusát. A nátrium/kálium arány eltolódása az idegrendszer és az izomműködés zavarát okozza, a túlzott nátriumbevitel (konyhasóval) pedig a magas vérnyomás kialakulásával járhat. **A mikroelemek közül kiemelkedő a húsok vastartalma**, mert a vas központi szerepet játszik a vörösvértestek felépítésében és a szervezet oxigénellátásában. A vas a vörös színt adó húspigment központi eleme, ezért minél vörösebb színű a hús, annál nagyobb a vastartalma. A marhahús vastartalma nagyobb, mint a sertéshúsé, a csirkecombé nagyobb, mint a csirkemellé, és a máj is gazdag vasforrás.

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.

5.7. Nyers húsok

Marhahúsok konyhatechnikai felhasználása során az egyes húsrészek szerint megkülönböztetünk pecsenyehúsokat, szelethúsokat, leveshúsokat, gulyás- és pörkölt-húsokat. **A szarvasmarha pecsenyehúsok a szarvasmarha hújának pecsenyék, hirtelensültek készítésére alkalmas részei.** Ezek a vesepecsenye (bél-szín), a fehérpecsenye, a gömbölyű felsál, a hosszúfelsál, a hátszín és a rostélyos. A bélszín, a hátszín és a rostélyos kivételével a többi húsrész csak számottevő érlelést követően alkalmas pecsenyék készítésére, de a vesepecsenye, a hátszín és a rostélyos is porhanyósabbá válik az érlelés során. Az érlelt hús iránti fogyasztói igény kihalt az elmúlt évtizedekben, de a marhahús esetében fokozottan igaz, hogy a vágást követő érlelés lényegesen javítja annak tulajdonságait. Az Európai

Unió szabályai szerint a márkázott marhahúst legalább hét napig kell érlelni, és nem előny, ha a hús „friss”.

5.7.1. Szelet-, leves- és gulyáshúsok

A **szelethúsok** nyersen vagy főzve adagolásra, szeletelésre alkalmasak. Idesoroljuk a fartő részeit, továbbá a vastag lapockát és a stefániát. A **leveshúsok** rosszabul szeletelhetők, de húsleves készítéséhez kiválóak (puhaszegy, puhahátszín, csontos oldalas, a szeggy részei, a lengőborda és a farok). A **gulyás- és pörkölt-húsok** általában inakkal átszóttek, így igen zamatosak, a vágásfelületek nem simák, így kockára vágva főzhetők (tarja, nyak, lábszárhús, oldallapocka, felsáldekli, medencehús). Az előző csoportosítást alkotó módon kell alkalmazni, így tarjából és nyakból is jó leves készíthető, de nem jó, ha a rostélyost kiváló levesthúsként ajánlják, mert kis érlelést követően pecsenyének is készíthető.

A **sertéshús** népszerűsége a felhasználás sokféleségének és számos történelmi tényezőnek köszönhető. Napjainkra nem csupán a háziasszonyok kedvelt alapanyaga, hanem a húskészítmények legfontosabb összetevője is. Magyarországon a boltok úgynevezett „**lehúzott**” féltesteket kapnak, ami azt jelenti, hogy a „félsertés” felületéről javarészt eltávolították a bőrt és a bőr alatti zsírszövetet. Európa többi országában a forrázásos házi vágásnak megfelelő bőrös-szalonnás féltestek képezik az üzleti bontás alapját, ami nem jelenti azt, hogy például a karaj és a tarja ott kizárólag csak bőrös lehet, de azt igen, hogy gyakrabban található ilyen kidolgozású húsrészek. Minthogy Magyarországon is lényegesen csökkent a vágósertések zsírtartalma, ezért, különösen a fiatalabb állatok feldolgozása esetén, bátrabban lehetne kínálni bőrös húsrészeket.

5.7.2. A sertéshúsok konyhatechnikai felhasználása

A **szelethúsok** kiválóan alkalmasak frissensültek készítésére. Ide soroljuk a karajt, a tarját, továbbá a comb részei közül a slusszt és a felsált. A **pecsenyehúsok** pecsenyék és egybesültek alapanyagai. Idetartoznak a comb részei (dió, fartő), valamint az oldalas és a dagadó. A sült oldalas igazi csemegének számít hazánkban és külföldön egyaránt. **Kocsonyahúsok** a fej, a láb, a csülök és a farok. Ezek bőrös részei a sertésnek, így zselatint képezve kocsonyásítják a főzőlét. A csülök számos étel alapanyaga, pácolva, füstölve, főzve kiváló tulajdonságú húskészítmény (körömpörkölt).

A húskészítmények húsipari nyersanyagokból (hús, szalonna, belsőség), jelleg- és ízki alakító anyagok felhasználásával, meghatározott technológiával emberi táplálkozás céljára előállított hústermékek. A **húskészítmények gyártásához felhasznált anyagok** tartalmazzak ízki alakító, ízesítő anyagokat (sót és különböző fűszereket), fehérjekészítményeket, adalékanyagokat és sót. A húsok elkészítéséhez sót (nátrium-klorid) használunk, ezért a nyershús nátriumszegénysége

ellenére a húsételek sótartalma jelentős lehet. A húskészítmények sótartalma általában 2%, de egyes termékeké (pl. kolbászoké) elérheti a 4-5%-ot is. A só nemcsak **ízkialakító** hatással bír, hanem 2%-os mennyiség fölött **tartósító** hatású is, azaz gátolja a különböző mikrobák szaporodását.

A túlzott sófogyasztás megterheli a vesét és magas vérnyomást is okozhat, ezért a húsipar csökkentett sótartalmú készítményeket is gyárt, melyekben a nátrium-kloridot kálium- és magnézium-kloriddal helyettesítik. A húskészítmények előállításához nitrites só is használnak. A fűszerek növényi eredetű termékek, melyeket az élelmiszer-ipari készítmények ízesítésére, illatosítására vagy esetleg tartósítására használunk, melyek az **ízkialakításon** túl hatást gyakorolnak az ember **egészségi állapotára** is. Elősegítik a nyálképződést, a gyomornedv kiválasztódását, és serkentik az anyagcsere-folyamatokat. Különösen serkentőek a bors, a paprika, a mustár és a gyömbér. Egyes fűszereknek gyógyhatásuk is van: a kömény felfúvódásgátló, a fokhagyma vérnyomáscsökkentő, a kakukkfű görcsoldó és köhögéscsillapító, a majoránna gyomorerősítő és nyugtató, a petrezselyem vesetisztító, a rozsmaring epehajtó és idegnyugtató, a vöröshagyma pedig vizelethajtó.

A fűszerek illóolaj-tartalmának **csíraölő hatása** is van, melyek a bazsalikom-ban, a fokhagymában, a szegfűszegben és a vöröshagymában találhatók, ezért a fűszerek bizonyos mértékig javíthatják az élelmiszerek eltarthatóságát. Egy húsipari termékhez átlagosan négy fűszert használnak fel. A leggyakoribbak a bors, a pirospaprika, a fokhagyma, a szegfűbors, a szerecsendió, a vöröshagyma, a köménymag és a majoránna.

5.8. Fehérjekészítmények

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 bőrkéből fehérjetartalomra vonatkoztatva 6%, a vér- és szójafehérjéből összesen 4% adható a húskészítményekhez. A húsfehérje nem vált ki allergiát, szemben a tej- és a szójafehérjével, ennek ellenére a fehérjékre érzékenyek nézzék meg a húskészítmény címkéjén található összetételt.

5.9. Adalékanyagok

Az adalékanyagok természetes vagy mesterséges anyagok, melyeket élelmiszerként önmagukban nem fogyasztják, alapanyagként nem használják, hanem az előkészítés, a feldolgozás, a csomagolás, a szállítás vagy a tárolás folyamán adják az élelmiszerhez. A termék érzékszervi, kémiai, fizikai és mikrobiológiai tulaj-

donságait kedvezően befolyásolják, és alkalmazásukkal az élelmiszer összetevőjévé válnak. Felhasználásukat a **Magyar Élelmiszerkönyv I. kötetének kötelező érvényű előírásai szabályozzák**. A húsiparban használt adalékanyagok majdnem mindegyike GMP, azaz a helyes gyártási gyakorlat szerint van engedélyezve, ami azt jelenti, hogy a szükséges, de legkevesebb mennyiségben alkalmazzák őket. A GMP-adalékanyagok azért nincsenek mennyiségileg korlátozva, mert nincs bizonyítottan egészségkárosító hatásuk.

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 adalékanyag-mizéria** az alábbiakat foglalja magába. Káros vagy kerülendő adalékanyagokról szóló listák évek óta léteznek, amelyek mindig névtelenek, a szerző neve nincs feltüntetve, hivatkozások nem találhatók, és tele vannak ellentmondásokkal. Jó példa erre a citromsav (E 330), amely az egyik listán az ártalmatlan anyagok közé van sorolva, egy másik lista szerint veszélyes, rákkeltő anyagnak tartják. Az „E-számok rejtélye” manapság divattá, mániává vált, a kereskedők ugyanis a gyártóktól „E-szám mentes” termékeket követelnek, melynek oka a „keringő listákban” keresendő.

Az **antioxidánsok** a húskészítményben meggátolják az oxidációs folyamat megindulását, ami a termék romlásához vezethet. Legfontosabb antioxidánsok az aszkorbinsav (C-vitamin) és sói (E-300-302), a tokoferolok vagy más néven E-vitamin (E-306-309), a butil-hidroxitoluol, BHT (E-321), a laktátok (E-325-326) és a citromsav és sói (E-330-333). Az **emulgeáló sók** javítják a víz- és zsírkötést a termékekben. Ilyenek a foszfátsók (E-339-341), a difoszfátok (E-450), a trifoszfátok (E-451) és a polifoszfátok (E-452). Ezeknek 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 (E-620-625), a guanilsav és sói (E-626-629), valamint az inozinsav és sói (E-630-633).

A **stabilizátorok és sűrítőanyagok** javítják a termék állományát, és keményebbé, sűrűbbé teszik azt. Fő fajtái az oxidált keményítő (E-1404), az algakivonatok (E-400-404), az agar (E-406), a karragén (E-407), a szentjánoskenyérmagliszt (E-410), a guar (E-412) és a xantán (E-415). A **színezékek** növelik a termék színének erősségét és intenzitását. A hústermékek színezékei a kárminsav (E-120), a paprikakivonat (E-160c) és a céklavörös (E-162), melyek közül a húsipari vállalatok általában csak a paprikakivonatot használják.

A húsiparban használható tartósítószer a **nitrit** (E-250), amit a húszüzemekben önállóan nem, hanem sóval hígított nitrites sókeverék (pác-só) formájában használnak, amelynek nátrium-nitrit-tartalma 0,5%. A húskészítmények és pácolt húsok jellegzetes rózsaszín színének kialakulásához szükséges a nitrit. A nitrit gátolja legjobban a halálos kimenetelű kolbászmérgezést okozó *Clostridium botulinum* spórás baktérium kifejlődését és méregtermelését. A nitrit a készter-

mékben már alig mutatható ki, a friss zöldségekből viszont a húsnak sokszorosa kerül a szervezetünkbe, mivel a zöld levelek akumulálják a talajban lévő nitrátot, amiből nitrit keletkezik.

5.10. Húsipari termékcsoporthok

A Magyar Élelmiszerkönyv a húsipari termékeket az alábbi nagy csoportokra osztja: vörösaruk, mozaikos húskészítmények, kolbászok, szalámitípusok, hússajtok, hurkák, kenhető húskészítmények, pástétomok, aszpikos termékek, pácolt, füstölt, füstölt-főtt húsok, formában vagy bélben főtt pácolt húsok és szalonnák. Mindegyik termék esetében előírások rögzítik a minimális fehérjetartalmat, a maximális zsírtartalmat és a minimális sótartalmat.

5.11. A húsok emészthetősége

A „vörös hús” névvel illetett marha-, sertés- és juhhúst **emészthetőség** szempontjából kedvezőtlenebbnek szokták ítélni, mint a „fehér húsnak” 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 (ecetes pácolással), hosszabb idejű, lassú hőkezeléssel, kukta alkalmazásával tehető porhanyósabbá.

5.12. A hús és az allergia

A húsfehérjék – különösen hőkezelve – ritkán váltanak ki **allergiát**, szemben a tej, a tojás és a szója fehérjéivel. Hús- és baromfikészítményekben azonban allergiát kiváltó anyagok is előfordulhatnak, ezért az érzékenyek számára tanácsos, ha vásárlás előtt áttanulmányozzák az összetevők listáját a termékek címkéjén. Hal és kagyló fogyasztása gyakrabban vezethet allergiás reakciókhoz, de az **allergiát leggyakrabban okozó nyolc élelmiszer között nem szerepel a hús**, és a nagy nemzetközi szervezetek sem sorolják a húsokat az allergiát okozók közé.

5.13. Élvezeti hatás

A hús egyik legértékesebb táplálékunk. Főbb étkezéseinken, ünnepeinkkor már ősidők óta nélkülözhetetlenek az ebből készült ételek. A rendkívül változatos, sokféleképpen elkészíthető húsetelek, húskészítmények nemcsak gasztronómi-

ai élményt nyújtanak, hanem ízük, illatuk miatt esztétikai élvezeti források is. A húsfélék 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 ásványi-anyag-forrás.**

6. fejezet

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 biológia értéke (74-78) kimagasló a növényi fehérjék közül. Aminosav-összetételére 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, a többi növényi vagy állati eredetű fehérjével kombinálva optimálisan ki tudja elégíteni az ember szükségleteit, ezért a szója igényt tarthat a funkcionális jelzőre.

6.1. A szójafehérje minőségének alakulása a technológiai műveletek során

A szója több antinutritív anyagot tartalmaz, ezért a szóját a kedvezőtlen élettani hatások kiküszöbölésére hőkezelní 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. Írásunknak ebben a részében célunk felhívni a figyelmet azokra a körülményekre, amelyek csökkenthetik a fehérje biológiai értékét, és módszereket bemutatni a fehérje biológiai értékének meghatározására, a hőkárosodás mértékének becslésére és az antinutritív anyagok maradványainak kimutatására. Továbbá felhívni a figyelmet arra, hogy a nyers szóját milyen technológiai beavatkozásoknak kell alávetni, hogy jó minőségű, funkcionális élelmiszer váljon belőle.

6.1.1. Az oxidáció hatása a fehérjék károsodására

A levegő oxigéntartalma már maga károsít, és vannak olyan élelmiszer-komponensek (pl. telítetlen zsírsavak), melyek önmaguk könnyen oxidálódva elősegítik az aminosavak, fehérjék oxidációját. Szobahőmérsékleten az oxidatív hatás csekély, magasabb hőmérsékleten viszont beindulnak olyan különböző oxidatív bomlási folyamatok, melynek során a zsírsavakból a kettős kötés hasadás során

zsírperoxidok, hidroperoxidok, izomerizációs termékek, aldehidek, ketonok, szabad zsírsavak, hidroxidok és oxidok keletkeznek, melyek jelentős hatással lehetnek a fehérje minőségére.

6.1.2. A hő hatása a fehérjék károsodására

A hőkezelés során a fehérje bomlásához vezető kémiai reakciók a hőmérséklet növekedésével rendkívüli mértékben felgyorsulnak, az enzimek reakciói viszont gyakorlatilag leállnak. A hőkezelés során a fehérjemolekula térszerkezete megváltozik, az elsődleges kötések (diszulfidhidak), a hidrogénhidak a hőkezelés során felszakadhatnak, a fehérje denaturálódik, mely a szekunder, a terciér és a kvaterner szerkezet irreverzibilis változását okozza. A denaturáció hasznos is lehet, mert a fehérje hozzáférhetőbbé válik a proteolitikus enzimek számára, az antinutritív anyagok (pl. tripszininhibitorok) hatása pedig megszűnik. Ha az elsődleges szerkezet, a peptidláncot alkotó aminosavak is megváltoznak, kémiai fehérjekárosodás lép fel, és a szabad aminosavak reakciója az oxocsoportokkal, a fehérjemolekulák között lezajló reakciók, a fehérjék oxidációja, a fehérjék és a lipidek oxidációja csökkenti az esszenciális aminosavak hasznosíthatóságát, kifejezett aminosav-veszteségek azonban csak nagyon erőteljes hőközléskor lépnek fel.

6.1.3. Az aminosavak oldalláncában és a fehérjemolekulák között lejátszódó reakciók

Az oxidatív átalakulások a legjellemzőbbek, melynek során először a kéntartalmú aminosavak oxidálódnak, a metioninból és ciszteinből metionin-szulfon és ciszteinsav keletkezik, a triptofán N-formil-kinureninné alakulhat, és oxidálódhat a tirozin, a szerin és a treonin is.

A **triptofán oxidatív átalakulását N-formil-kinureninné** elősegítik a zsírsav-peroxidok, az ionizáló és a γ -sugárzás is, ami azért nagyon jelentős, mert élelmiszereink legtöbbje triptofán-hiányos. A kéntartalmú aminosavak és a triptofán oxidációs termékei, a ciszteinsav, a metionin-szulfon és a formil-kinurenin nem helyettesítheti a megfelelő aminosavakat, ezért az oxidatív változások jelentősen csökkentik a fehérjék biológiai értékét. A **deszulfurizáció** és **izomerizáció** csak **magasabb hőmérsékleten** következik be, melynek során a cisztein kén-hidrogén, metil-merkaptán és dimetil-szulfid reakcióképes csoportok keletkezése közben számottevő mértékben bomlik, és a bomlástermékek további reakciók kiindulópontjai lehetnek.

6.1.4. A lúgos kezelés hatása

Lúgos kezelés hatására aminosav-izomerizáció, racemizáció és epimerizáció lép fel, mely D-aminosavakat eredményez. A száraz fehérje hevítése, a pörkölés is okozhat izomerizációt, mely átalakulások gátolják a proteolízist és rontják a fe-

hérje biológiai értékét. **A fehérjék közötti kölcsönhatások**, a keresztkötések gátolják a proteolízist, így csökkentik a fehérjék táplálkozási értékét. Hevítéskor imid-, észter- és tioészter-kötés is kialakulhat a fehérjék között. A glutamil- és a lizil-oldallánc között ammónia felszabadulása közben keresztkötés alakul ki (acilezés), mely a lizin ϵ -aminocsoportjának hasznosulását különbözőképpen módosítja. A fehérjék lúgos kezelése során lizinoalanin (LAL) is keletkezik, melynek prekursora a cisztein bomlásából származó dehidroalanin. A lizinoalanin káros biológiai hatásai nemcsak az esszenciális lizin vesztesége, hanem vesekárosodás is, ugyanis a nephrotoxikus tünetek 200 mg/kg koncentráció esetén már jelentkeznek. **A dehidroalaninból a lizinoalaninon kívül egyéb vegyületek is képződhetnek.** Megállapították, hogy a védő fehérjék ellensúlyozhatják a LAL hatását és azt is, hogy a szabad LAL toxicitása jóval nagyobb. A szója magas lizintartalmánál fogva különösen érzékeny az ilyen jellegű változásokra, ami azonban a magas lizintartalom miatt alig csökkenti a fehérje biológiai értékét.

6.1.5. A fehérjék és a szénhidrátok közti reakciók

A hőkezelés során a fehérjék más komponensekkel is kapcsolódhatnak, melyek közül legjelentősebb a **fehérjék és a szénhidrátok közti reakciók, a Maillard-reakció** és táplálkozási hatásai. Ha a redukáló szénhidrátok szabad aminocsoporttal reagálnak, aromakomponensek, barna színű pigmentek, melanoidinek keletkeznek (nem enzimés barnulás – NEB – vagy Maillard-reakció). A nem enzimés barnulás előnyös (szárított, pirított élelmiszerek) és hátrányos (szín- és aromaváltozás, fehérjevesztés) is lehet. A redukáló hatású reakciótermékek antioxidáns tulajdonságokkal rendelkezhetnek, melyek szignifikánsan gátolják a lipidek oxidációját, és gátolják a patogén mikroorganizmusok szaporodását is.

6.1.6. A fehérjék és a lipidek reakciója

A fehérjék lipidekkel is kapcsolódhatnak, melyek közül legnagyobb jelentősége a fehérje és az oxidált linolsavészterek kölcsönhatásainak vannak. A lipidek szabad gyökei ($L\cdot$, $LO\cdot$ /alkoxi/, $LOO\cdot$ /peroxi/) a fehérjékkel különböző módon reagálhatnak. Lehetséges reakciók: $\bullet LOO + \text{fehérje} \rightarrow \bullet LOO \text{ fehérje}$; $\bullet LOO \text{ fehérje} + O_2 \rightarrow \bullet OOLOO \text{ fehérje}$; $\bullet OOLOO \text{ fehérje} + \text{fehérje} \rightarrow \text{fehérje } OOLOO \text{ fehérje}$; $\bullet LO + \text{fehérje} \rightarrow LOH + \text{fehérje}\cdot$; $\bullet LOO + \text{fehérje} \rightarrow LOOH + \text{fehérje}\cdot$. A reakciókban a sötét pont a szabad gyököt jelenti, mely az α -szénatomon, esetleg a cisztein kénatomján alakul ki. A reakciók során a lipidmentes fehérjepolimerizátumok, a nagy molekulatömegű vegyületek mennyisége jelentősen növekedett, melynek hatására veszteség keletkezhet a metionin-, a cisztein-, a hisztidin- és a lizintartalomban. Az előzőeken túl egy **karbonil-amin reakcióban**, mely az oxo-vegyületek és a fehérjék aminocsoportjai között jön létre ($L-C=O + H_2N\text{-fehérje} \rightarrow L-C=N\text{-fehérje}$), a fehérjék oldhatósága is megváltozik.

6.1.7. A fehérjék és a polifenolok kapcsolódása

A **fehérjék és a polifenolok kapcsolódása** során a könnyen oxidálódó polifenolvegyületek fehérjékkel kölcsönhatásba lépve csökkentik a hozzáférhető lizin mennyiségét, így rontják a fehérjék biológiai értékét. A **fehérjék és a fitinsav kapcsolódása** azért jön létre, mert savas közegben a fitinsav negatív töltésű, a fehérje pozitív töltésű, így a fitinsav kapcsolatba léphet a fehérjékkel **fitinsav-fehérje komplexeket** létrehozva. A kölcsönhatás gyors, a komplexek stabilak. A fitinsav hidat létesíthet a két polipeptidlánc között, többértékű kation jelenlétében pedig hármas fitinsav-fém-fehérje komplex keletkezhet, és többszörös lipid-, fehérje- és szénhidráttartalmú komplexek kialakulására is lehetőség van.

6.2. A szójafehérjék hőkárosodásának kimutatása

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 inhibitortartalom 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 **sojafehérjék hőkárosodásának kimutatására** sokfajta módszert kidolgoztak. A natív szerkezet megváltozását poliakrilamid gélelektroforézissel, izoelektromos fókuszálással vagy immunoelektroforézissel 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 felléphet aminosav-vesztés, az aminosav-analízis nem elég érzékeny az aminosav-vesztés kimutatására, csak a jelentős cisz-tin-, triptofán-, metionin- és lizinvesztés mutatható ki ezzel a módszerrel.

Az **esszenciális aminosavak csökkent hasznosíthatóságának** kimutatása történhet kémiai, enzimatis, 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. Ha az esszenciális aminosavak nagy mennyiségben vannak jelen (mint pl. a lizin a szójában), a felhasználható lizintartalomban bekövetkező veszteség nem mutatható ki.

A **soja hőkezeltiségének 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 hőkezeltiségi fokára lehet következtetni. A jól hőkezelt szója egy grammja 3,8-4,3, a nyers szója 2,0-3,0, az alulkezelt szója 3,3-3,7, a túlkezelt szója pedig 4,3 mg feletti mennyiségű krezol-vörös festéket köt meg.

6.3. A fehérjeminőséget befolyásoló technológiák

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. Forrólevegős szárításnál a Maillard-reakció következtében a termék karamellszagúvá válik, a fenol típusú vegyületei polikinonokká oxidálódnak és irreverzibilisen kötődnek a fehérjéhez. A **fehérjék lúgos kezelését** fehérjeizolátumok előállítására, enziminhibitorok és mikotoxinok elbontására és 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-sztereioizomer aminosavakból D-sztereioizomer aminosavak képződnek, melyek nagymértékben csökkenthetik a szójafehérje emészthetőségét és az átalakult aminosav felhasználhatóságát.

6.4. A fehérjehasznosulást befolyásoló antinutritív és mérgező anyagok

Az antinutritív anyagok növekedésgátló, illetve -lassító komponensek, melyek a tömeggyarapodás megzavarásán kívül (általában) kóros tüneteket nem okoznak. A fehérjék hasznosulását rontják, és rendszeres fogyasztásuk egészségkárosodáshoz vezethet. A nyers szójajamag 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 készítetik, mely hasnyálmirigy-megnagyobbodáshoz, majd -gyulladásához vezethet.

Az inhibitorokat **hőkezeléssel inaktiválni** lehet, bár termikus stabilitásuk függ a molekula méretétől és a diszulfidhidak számától. A **Bowman-Birk-féle tripszininhibitor** molekulatömege 7900 Dalton, 71 aminosavból épül fel, hét diszulfidhidat tartalmaz. Szárazon hevítve 105 °C-on, vizes oldatban 10 perces forralás után is megőrzi aktivitásának nagy részét. A **Kunitz-féle tripszininhibitor hőlabilis**, 90 °C-nál irreverzibilisen denaturálódik, 181 aminosavból áll, két diszulfidkötést tartalmaz, molekulatömege 21 500 Dalton.

A proteázinhibitorok fajlagossága rendkívül változatos, és specifikusságuk a különböző **proteázokra** és az izodinámiás enzimekre is kiterjedhet; így pl. a Bowman-Birk-inhibitor kétféle enzimet, a *tripszint* és a *kimotripszint* is hatástalanítja. A **proteolízis gátlásán keresztül** a nitrogén emészthetősége csökken, a hasnyálmirigy-stimuláló hatásra, a hiperszekréciója miatt, **endogén nitrogén-veszteség** következik be, fokozódik a metionin cisztinné történő konverziója, ami **metioninhiányhoz** vezet. A tripszininhibitor a fehérjével emészthetetlen komplexeket alkot, ami ugyancsak csökkenti a **nitrogénemészthetőséget**. Emészthetetlen endogén fehérjekomplexeket is létrehoz, mely **fokozott endogén fehérje-veszteséggel** is jár, és a negatív visszacsatolás hiánya miatt a **hasnyálmirigy hiperszekrécióra** kényszerül, begyullad, ami akár tragikus következményekkel is járhat.

A **proteázinhibitorok** főként a növényekben képződnek, bár van néhány állati és mikrobiális változatuk is. Ezek az ovomukoid, az ovoinhibitor, a tripszingátló a főcstejben, amik a humán *tripszint* nem gátolják. A korábban elmondottak miatt törekedni kell az élelmiszer inhibitor tartalmának limitálására, és a legnagyobb figyelmet a szójára kell fordítani, mert a nyers szója az egyik legfőbb antinutritív anyagot tartalmazó élelmiszer-alapanyag. Törekedni kell arra, hogy a késztermék tripszininhibitor-aktivitása milligrammonként 10 alatt legyen. A nyers szója tripszininhibitor-aktivitása 100-120 **TIU/mg minta**, mely extrudálás hatására 20-ra, a texturált szójában 2-re, a szójaizolátumban pedig 4-re csökken. A tripszininhibitor általános jelenlétére hívja fel a figyelmet növényi eredetű élelmiszereinkben az a tény, hogy a fehér bab TIU-értéke 20, a barna babé 12, a fekete babé 7-8, a lóbabé 12, a lencsée 3, a sárgaborsóé 2-3, a búzaliszté 2-3, a búzakorpáé pedig 1,5-2.

Az előzőekben leírtak alapján egy szójából előállított élelmiszert csak úgy lehet forgalomba hozni, ha annak **tripszininhibitor-aktivitását folyamatosan ellenőrizzük**. A meghatározás alapja az, hogy a *tripszin* a N- α -benzoil-DL-arginin-p-nitroanilid-hidroklorid (DL-BAPA) mesterséges szubsztrátból sárga színű (p-nitro-anilin) terméket hasít le, mely fotometriásan mérhető. Tripszininhibitor jelenlétében kevesebb sárga színű vegyület keletkezik, az enzimgátlás mértéke a sárga szín intenzitásának mérésével fotometriásan nyomon követhető.

A szóját nemcsak emberi táplálékként, hanem állati takarmányként, első sorban tejelő szarvasmarhák igényeinek kielégítésére is alkalmazzák. Ennek során azonban a nyers szójában lévő ureáz enzim súlyos problémát is okozhat, mert a tápban lévő és a marha szervezetében képződő karbamidból gyorsan nagy

mennyiségű ammóniát szabadíthat fel, ami az állat mérgezéséhez is vezethet. A szója **ureáz enzim-aktivitásának** meghatározása ezért elkerülhetetlen, ami alkalmas szója és szójatermékek hőkezeltiségi fokának megállapítására is. A vizsgálat során a szójadaramintákat karbamidot tartalmazó és karbamidot nem tartalmazó 7,5 pH-jú pufferoldatban szuszpendáljuk, 30 percig 35 °C-on tartjuk. Ennek során az **ureáz enzim a karbamidból ammóniát tesz szabaddá, ami megnöveli az oldat** pH-ját. Mérjük a karbamidot tartalmazó és a karbamidot nem tartalmazó szójaszuszpenzió pH-ját, majd, mivel a pH-különbség arányos a szójában található **ureáz** enzim aktivitásával, abból számoljuk azt. A pH-érték-különbség kezeletlen, nyers szója (toaszterezetlen) esetében 1,7-2,5; részlegesen hőkezelt szója (részlegesen toaszterezett) esetében 0,2-1,7, jól hőkezelt szója (jól toaszterezett) esetében pedig 0,0-0,2 között van.

6.4.1. Hőrezisztens antinutritív anyagok a szójában

A **fitinsav** a létfontosságú makro- és mikroelemekkel stabil komplexeket képez, megakadályozva a fémek felszívódását. A nyers szója fitinsavtartalma 1,1-1,5; a szójaizolátumé 0,4; texturált szójáé pedig 0,9-1,1 g/100 g, ami közepesnek mondható a növényi eredetű élelmiszereink között. 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 (szén-dioxid, hidrogén, metán) keletkeznek, melyek kellemetlen felfúvódást, hasi puffadást okoznak. A **favizmusfaktorok** közé tartozó vicin és konvicin hemolitikus anémiát okoznak. A **cseranyagok**, melyek a hüvelyesek és a cereáliák magvaiban találhatóak, fehérjekicsapó tulajdonságukkal gátolják a fehérjék emészthetőségét, és még kétórás főzés után is megmarad az eredeti cseranyagtartalom fele.

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 **lektinek** a növényi eredetű fehérjék, illetve glikoproteinek a vörösvértesteket kicsapják, agglutinálják. Molekulatömegük 20-140 ezer Dalton közötti, az emésztőcsatorna **proteázai** nem képesek lebontani őket. Hüvelyesek és gabonák magvaiban több száz lektint mutattak ki, melyek toxikus változatai gátolják a tápanyagok felszívódását, akadályozzák a sejtek fehérjeszintézisét. Hőlabilisak, 10-15 perces főzés vagy sütés hatására denaturálódnak. A **fazin** toxikus lektin, mely a nyers zöldbabban, babban vagy bablisztben fordul elő, a **ricin** pedig a **ricinin** alkaloiddal együtt idézi elő a toxikus hatást, melynek következtében a szervezet sejtjeinek felületén a galaktóztartalmú glikozidokhoz kötődik. Halálos adagja 12 μ g/testtömeg-kg.

A **szaaponinok** a növényvilágban nagyon elterjedt felületi feszültséget csökkentő hatású glikozidok. Aglikonjuk felépítése alapján lehetnek szteránvázat

tartalmazó szteroid-szaponinok és aliciklusos triterpénszármazékok. 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.

6.4.2. A szója antinutritív anyagai hatásának kiküszöbölése

Az átlagos ipari tósztolás elegendő. Az eljárás során vigyázni kell arra, hogy a túlzott hőkezelés ne vezessen a fehérje biológiai értékének csökkenéséhez. A szója-alapon készült csecsemőtápszereket, tejpótlókat csak forró gőzzel való tósztolással előállított szójából lehet készíteni, melynek során gondolni kell a fitinsavhatás kompenzálására. A szaponinok és a polifenolok depresszív hatása a fehérjekivonatok és izolátumok aminosav-tartalmának gyenge hasznosulásában nyilvánul meg.

6.5. A szójafehérje minősítésére alkalmas vizsgálatok

A fehérjék minősége, biológiai értéke a gyakorlatban azt jelenti, hogy mennyire tudják a szervezet esszenciális aminosavigényét kielégíteni. Az esszenciális aminosav-szükséglet életkoronként más és más, ezért a fehérje minősítésekor az életkor szerepét nem hagyhatjuk figyelmen kívül. 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 döntenek el. A **fehérje hasznosulását befolyásolhatja** a táplálék energiatartalma, a fehérjekoncentráció csökkenése vagy növekedése, a vitamin- és ásványianyag-ellátás, illetve a toxikus vagy antinutritív anyagok jelenléte az élelmiszerben.

A fehérje minőségét legpontosabban állatkísérletekkel állapíthatjuk meg, melyek drágák és lassúak. A gyakorlatban laboratóriumi módszereket használunk, melyek eredményei szoros összefüggésben vannak az állatkísérletek során kapott minősítéssel. A fehérje minőségét különböző értékmérő indexekkel jelöljük, tudva azt, hogy egyetlen index sem jelöli komplex módon a fehérje tápértékét. **Szinonim fogalmak** a fehérje tápértéke, élelmezési értéke, biológiai értéke és minősége, ami mind ugyanazt jelenti. Megállapításuk kémiai, in vitro enzimes, mikrobiológiai és biológiai módszerekkel lehetséges.

A **fehérje biológiai potenciáljának mérése során** meghatározzuk a nyersfehérje-tartalmat, a valódifehérje-tartalmat, az emészthető nyersfehérje-tartalmat, a fehérje aminosav-összetételét, a D-enantiomerek mennyiségét és a hasznosítható esszenciális aminosavak mennyiségét. Az aminosav-összetételi adatokból a következő indexeket számolhatjuk: **E/N, I/D, E/T**, ahol E = az esszenciális amino-

savak mennyisége a fehérjében, N = a nem esszenciális aminosavak mennyisége a fehérjében, I = a nélkülözhetetlen aminosavak mennyisége a fehérjében, D = a nélkülözhető aminosavak mennyisége a fehérjében, T = az összes aminosav mennyisége a fehérjében. Az aminosav-analízis eredményeiből megállapítható a fehérje limitáló aminosava, ami a legkisebb százalékos mennyiségben előforduló aminosav. 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, mintha csak az aminosav-összetételt szemlélnénk.

A **mikrobiológiai tesztek** jobb közelítést adnak az in vivo vizsgálatokhoz, és a proteolitikus aktivitású tesztorganizmusok segítségével mérni lehet az egyes aminosavak mennyiségét fehérjehidrolizátumokból, a fehérjék relatív tápértékét (RNV) és az egyes esszenciális aminosavak hasznosíthatóságát. A **szervezet tömegváltozása alapján meghatározható indexek** a fehérjehatékonysági arány (PER), a nettó fehérjehatékonyság (NPR), a fehérjeretenció-hatékonyság (PRE) és a bruttó fehérjeérték (GPV). A **szervezet nitrogéntartalma alapján meghatározható indexek** a nettó fehérjehasznosítás (NPU), a nitrogénmérleg-index (NBI), a relatív növekedési index (RGI) és a relatív tápérték (RNV). A legismertebb biológiai módszerek a testtömegváltozás mérésén alapulnak.

6.5.1. Néhány kémiai módszer a fehérje minőségének meghatározására

A **fehérjék oldhatóságának vizsgálata** alkalmas az extrahált szójadara minőségének ellenőrzésére és a denaturáció fokának megállapítására. A módszer szerint a fehérjét vízzel oldjuk ki, az oldatba ment fehérje mennyiségét pedig Kjeldahl-módszerrel határozzuk meg. A nitrogénoldhatósági index (NSI) esetében az oldható nitrogén mennyiségét a minta összes nitrogénjének százalékos arányában adjuk meg, a fehérjeoldhatósági index (PDI) esetében pedig az oldhatóságot az oldatban maradó fehérje és a minta összes fehérjéjének százalékaiban fejezzük ki. A hőkezelt, denaturálatlan szójafehérjék NSI-értéke 70% feletti, PDI-értéke pedig nagyobb mint 80%. A fehérje enyhe, de a biológiai értéket még nem befolyásoló hőkezelésre utal, ha a PDI értéke 60%, az NSI pedig 20-40% közötti. Intenzív hőkezelés esetén a PDI 20-40%, az NSI pedig 10-20% közötti, ami már némi fehérjekárosodásra utal, ezen értékek alatt viszont már jelentős hőkárosodásra lehet számítani.

6.5.2. 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 hozzájutni. 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 nitrogén-mérleg alapján mérve, alkalmas lehet-e gyengébb minőségű fehérjék kompletálására, költségesebb vagy nehezen beszerezhető fehérjék kiváltására, és hogy alkalmazása milyen gazdasági haszonnal jár. A minősítés során célszerű kémiai vizsgálatokkal kezdeni, ezután következhetnek a laboratóriumi állatokon végzett tesztek és a haszonállatokkal végzett etetési kísérletek.

7. fejezet

Szelénnel dúsított élelmiszerek

7.1. A szelénről általában

A szelént *Berzelius* fedezte fel 1817-ben. Nevét *Szelénéről*, a Hold görög istennőjéről kapta. A 20. század közepéig azt hittük, hogy mérgező és rákkeltő, 1957-ben azonban patkányokon bizonyították esszencialitását. A szelén ($_{34}\text{Se}$, $A_r = 78,96$) a kénnel kémiailag rokon nemfémes elem, amely a kénnel analóg vegyületeket képez. Hasonlóságát a kénhez a következő vegyületek mutatják: Na-szulfid (Na_2S) $\sim$ Na-szelenid (Na_2Se); Na-szulfít (Na_2SO_3) $\sim$ Na-szelenit (Na_2SeO_3); Na-szulfát (Na_2SO_4) $\sim$ Na-szelenát (Na_2SeO_4); cisztein $\sim$ szeleno-cisztein; metionin $\sim$ szeleno-metionin.

A **szelénről** nemrégén 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 tokoferollokkal együtt antioxidánsként részt vesz a metabolizmusban, a szervezet antioxidánsai, a káros szabadgyökök elleni védelemben játszanak igen fontos szerepet; továbbá az emberi szervezetben mintegy 10-15 mg szelén található. Természetes védőmechanizmusként részt vesznek a szabadgyökök káros hatásának kiküszöbölésében, mely védekező mechanizmus részei a glutation-peroxidáz és a tioredoxin-reduktáz szeléndependens 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.

7.2. A szelén mint esszenciális nyomelem

Az elmúlt évtizedekben fedezték fel, hogy **a szelén szükséges a normális életvékenységhez**, és segít bizonyos daganatos betegségek gyógyításában, sőt megelőzésében. A Skandináviában és Európa néhány más országában termelt élelmiszerek rendkívül szelénhiányosak, így a napi étkezések során szervezetünkbe jutó szeléntartalom (0,05-0,10 mg) nem jelentős.

A szelén relatív atomtömege 78,96 g, izotópjai közül a ^{80}Se -izotóp fordul elő gyakrabban. Mínusz 2, 0, +4, +6 oxidációs állapotú lehet, mely megjelenési formákat a környezeti hatások befolyásolják. 1930 körül még toxikus elemnek tekintették, 1943-ban már karcinogén tulajdonságát is leírták, 1949-ben viszont

kimutatták a szelén esszenciális szerepét az élő szervezetben, és rájöttek arra is, hogy a szelénkiegészítés lecsökkenti a daganatos megbetegedések számát. 1957-ben újra rámutattak a szelén esszenciális szerepére (az étrendhez adott szelén megakadályozta a máj nekrozisát), majd 1966-ban a szelén antikarcinogén hatását publikálták, de ekkor még a táplálék összesszelén-tartalmáról tettek említést. 1973-ban a szeléndependens enzimfehérjék katalitikus aktivitását vizsgálva megállapították, hogy a glicin-reduktáz az anaerob baktériumokban, a glutation-peroxidáz pedig az emlősökben játszik jelentős szerepet. 1976-ban felfedezték a glicin-reduktázt és a szeleno-ciszteint, a cisztein szelénanalógját. Rájöttek arra, hogy **a különböző kémiai módosulatok jelentősen eltérnek egymástól** toxicitásukat, felszívódásukat és az emberi szervezetben való hasznosulásukat illetően. Megállapították, hogy a módosulatokat minden esetben meg kell határozni, ha azok hasznosságáról az ember szempontjából információkat akarunk kapni. Vizsgálni kell a szelén oxidációs állapotát, a fémkomplexek eloszlását, a komplexképző ágensekkel való kapcsolatát, mert ezek jelentős mértékben befolyásolhatják a hasznosulást. A speciációs analitika segítségével vizsgálni kell a szelén módosulatainak eloszlását, a módosulatok minőségét, illetve mennyiségét.

7.3. A különböző szelénformák az élővilágban

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 szervesen forrásokból szeleno-metionint nem tudnak előállítani, a szervezetbe bejutott szeleno-metionint szeleno-ciszteinné viszont át tudják alakítani. E két szeleno-aminosav mellett, ezek származékai, a szeleno-metil-szeleno-cisztein és a γ -glutamil-szeleno-metil-szeleno-cisztein is jelen vannak élelmiszereinkben. Nagyobb a koncentrációjuk a növényi eredetű táplálékban, ha a talajt jelentős mennyiségű szeléntartalmú műtrágyával kezelik.

Az emberi táplálékban a szelén főként szelenit és szeleno-metionin formájában van jelen. A szelenit a szervezetben a tiolokkal reagál, mely reakciót a glutation enzim katalizálja, aminek során a szelenát szelenitté alakul, majd hidrogén-szelenid keletkezik belőle. A szeleno-metioninból a szeleno-ciszteinnel keresztlül transz-szulfurilálás során szeleno-cisztein keletkezik, ami egy β -liáz enzim hatására hidrogén-szeleniddé bomlik. Egy másik úton transzaminálással és dekarboxilezéssel metabolizálódik, és kb. 90%-a nem specifikus módon beépül szervezetünk fehérjeibe. A hidrogén-szelenidből a S-adenozil-metioninnal történő reakció során metil-szelenol keletkezik, amely dimetil-szeleniddé, majd trimetil-szelenonium-ionná alakul.

Növényeket nagy mennyiségű szelénnel kezelve elsődlegesen γ -glutamil-metil-szeleno-cisztein keletkezik, melynek hasznosulása hasonló a metil-szele-

no-ciszteinéhez. A metil-szeleno-cisztein β -liáz enzim hatására metil-szelenollá alakul. Átlagos szelénbevitelt feltételezve a fölösleges szelén a vizelettel aminoszékercukor formában ürül, ha nagy mennyiségben kerül a szervezetbe, akkor a tüdőn keresztül dimetil-szelenidként is távozzhat, a vizeletben pedig trimetil-szelenonium ion formájában is ürülhet.

7.4. A szelén antioxidáns tulajdonságai

A szelén **antioxidáns tulajdonságát különféle enzimekkel való kapcsolódása során fejt ki**. A vázizomzat fehérjéi a külső forrásból származó szeleno-metionint és szeleno-ciszteint is be tudják építeni (ezek a szeléntartalmú fehérjék), az anyagcserében aktív szerepet betöltő szeleno-proteinek viszont csak a szervezetben keletkezett szeleno-ciszteint tudják felhasználni, csak szelén jelenlétében képesek működni. Mennyiségük szelénhiányos táplálkozás esetén jelentős mértékben csökken. A múlt században közismertté vált **szeleno-proteinek szerepe a biokémiai folyamatokban** a következő: azonosították a szeleno-protein P-t, a jodotirozin-dejodinázt, a tioredoxin-reduktázt és a szeleno-foszfát-szintetázt. 1975-ben azonosították az antioxidáns hatású glutation-peroxidázt, megállapították, hogy az minden emberi szövetben megtalálható, melynek működését elsősorban a redukált glutation mennyisége és a szervezet szelénellátottsága határozza meg. Kiderítették, hogy védi a membránok szerkezetét, meggátolja a DNS károsodását, és a lipid és foszfolipid hidroperoxidok eltávolítása által csökkenti a rákkeltő anyagok kialakulását a szervezetben. A szelén, a kén helyét elfoglalva, szeleno-ciszteinként épül be az enzimbe, ahol könnyebben redukálódik, mint a kén, ezért rendkívül fontos szerepet tölt be a szervezet oxidációelleni védekező rendszerében.

7.5. Szeléntartalmú enzimek

A múlt században **négy szeléntartalmú glutation-peroxidázt azonosítottak**, melyek mind antioxidáns tulajdonságúak. A szelén megnöveli ezen enzimek aktivitását, ezért az enzimaktivitás mérése a vérlemezékben jó indikátora a szervezet szelénellátottságának. A szeléntartalmú jodotirozin-dejodináz enzim jelentős szerepet tölt be a trijodo-tironin és a tiroxin hormonok szintézisében, azok aktiválásában, ezért a szelén ezen enzimek metabolizmusa révén feltétlenül szükséges a normális fejlődéshez és növekedéshez. A tioredoxin-reduktáz a szervezet antioxidáns rendszere regenerálásában vesz részt, melynek során a dehidro-aszkorbinsavat aszkorbinsavvá alakítja vissza. A tioredoxin redukálásával jelentős szerepet tölt be a sejtnövekedés szabályozásában. A szeleno-protein C-nek nagy valószínűséggel szerepe van a membránon keresztül történő transzportfolyamatokban, antioxidáns hatásánál fogva megvédi az endotél sejteket a peroxi-nitritek támadásával szemben.

7.6. A szelén hasznosulása

A fémes, illetve szervesen állapotban levő szelén hasznosulása csekély mértékű a szervezetben, mert az emésztőrendszerből való felszívódás korlátozott, a mégis felszívódó szeléntartalmú vegyületek jó része a vizelettel kiürül, a vizelettel ki nem ürülő forma pedig korlátozottan hasznosul. **Jól hasznosul a szeleno-metionin formában bevitt szelén**, mely a növényekben keletkezik a talaj szeléntartalmából, amit az állatok szeleno-cisztinné tudnak konvertálni.

Magyarország lakossága élelmiszereinek szelénnel való kiegészítése során mindenképp a cisztin és a metionin szelénanalógját lenne célszerű alkalmazni. 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 (máj, vese), a tengeri halak, rákok és az állati húsok. Igen magas szeléntartalmú a brazil dió, mely darabonként több mint 100 µg szelént is tartalmazhat.

7.7. A növényi eredetű élelmiszerek szeléntartalma

A **növényi eredetű élelmiszerek szeléntartalmát befolyásolja** a talaj szeléntartalma, a szelén oxidációs formája, a talaj kémhatása, mely hatással van a szelénmódosulatokra, a talaj szerves anyagai, a vas- és alumíniumvegyületek mennyisége és aránya, melyek a szelént megköthetik, a kénvegyületek mennyisége, melyek nagy koncentrációban meggátolhatják a szelén talajból történő felszívódását, a csapadék, amely kimoshatja a szelént a talajból és a mikroorganizmusok, melyek oldhatóvá alakíthatják az oldhatatlan szelénvegyületeket. Az alacsony szeléntartalmú élelmiszerek fogyasztásának növelésével a szelén szervezetbe történő bevitelét nem lehet növelni, ezért a szervezet szelénszükségletét étrendkiegészítőkkel és szelénnel dúsított élelmiszerekkel lehet kielégíteni. Az étrendkiegészítők a múlt század 80-as éveiben terjedtek el mint kapszulázott vagy tablettázott formában kiválóan hasznosuló termékek, illetve szelenitet, szelenátot, szeleno-metionint vagy szelénnel dúsított élesztőt tartalmazó anyagok.

7.8. A szelénnel dúsított élelmiszerek

A különleges szelénnel dúsított élelmiszerekben a szelén a természetes vagy ahhoz közeli formában fordul elő, melyek előállításához bonyolult technológia szükséges. A növénynek vagy az állatnak tápanyag-kiegészítőként adják a szelént, ami több átalakuláson keresztül éri el természetes formáját. Az átalakulások során a szelén oxidációs állapota megváltozhat, ezért fontos annak nyomon kö-

vetése, hogy a növényi vagy állati eredetű tápanyag milyen formában tartalmazza a szelént. Magyarországon szelénvel dúsított gabonapelyhet, tojást, margarint, kenyeret, illetve péksüteményt hoznak forgalomba, és beszámoltak a csirkehús, a tojás, a brokkoli, a hagymafélék és a búza szelénvel történő kiegészítéséről is. A leggyakrabban forgalmazott szelénforrás **a szelénvel dúsított élesztő**, melynek előállítása során a dúsítást nátrium-szelenittel, nátrium-hidrogén-szelenittel, nátrium-szelenáttal és szeleno-metioninnal lehet végrehajtani. A dúsított élesztő szeléntartalma elérheti a 3000 mg/kg-ot, amely főként szeleno-metioninként épül be az élesztőfehérjébe, a metil-szeleno-cisztein viszont csak kis mennyiségben van jelen a szelénvel dúsított élesztőben.

A szelénvel dúsított élesztő a *Saccharomyces cerevisiae* magas szelénkoncentrációjú közegben történő fermentációs folyamatának eredménye, melynek során szelénforrásként legtöbbször nátrium-szelenitet alkalmaznak. A szelénben gazdag élesztőmassza előállítását követően hőkezeléssel elpusztítják az élesztősejteket, porlasztva szárítással szárítják, a végtermék pedig magas koncentrációban, szerves kötésben tartalmazza a szelént. A gyártást követően ellenőrzik a szervesetlen és a szerves szelén mennyiségét, mely elsődlegesen befolyásolja a végtermék minőségét. A szerves kötésű szelén főként szeleno-metioninként van jelen, mely képes arra, hogy a metionint helyettesítve, nem specifikusan, beépüljön a szervezet fehérjéibe, szeléntartalékként szolgálva a fogyasztó számára.

A szelénvel dúsított élesztő szervesetlen szeléntartalma (nátrium-szelenit) kiváló szubsztrát a fehérjék képződésénél, a szervezet azonban nem képes szelénraktárt képezni belőle. Néhány országban engedélyezték a szelénes élesztő takarmányokba történő keverését is, melynek célja szelénben dús állati eredetű élelmiszerek előállítása. **A különböző szelénvel dúsított élesztőkből a szelén felszívódása különböző lehet.** Ezt magyarázni lehet a termék gyártása során alkalmazott élesztőtörzsek különbözőségével, az eltérő gyártási technológiával és a felhasznált szelén minőségében mutatkozó különbségekkel. A szelénes élesztő szeléntartalma a szervesetlen formánál sokkal jobban hasznosul, az ilyen szelénkiegészítést követően hosszabb ideig marad vissza a szervezetben, ami a szeleno-metionin szöveti fehérjékbe történő beépülésével magyarázható. A szelénezett búzával és élesztővel történő kiegészítés a felvétel és visszatartás szempontjából is hasonló, jóval magasabb a szervesetlen szelénénél.

A szelénkiegészítés hatással van az **anyatej szeléntartalmára** is. A szeleno-metionin és a szelénes élesztő hasznosulását vizsgálva gyermeküket szoptató és nem szoptató anyáknál megállapították, hogy a szelénpótlást nem kapó szoptató édesanyák vérplazmájának szelénszintje szignifikánsan kisebb volt a gyermeküket nem szoptatókénál. Szeleno-metionin hatására mindkét csoportban nőtt a plazma szelénszintje, míg a szelénes élesztő csak a nem szoptató anyáknál növelte meg a plazma szelénkoncentrációját. Szeleno-metionin pótlás hatására az anyatej szeléntartalma szignifikánsan megnőtt a szelénes élesztőt fogyasztókéval szemben.

Összefoglalva megállapítható, hogy **a szelénés élesztő kiegészítés hatására növekszik a szelено-enzimek aktivitása**, az élesztő szelено-metionin-tartalma pedig – beépülve a szervezet fehérjéibe – lehetővé teszi a szelén lassú kiürülését a szervezetből, folyamatosan biztosítva a szervezet szelénszükségletét. A szelénés élesztő hasznosulása kisebb a szelено-metioninnál, ugyanis a szelénés élesztőt a szervezetnek le kell bontani a szelено-metionin hozzáférhetővé válása érdekében. Az élesztőben a szelén nemcsak szelено-metionin, hanem egy része szervesen szelén formában van jelen. A szelено-metionin felezési ideje a szervezetünkben 252 nap, a szelenit 102 nap, ami a szerves módosulat jobb tárolhatóságát magyarázza.

A különböző szelénformák LD₅₀-értéke különböző. Ez az érték szelénés élesztőre 37,3, nátrium-szelenitre 12,7 mg/kg, ezért a szelénés élesztőből sokkal több kell az akut toxicitás kiváltásához. A **szerves szeléntartalmú vegyületek** hosszú időn át való fogyasztása **szelenózist okozhat**, hisz a szervezet akkumulálni képes azt. Nagyon fontos a szelén felhalmozódását nyomon követni, és tudni, hogy a szelénkiegészítő vagy a megnövelt szeléntartalmú élelmiszer milyen formában tartalmazza a szelént.

7.9. A növények szeléntartalma

A növényi eredetű táplálékok szelénnel történő dúsításának lehetőségei sokfélék. A növények a talaj vagy a leveleikre kipermetezett szelenitet képesek szerves kötésű szelénvegyületekké átalakítani. Ez biztonságos szelénforrás az emberek számára a kiindulási szelenithez képest, hisz a szelén-túlادagolás veszélye csekély. **A legtöbb növény maximum 1-2 mg/kg szelént tartalmaz** 100% 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, így vannak olyanok, melyek szelénben gazdag talajon természetve nagy mennyiségű szelént képesek raktározni szerveikben. 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.

A nagy mennyiségű szelénfelvevő-képességű növények elsősorban szelено-aminosavakat szintetizálnak (90-95% metil-szelено-ciszteint), melyet a növény hosszú időn keresztül képes raktározni. Az elsődlegesen akkumulálók a szelено-aminosavakat nem építik be a fehérjéikbe, ezért a toxikus mennyiségű szelént tartalmazó talajok szelénmentesítésére használhatók. Normál szeléntartalmú talajokon **a szelén beépül a növényi fehérjéikbe, és főként szelено-cisztein és szelено-metionin-formában kerül be az élelmiszerláncba**. Magasabb szeléntartalmú talajokon a növények (brokkoli és a különféle hagymafélék) fő szeléntartalmú vegyülete a metil-szelено-cisztein.

A szelén a kénnel szinergens, a ként kiszorítja az aminosavakból. Nagy szeléntartalmú élelmiszerek előállítására sokan a hagymaféléket választották. Alacsony szelénkoncentrációnál a fokhagyma γ -glutamil-metil-szeleno-cisztein formában tárolja a szelént, ha azonban a talaj szelénkoncentrációját megnöveljük, akkor a fő szelént tároló vegyület a metil-szeleno-cisztein, de kis mennyiségben a szeleno-metionin is előfordul a növényekben.

Három mg/kg szelénben dúsított fokhagyma 65%-kal csökkentette az emlőrák kialakulását patkányoknál, és brokkolival is hasonló eredményre jutottak. A szelénrel dúsított fokhagyma hatásosabbnak bizonyult az emlőrák kialakulásának csökkentésében, mint a szelénrel dúsított élesztő, mert az élesztőben a szelén szeleno-metioninként, a fokhagymában pedig metil-szeleno-ciszteinként vagy annak glutamilszármazékaként van jelen, melyek élettani hatékonysága nagyobb.

7.10. A szelén akkumulációja

A **szelén akkumulációját** mérték búzában, kukoricában, rizsben és szójában, ahol a szelén főként szeleno-metionin formában fordul elő. A szelénrel dúsított fokhagyma, zöldhagyma, snidling és brokkoli fő szelénmódosulata a metil-szeleno-cisztein. A szelén szerves formában való fogyasztása során az akut toxicitás könnyen és gyorsan kialakul, ezzel szemben kevésbé veszélyes a szerves forma, ha **szeleno-metioninként** visszük be a szelént a szervezetbe, ekkor azonban **a szelén felhalmozódása jelent veszélyforrást**. Jobb megoldás a szelénrel dúsított növényi tápanyagok, de még jobb a szelénben dúsított állati termékek fogyasztása. Az állat konverziót hajt végre a szelénanyagcsere folyamán, ezért az állati eredetű élelmiszer – normális táplálkozási szokásokat feltételezve – semmiféle veszélyt nem jelent az emberi szervezet számára.

A növények egyik részében a talajból felvett szelén metil-szeleno-cisztein vagy glutamil-metil-szeleno-cisztein formában fordul elő, a növények másik részében a fő szeléntartalmú szerves komponens a szeleno-metionin, az állati eredetű élelmiszerekben pedig szerves komponensként szinte kizárólag a szeleno-metionin fordul elő. A növények közül némelyek **nagy mennyiségű szelénakkumulációra képesek**, mások viszont magas szeléntartalmú talajokon természetesen is emberi fogyasztásra alkalmas mértékben tartalmazzák a szelént. Növények esetében a szeléntartalom növelésére alkalmasak lehetnek különféle szeléntartalmú műtrágyák, levéltrágyák, állatok esetében pedig alkalmas lehet a szerves szelén, illetve szelenát, de jobb, ha az állat takarmánya is szerves kötésben lévő szelént tartalmaz.

Az állati eredetű táplálékok **szelénnel történő dúsításának lehetőségei** a következők. Az állati eredetű termékeknél elő lehet állítani szelénrel dúsított húst, de igen jó hatásokkal lehetne a népesség szelénkiegészítésére használni a **szelénrel dúsított baromfifojtást és a szarvasmarhatejet** is. A szervezet szelén-

szükségletét egyrészt étrend-kiegészítőkkal, másrészt szelénnel dúsított élelmiszerekkel lehet növelni. A szelénnel dúsított élelmiszerek előállítása rendkívül bonyolult technológia, melynek során a növénynek vagy az állatnak tápanyag-kiegészítőként adják a szelént, ezt követően a szelén több átalakuláson keresztül éri el természetes formáját, mely átalakulások során a szelén oxidációs állapota megváltozhat.

Fontos, hogy a növényi vagy állati eredetű tápanyag milyen formában tartalmazza a szelént. A sertés takarmányának kiegészítése szervetlen (szelenit, szelenát) és szerves (szelénnel dúsított élesztő) szeléntartalmú anyagokkal magas szeléntartalmú sertéshúst lehet előállítani. A tojótúrók tojótápjának hasonló módon történő kiegészítése magas szeléntartalmú biotójást eredményez. A szarvasmarha takarmányának kiegészítése megnöveli a szeléntartalmat a tejben.

Összefoglalva megállapítható, hogy a **szelénkiegészítés hatására növekszik a szelено-enzimek aktivitása**, a szelено-metionin – beépülve a szervezet fehérjéibe – lehetővé teszi, hogy a szelén lassan ürüljön ki a szervezetből, folyamatosan biztosítva a szervezet szelénszükségletét. Malacoknál, süldőknél szeléntartalmú táp (nátrium-szelenittel, szelénés élesztővel kiegészített) fogyasztását követően jelentős mértékben megnő a belső szervek és az értékes izomrészek szeléntartalma. A tej, mint alapvető táplálék, szelénforrásnak számít az ember számára, ezért nem lehet közömbös számunkra annak szeléntartalma. Tejelő szarvasmarhák takarmányát szelénnel kiegészítve szelénben dúsított tehéntejet lehet előállítani. **A szelén** tehát, mivel a szelено-enzimek (pl. glutation-peroxidázok, tiroxin-dejodinázok) működése szelén nélkül elképzelhetetlen, **esszenciális a magasabb rendű állatok és az ember számára**. A növények számára valószínűleg nem esszenciális, mert nincs egyértelmű bizonyíték a specifikus beépülésre. A *szelено-aminosavak* beépülése a növény fehérjéibe toxikus a növény számára.

7.11. Szelénspecieszek a bioszférában

A szelén számos kémiai formában (speciesz) létezik a bioszférában. Ezek hatása, toxikussága eltérő az élő szervezetekre, ami felveti a specieszanalitika szükségességét. **A szeléntartalmú specieszek** csoportján belül a *szelено-proteinek* specifikusan, az UGA kodonok által kódolt, beépült SeCys-egységek, ami által a Se-szint homeosztatikusan szabályozott. *A szeléntartalmú fehérjék* esetében a Met helyére random beépült **SeMet-egységek a szervezet szelénraktárai**. A fehérjében nem kötött szelénformák a szervezetben a szervetlen szelén szelenit (SeO_3^{2-}), szelenát (SeO_4^{2-}) és szelenid (Se^{2-}), a szerves szelén a szelено-aminosavak, főként a SeMet, a SeCys és a Se-metil-SeCys, és vannak egyéb szerves specieszek, pl. metilezett intermedierek is.

7.12. Szeleno-aminosavak

A fehérjeépítő **szeleno-aminosavak** közé tartozik a szeleno-metionin (SeMet), képlete $\text{CH}_3\text{-Se-CH}_2\text{CH}_2\text{CH(NH}_2\text{)-COOH}$, ikerionos formája $\text{CH}_3\text{-Se-CH}_2\text{CH}_2\text{CH(NH}_3^+\text{)-COO}^-$, a szeleno-cisztein (SeCys), képlete $\text{HSe-CH}_2\text{CH(NH}_2\text{)-COOH}$, ikerionos formája $\text{HSe-CH}_2\text{CH(NH}_3^+\text{)-COO}^-$ és a szeleno-cisztin (SeCys₂) $\text{HOOC-(NH}_2\text{)CH-CH}_2\text{-SeSe-CH}_2\text{CH(NH}_2\text{)-COOH}$, ikerionos formája $\text{-OOC-(NH}_3^+\text{)CH-CH}_2\text{-SeSe-CH}_2\text{CH(NH}_3^+\text{)-COO}^-$. A szelén metabolizmusa szervezetünkben a mai tudásunk szerint a következő módon megy végbe. A szeléntartalmú fehérjékből szabaddá váló SeMet SeCys-né alakul a szervezetben. Egy másik úton a szelenát szelenitté, majd szeleniddé alakul, ebből az ATP terminális foszfátjának segítségével szeleno-foszfát keletkezik, ami SeCys-né alakul a szervezetben, amelyből, bármilyen úton keletkezett, **szeleno-proteinek szintetizálódnak**. A fölös mennyiségű szelenid egy másik reakcióban metilszelenollá alakulhat, ami a vizelettel távozik, a metilszelenol átalakulhat dimetilszeleniddé, ami a légzéssel hagyja el a szervezetet, vagy tovább alakul trimetilszelenónium-ionná, ami a vizelettel ürül.

Összefoglalva a **szelén biológiai jelentőségét** elmondható, hogy antioxidánsként a tokoferolokkal együtt részt véve a metabolizmusban, segít megőrizni a sejt-hártyák épségét, és a szeléntartalmú *glutathion-peroxidáz* enzim, a peroxidbontó reakció katalizálásával, védi a telítetlen lipideket. A Se a talajban elsősorban szervetlen formákban (szelenit, szelenát, szelenid), a növény- és állatvilágban szerves formákban (szeleno-aminosavak, illetve ezek származékai) fordul elő. A **növények szeleno-metionint (SeMet), az emberi és állati szervezetek SeMet-t és szeleno-ciszteint (SeCys) tartalmaznak**, mely utóbbiak a SeMet-t át tudják alakítani SeCys-né. A szelénhiány következményei a reprodukciós zavarok, hogy romlik a sperma minősége, az embriódegeneráció, a keltethetőség és a tojástermelés csökkenése, a májnekrozis, a pankréászfibrozis, a hemolízis, az exudatív diatézis, a váz- és szívizomelfajulások, az izombetegségek és a szőr kihullása.

7.13. 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 pseudoalbinizmus (fehér foltok a bőrön), a hajhullás, a neurogeriátriai kórképek és a csökkent immunválasz. A szelén véd a Hg, a Cd, az Pb, az As és az egyéb xenobiotikumokkal szemben.

Növényi eredetű élelmiszereink közül **a gomba (130 µg/kg) és a fokhagyma (250 µg/kg) szeléntartalma a legnagyobb**. Az alma szeléntartalma átlagosan 6, az őszibaracké 12, a narancsé 29, a banáné 46, a zöldségeket és a főzelékeket tekint-

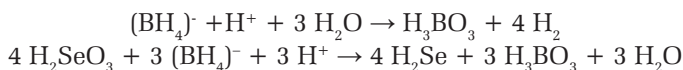
ve a paradicsomé, a vöröshagymáé és a zöldbabé 7, a spenóté 16, a sárgarépáé pedig 22 $\mu\text{g/kg}$. A gabonafélék közül a fényezett rizsé 315, a barna rizsé 390, a fehér búzaliszté 150, a Graham liszté pedig 350 $\mu\text{g/kg}$.

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 $\mu\text{g/kg}$. A tej és tejtermékek nem tartoznak a kiemelkedő szeléntartalmú élelmiszerek közé. A 2,8%-os zsírtartalmú tej szeléntartalma 5-28 $\mu\text{g/kg}$ közötti, a sovány tejporé 100, a zsíros tejporé 55, a sajté pedig 7-105 $\mu\text{g/kg}$ között van. A tojás lényegesen több szelént tartalmaz, mint a tej, mert a tojásfehérje szeléntartalma 110, a tojássárgájáé 380, a teljes tojásé pedig 200 $\mu\text{g/kg}$. A tengeri eredetű élelmiszerek közül a homár és az osztriga 650, a tőkehalhús pedig 420 $\mu\text{g/kg}$ szelént tartalmaz.

7.14. Szelénnel történő dúsítás

7.14.1. A búzafű és a búzamag összesszelén-, szelenometionin- és szervesszelén-tartalma

A lakosság jobb szelénellátását célozva kutatómunkánk során meghatároztuk 35 (+14) darab búzafű, 44 db búzamag, 3 darab kenyér, 3 darab szelénnel dúsított kenyér és egy szelénos premix szeléntartalmát. **A szeléntartalom-meghatározást fluorimetriás módszerrel végeztük,** és mivel a szelén rendkívül érzékeny a roncsolási körülményekre, ezért nedves roncsolással végezzük a feltárást. A roncsolt minta savas oldatához 2,3-diamino-naftalin reagensoldatot adunk, és a kapott piazszenol-komplexet fluorimetriásan mérjük. A fluorimetriás mérés során a gerjesztési hullámhossz 380 nm, a mérési hullámhossz 519 nm volt. A szeléntartalmat **atomabszorpciós spektrofotométerrel is meghatároztuk.** Az atomizáció során az atomos gőzök lángba juttatása során a mérendő anyag a ködkamrába kerül, az éghető gázzal keveredik, majd együttesen kerülnek tovább a lángig. A lángban megtörténik a vájtkatódlámpa által kisugárzott fény abszorpciója, melynek mértékét a fényérzékelő méri. A szeléntartalmat **hidridfejlesztéses módszerrel is analizáltuk.** A hidridfejlesztéses módszerek közül a tetrahidroborátos módszert alkalmaztuk, melynek lényege, hogy az oldatban lévő szelént savas közegben Na-tetrahidroborát reagenssel reagáltatjuk, melynek során a keletkező hidrogén a hidridaktív (szelén) komponenssel illékony hidridet képez. A szelén esetében a folyamat a következő:



A módszer előnye, hogy hidrid formában a szelént tökéletesen ki lehet nyerni, az illékony komponens a minta mátrixából teljes egészében eltávolítható, a zavaró anyagok pedig a folyadék fázisban maradnak. A szeléntartalmú mintát nedves roncsolást ($\text{HNO}_3 + \text{HClO}_4$) követően hidridképző Se(IV) -gyé alakítjuk (KBr-tartalmú HCl -oldattal), majd az atomabszorpciós spektrofotométerhez (AAS) kapcsolt hidridgenerátorban nátrium-borohidriddel (NaBH_4) reagáltatjuk, és a képződött hidrogén-szelenidet (H_2Se) inert vivőgázárammal (Ar) bevezetjük az AAS készülék lángos mintakamrájába. Az atomizálódott Se abszorbanciáját 196 nm-en mérjük.

A **szenometionin-tartalom meghatározása során** fehérjehidrolízist alkalmazunk, ezért az analízist megelőzően vizsgáltuk, hogy különböző hidrolizálószerrek hogyan befolyásolják a szeleno-aminosavakat. A fehérjék esetében általánosan használt hidrolizismódszer (6 M HCl , 110 °C, 24 óra) mindkét szeleno-aminosav (szeleno-metionin, szeleno-cisztein) teljes bomlásához vezetett. A *2-merkaptó-etán-szulfonsavval* (3 M vizes oldat, 110 °C, 24 óra) végzett fehérjehidrolízis a merkaptocsoport miatt a SeCys_2 teljes átalakulását okozta, ugyanakkor a SeMet gyakorlatilag nem bomlott el. *P-toluol-szulfonsavval* (3 M vizes oldat, 110 °C, 24 óra) végzett hidrolízisnél gyakorlatilag mind a SeMet , mind a SeCys_2 érintetlen maradt, csupán az utóbbi szenvedett kisebb mértékű bomlást.

A hidrolízis módszer kidolgozása után **a szeleno-aminosavakat nagyhatókonyságú folyadékkromatográfiás módszerrel választottuk el** a fehérjealkotó aminosavaktól OPA/2-merkaptó-etanol származékképző alkalmazásával, SeMet és SeCys_2 standardek használatával. A mérést egy 125x4 mm-es Purospher RP-18e (C18) oszlopon végeztük, kétkomponensű eluenskeveréket használva (metanol/nátrium-acetát puffer). Csak a SeMet jelent meg a kromatogramon, a 39. perc körül, a Phe előtt eluálva, a SeCys_2 nem képzett fluoreszcens detektorral mérhető származékot a reagenssel. OPA/2-merkaptó-etán-szulfonsav származékképzőt alkalmazva, az előzőekhez hasonló körülmények között, a SeMet jól elvált a többi ninhidrin pozitív vegyülettől, és a Trp előtt eluálva, az 51. perc körül jelent meg a kromatogramon.

Az analitikai módszerek kidolgozás, illetve pontosítása után **meghatároztuk a búzafű és a búzamag szeléntartalmát**. A búzafű eredeti szárazanyagra és 100% szárazanyagra számított összesszelén-tartalma közti összefüggést vizsgálva a korrelációs koefficiens értékét $P < 0,001$ szinten 0,92-nek mértük. A rendkívül szoros összefüggés nem meglepő, hisz ugyanarról az adatsorról van szó, melyben a hibalehetséget egyedül a szárazanyag-tartalom meghatározása hordozza. A búzafű eredeti szárazanyagra számolt összesszelén-tartalma és a búza szeleno-metioninból számolt szeléntartalma közötti összefüggést vizsgálva a korrelációs koefficiens értéke $P = 0,055$ szinten 0,34, ami közepesen szoros összefüggést jelent. A búzafű 100% szárazanyagra számolt összesszelén-tartalma és a búza szeleno-metioninból számolt szeléntartalma közötti összefüggést vizsgálva **R** értéke $P = 0,022$ szinten 0,40 volt, ami közepesen szoros összefüggésre mutat.

A búza **összesszelén-tartalma és a szeleno-metioninból számolt szeléntartalma** közötti összefüggést vizsgálva a korrelációs koefficiens (R) értéke $P < 0,001$ szinten 0,99, ami rendkívül szoros összefüggésre utal. A számítást a szeleno-metionin molekulatömegének ismeretében végeztük. A rendkívül szoros összefüggés várható volt, hisz a szeleno-metioninban jelen levő szelén az összes-szelén-tartalomnak része, és mivel a búzák hasonló időben, fejlettségi állapotban kerültek betakarításra, a két érték között az összefüggés rendkívül szoros kell hogy legyen. A búzafű eredeti szárazanyagra számolt összesszelén-tartalma és a búzafű szelenometionin-tartalma, valamint a szeleno-metioninból számolt szeléntartalma közti összefüggést vizsgálva, 35 minta analízisét elvégezve R értéke $P < 0,001$ szinten 0,92 volt, ami rendkívül szoros összefüggésre mutat. A szelenometionin-tartalomból számolt szeléntartalom esetében 35 minta mérési eredményét analizálva a korrelációs koefficiens (R) értéke 0,92 volt, ami rendkívül szoros összefüggésre utal.

A búzafű 100% szárazanyagra számolt összesszelén-tartalma és a búzafű szelenometionin, valamint a szelenometioninból számolt szeléntartalma közötti összefüggést vizsgálva, 33 minta analízisének eredményeképpen a szelenometionin-tartalom esetén a korrelációs koefficiens (R) értéke 0,92 volt $P < 0,001$ szinten, ami rendkívül szoros összefüggésre utal. A szeleno-metioninból számolt szeléntartalom esetében ugyancsak 35 minta analízisét követően a **korrelációs koefficiens** értéke $P < 0,001$ szinten 0,92 volt. A búza szelenometionin-tartalma és a búzafű eredeti szárazanyagra számított szelenometionin-tartalma közötti összefüggést vizsgálva, 32 mintát analizálva, a korrelációs koefficiens értéke $P = 0,212$ szinten 0,23 volt, ami **gyenge összefüggést mutat**. A búza **szelenometionin-tartalma és a búzafű 100% szárazanyagra számított szelenometionin-tartalma közötti összefüggést** elemezve, 32 minta analízisének eredményeként a **korrelációs koefficiens** értéke 0,27 volt $P = 0,141$ szinten. Az összefüggés gyenge-közepes.

A búzával végzett kísérleteink összefoglalásaképpen elmondható, hogy **rendkívül szoros az összefüggés** a búzafű eredeti szárazanyagra és 100% szárazanyagra számított összesszelén-tartalma között ($r=0,92$), a búza összesszelén-tartalma és a szeleno-metioninból számolt szeléntartalma között ($r=0,99$), a búzafű eredeti szárazanyagra számolt összesszelén-tartalma és a búzafű szelenometionin-tartalma, valamint a szeleno-metioninból számolt szeléntartalma között ($r=0,92$ és $r=0,92$), a búzafű 100% szárazanyagra számolt összesszelén-tartalma és a búzafű szeleno-metionin, valamint a szeleno-metioninból számolt szeléntartalma között ($r=0,92$ és $r=0,92$). **Közepes az összefüggés** a búzafű eredeti szárazanyagra számolt összesszelén-tartalma és a búza összesszelén-tartalma között ($r=0,36$), a búzafű eredeti szárazanyagra számolt összesszelén-tartalma és a búza szeleno-metioninból számolt szeléntartalma között ($r=0,34$), a búzafű 100% szárazanyagra számolt összesszelén-tartalma és a búza összes-szelén-tartalma között ($r=0,40$), a búzafű 100% szárazanyagra számolt összes-szelén-tartalma és a búza szeleno-metioninból számolt szeléntartalma között

($r=0,40$). **Gyenge az összefüggés** a búza szelenometionin-tartalma és a búzafű eredeti szárazanyagra számított szelenometionin-tartalma között ($r=0,23$), a búza szelenometionin-tartalma és a búzafű 100% szárazanyagra számított szelenometionin-tartalma között ($r=0,27$).

7.14.2. Szelénnel dúsított táplálkozási csírák

A csírák jelentősége a táplálkozásban a vegetáriánusok számának növekedésével nőtt, mert a vegetáriánusok előszeretettel fogyasztanak élelmi csírákat. A **csíráztatás „előélesztésnek” tekinthető**, mert segíti a szervezetünkben lejátszódó biokémiai mechanizmusokat. A csírázás során a poliszacharidokból oligo- és monoszacharidok, a zsírokból szabad zsírsavak, a fehérjékből oligopeptidok és szabad aminosavak keletkeznek, és javul az ásványi anyagok hasznosíthatósága is. Az előzőeken túl még **a tápanyagok összetétele is kedvező módon változik** meg számunkra, hisz nő az esszenciális zsírsavak mennyisége, megjelennek a szabad aminosavak, elbomlanak vagy csökken az antinutritív anyagok (tripszin-inhibitor, fitinsav, pentozán, tannin) mennyisége. Egészségvédő hatással és fitokémiai tulajdonságokkal rendelkező vegyületek (glükózinolátok, természetes antioxidánsok) jelennek meg, tehát a csíráknál jobb a hasznosulás és magasabb a tápérték.

A csíráztatott magok előnyös hatásai miatt **funkcionális élelmiszerek kifejlesztésére alkalmasak**, melyek kedvező hatással vannak az emberi szervezetre és segítenek az egészség megőrzésében. A múlt század utolsó évtizedeiben Európa nyugati felében **mindennapossá vált a csíráztatott magvak fogyasztása**, és változatos csírákínálat alakult ki az európai és a távol-keleti piacokon. Legkedveltebbek az adzukibab, a lucerna, a brokkoli, a hajdina, a lóhere, a mungóbab, a mustár, a retek, a vöröskáposzta és a szója csírái. Japánban a fényben termelt csírákat nyersen, míg a sötétben előállítottakat hőkezelve fogyasztják.

A csírázás során a következő biokémiai változások történnek. **A fehérjék enzimatis bomlása kisebb fehérjefragmenseket, polipeptideket, oligopeptideket és szabad aminosavakat eredményez.** Ennek következtében pl. a borsó- és a szójababcsírák a nagy mennyiségű szabad aminosav és a sok γ -amino-vajsav miatt vérnyomáscsökkentő hatásúak. A szabad aminosavak közül a legnagyobb mennyiségben az aszparagin (borsó- és a szójababcsírák), valamint a glutamin fordul elő (egyéb típusú csírákban). A csíráztatás hatására a szabadaminosav-tartalom belül csökkent a hisztidin, a glutaminsav, a glicin, az arginin és a triptofán aránya, az aszparagin-, a valin-, az izoleucin- és a fenilalanin-tartalmat pedig nagymértékben befolyásolták a csíráztatási körülmények. A bab és a lencse csíráztatása során fény hatására magasabb szabadaminosav-tartalmat kaptak, mint sötétben csíráztatva, de a fény nem befolyásolta a fehérje minőségét. Két nap csíráztatás után a borsófehérje táplálkozási értéke javult.

A **hajdinacsírák** táplálkozási értékének vizsgálata során megállapították, hogy a csírában négyszer több a szabad aminosav, mint a magban, és hogy **a**

csíráztatás során megnőtt a lizin- és a kéntartalmú szabad-aminosavak mennyisége, ami magas táplálkozási értékű élelmiszerhez vezetett. A zsírsavösszetétel változását elemezve elmondható, hogy a telítetlen zsírsavak mennyisége a csírázás előtti 36,8% olajsav, 38,1% linolsav, 2,7% linolénsav arányról az olajsav mennyisége fokozottan csökkent, a linolsav és a linolénsav aránya viszont nőtt. A linolénsav koncentrációja hét nap alatt 52,1%-ra nőtt, és a legnagyobb mennyiségben jelen levő zsírsavvá vált. **A csíráztatás végére a telítetlen zsírsavak aránya meghaladta a 83%-ot**, ami azért jelentős, mert a linolsav és az arachidonsav esszenciális, a linolénsav szemiesszenciális az emberi szervezet számára. **A telített zsírsavak koncentrációja a csírázáskor rohamos mértékben csökkent**, így a mirisztinsav, valamint a sztearinsav egy nap múlva már nem volt kimutatható a csírában.

Az eddigi kutatások alapján megállapítható általános tendencia az, hogy **a csírázás lényeges összetételi változásokkal jár**, melynek során a fehérjefrakciók megváltoznak, kisebb fehérjefrakciók, oligopeptidek, szabad aminosavak jelennek meg a mintában. Változik a szabadaminosav-összetétel, és megjelennek a nem fehérjeépítő aminosavak. A trigliceridek bomlása következtében megváltozik a zsírósszetétel, módosul a zsírsavösszetétel, egészségvédő hatású vegyületek jelennek meg, ezért a csíráztatással értékesebb táplálékot kapunk. Felmerül a kérdés, hogyan lehetne a csíranövényeket táplálkozási szempontból még értékesebbé tenni?

7.14.3. A szelénben dúsított csírák a rák megelőzésében

Szelénben dúsított termékeket fejlesztettek a lakosság szelénellátásának javítására, mert a monometilált szeleno-aminosavaknak rákellenes hatást tulajdonítanak. 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 (szelenit, szelenát) környezeti szennyezéshez vezethet, ezért célszerűbbnek látszik a kontrollálhatóbb zárt rendszerű termesztés. Japán kutatók speciális japán retekmagokat csíráztattak magas szeléntartalmú talajon, melynek következtében a csíranövényben a szelén legnagyobb mennyiségben szeleno-metil-szeleno-cisztein formában volt jelen, ezen kívül szeleno-metil-szeleno-cisztein, szeleno-metionin, nem hasznosuló szelenit, γ -glutamil-Se-metil-szeleno-cisztein is kimutatható volt a mintából.

Többen vizsgálták a szelén hasznosulását **megnövelt szeléntartalmú növényekből** és a szelénben dúsított növények hatását az **antitumor-aktivításra**, és tanulmányozták a szelénben dúsított tök és a szelénben dúsított retekcsíra szeléntartalmának hasznosulását hím egerekben. Megállapították, hogy a kiegészítés a szeléntartalom függvényében megnövelte a vérszérum és a máj szeléntartalmát és a glutation-peroxidáz aktivitását, de a szérum szeléntartalma, illetve

glutation-peroxidáz aktivitása független volt a szelénforrástól. A máj esetében Na-szenit adagolásakor mind a szeléntartalom, mind a glutation-peroxidáz aktivitása nagyobb volt, mint a szelénnel dúsított töknél vagy retekcsíránál, és a szelénese tök kiegészítés nagyobb mértékben növelte a máj szeléntartalmát, mint a szelénese csíra.

A szelénnel dúsított japán retek szeléntartalma hasznosulásának és rákel- lenes hatásának vizsgálatakor patkányokban megállapították, hogy a szelénben dúsított japán retekcsíra összesszelén-tartalmának 80%-át a szeleno-metil-szele- no-cisztein tette ki. A vizsgált szövetek közül a legtöbb szelént a vér tartalmazta, ennél kevesebb volt a májban és a legkevesebb szelént a tüdőből mutatták ki. **A szelénben dúsított japán retekcsíra gátolta a 7,12-dimetil-benz(a)antracén- nel kiváltott emlőtumor kialakulását.** A legnagyobb szeléntartalmú dózis (12,5 mg/kg) etetésekor csökkent a testtömeg-gyarapodás és megnőtt a máj tömege. A szelénkiegészítés, a dózistól függetlenül, megnövelte a szérum és a máj szelén- koncentrációját és glutation-peroxidáz aktivitását. A szelenit-kiegészítéssel ellá- tott csoportoknál a máj szelénkoncentrációja és glutation-peroxidáz aktivitása nagyobb volt, mint a szelénese csírával ellátott csoportokban. Az 1,2-dimetil-hid- razinnal kiváltott emésztőrendszeri tumorok gyakoriságát kisebb dózisú szelén- adagolásnál (0,1 mgSe/g táp) csak a retekcsíra csökkentette, nagyobb dózisú sze- lénadagolásnál (2 mgSe/g táp) mind a szelenit forma, mind a retekcsírával bevitt szelén csökkentette azt. A retekcsírával bevitt szelén kisebb mértékben épült be a szervezetbe, mint a szelenittel bevitt szelén, de a retekcsíra fogyasztásának tu- morelleses hatása nagyobb volt, mint a szelenitkiegészítésnek.

7.14.4. Élelmiszerek szelénnel történő kiegészítése

A svédek és a norvégok gabonát importálnak Kanada és az AEÁ szelénben gazdag körzeteiből, mivel a jégkorszak alatt Skandinávia talaja a tengerbe mosódott, és a jelenlegi talaj szelénkoncentrációja rendkívül alacsony. 1984-től Finnországban, majd Új-Zélandon Na-szenenáttal műtrágyázott gabonát természetnek (talaj- vagy levéltrágyázás), melynek során a talajok elsavanyodását is igyekeznek megaka- dályozni, mert $\text{pH} < 6$ esetén rossz a Se felszívódása. Kínában **a Keshan-kórt a konyhasóhoz és/vagy az ivóvízhez hozzáadott Na-szenenittel szorították vissza.** 1985-től szelénnel dúsított élesztőt állítanak elő, mely kb. 1000 mg/kg szerves kötésben levő szelént tartalmazó *Saccharomyces cerevisiae* vagy *Candida utilis*.

Szelénese élesztőt tartalmaznak különböző táplálékkiegészítők (paramedici- nális készítmények) és a szeleno-kenyér. A „bioszelén” elnevezés valójában **szerve- kes kötésű Se-t jelent**, melynek előnyei a szelenittel szemben a nagyobb mértékű felszívódás, a kisebb toxicitás, hogy a bemérés és a homogenezés relatíve kisebb hibával végezhető, mivel a szerves mátrix a szelént viszonylag kis koncentráció- ban tartalmazza, hátránya viszont a viszonylag magas ár.

7.14.4.1. Szelénnel dúsított tojás

Az 1970-es évektől foglalkoznak azzal, hogy a tojás Se-tartalmát a takarmányhoz adott Na-szelenittel, szeleno-aminosavakkal vagy szelénés élesztővel megnöveljék. Ennek során rájöttek arra, hogy a szerves Se-formák jobban hasznosulnak a tojás előállításakor, és hogy a felhasznált **Se-adalék kémiai minősége jelentősen befolyásolja a Se tojáson belüli megoszlását**, mert a *Se-metionin* főleg a sárgájában, a *Se-cisztein* és a *Na-szelenit* pedig a fehérjében növeli meg a szelénkoncentrációt. Mind a sárgájának, mind a fehérjének Se-tartalma Na-szelenittel megnövelhető, de a tojásfehérje érzékenyebben tükrözi a tyúkok Se-ellátottságát, mint a sárgája.

A szelénés élesztő mind a tojás, mind a tyúkszervek (elsősorban a máj) 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.**

A tojás Se-tartalma különböző kiegészítés esetében eltérő módon változott. Amikor 110, 400 és 1800 mg/kg nátrium-szelenittel egészítették ki a tojástyúk takarmányát, akkor a tojás ehető részének szeléntartalma 98 mg/kg-ról (kontroll-, szelénkiegészítést nem kapott csoport) 110, 156 és 302 mg/kg-ra nőtt. Ugyanezek az értékek azonos mennyiségű SelPlex szerves szelén kiegészítés esetén 140, 253 és 587 mg/kg voltak. Levonható tehát az a következtetés, hogy **a tojás szeléntartalmát szervesszelén-kiegészítővel hatékonyabban lehet növelni**, mint szervetlennel.

7.14.4.2. Szelénnel dúsított tej és tejtermékek

Magyarország a szelénben hiányosan ellátott területek közé tartozik, ezért célunk volt vizsgálni, hogy milyen takarmányozási módszerekkel lehetne a tehéntej és a tejtermékek szeléntartalmát növelni, és hogy a tej szeléntartalma hogyan megy át más tejtermékekbe. Szerettünk volna információt kapni arról, hogy a nyers tejhez hozzáadott szervetlen, illetve szerves szelén kiegészítés milyen hatással van a tejsavbaktériumok és a tejiparban alkalmazott kefirgomba-készítmények szaporodására, és hogy a szervetlen szelén tartalom hogyan alakul át szerves formává a tejtermékek készítése során. Olyan takarmányozási módszerek kidolgozását céloztuk meg, melynek segítségével **a tehéntej szeléntartalmát az egészségvédő szintre lehet növelni.** Célunk volt vizsgálni a különféle, kereskedelmi forgalomban kapható és általunk kialakított szelénkiegészítők (szelenit, szelenát, szelénés élesztő, más szerves szelénformák) hatását a tej szeléntartalmára, a magas szeléntartalmú tejből kefir és joghurt, különféle technológiával előállított

sajtok és vajak, vajkrémek előállítását, azt nézve, hogy a tejből miképpen megy át a szelén a különféle tejtermékekbe. A végső célunk ajánlás és **technológia kidolgozása volt magas szeléntartalmú tej és tejtermék előállítására** a lakosság jobb szelénellátottsága érdekében. Mivel nem közvetlenül adjuk a szeléntartalmú vegyületeket az élelmiszerekhez, a szeléntúlfogyasztást vagy -mérgezést ily módon biztonságosan el lehet kerülni.

A tej szeléntartalmának növelésére szeléntartalmú élesztővel egészítettük ki tejelő szarvasmarhák étrendjét, azt remélve, hogy a szeléntartalom jelentős mértékben megnő a tejben, majd az ilyen tejből különféle, ugyancsak magas szeléntartalmú tejtermék előállítása válik lehetővé. A kísérleti állatokat és a szelénkiegészítést az alábbiak szerint szerveztük. A kísérletbe vont Szimentáli jellegetű tejelő szarvasmarhák tejtermelése 4000-5000 liter között változott a laktáció folyamán. A szelénkiegészítést szelénés élesztővel végeztük, mely 2300 mg/kg szelént tartalmazott szeleno-metionin, illetve szeleno-cisztein formában.

Az állatok által fogyasztott takarmányadag szeléntartalma (kontrollcsoport) 0,42 mg szelén volt naponta. A tejelő tehenek szelénkiegészítése az alábbiak szerint történt: 1-2. hét 1 mg tehén/nap szelénkiegészítés, 3-4. hét 2 mg, 5-6. hét 4 mg, 7-8. hét 6 mg, 9-10. hét 0 mg, 11-12. hét 0 mg, 13-14. hét 0 mg tehén/nap szelénkiegészítés szelénés élesztő formájában, az abrakhoz keverve. A tej szeléntartalma a Selplex-2300 szelénkiegészítés hatására a következők szerint alakult: Növekvő szelénkiegészítéssel a tej szeléntartalma a kontrollcsoportban mért 0,018 mg/kg-ról 1 mg szelénkiegészítés hatására 0,031; 2 mg hatására 0,053; 4 mg hatására 0,081; 6 mg hatására pedig 0,094 mg/kg-ra nőtt. A szelénkiegészítés befejezését követően a szeléntartalom két hét alatt 0,062; 4 hét alatt 0,021; 6 hét alatt pedig 0,019 mg/kg-ra csökkent, amely majdnem egybeesett a kísérlet kezdetekor a kontrollcsoportnál mért 0,018 mg/kg értékkel.

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 legnagyobb mértékű emelkedést a 4 mg/nap szelénkiegészítéskor a 6. héten mértük, melyet követően a szelénkiegészítés 6 mg/nap dózisa történő emelése szignifikánsan ugyan tovább növelte a tej szeléntartalmát, de a növekedés mértéke lényegesen kisebb a megelőző időszakhoz képest. 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 0,019 mg-ra csökkent. Következtetésünk az, hogy a **folyamatosan megnövelt szeléntartalmú tejet csak akkor lehet előállítani, ha az állatok takarmányában a szelénkiegészítés folytonos.**

Mind a kontroll- (18 µg/kg), mind a szelénos, 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. Mind a kontroll-, mind a szelénos tejet 78 °C-on 50 másodpercig pasztöröztük, majd a joghurt-előállítás során 27 °C-ra lehűtött tejet *Lactobacillus delbrueckii subsp. lactis*, valamint *Lactococcus lactis subs. cremoris* színtenyészet keverékkel oltottuk be, majd ezt követően a mintát 27 °C-on 7 órán át termosztátban inkubáltuk és -25 °C-on lefagyasztottuk. A vegyes alvasztású félkemény sajt előállítása során a sajttej zsírtartalmát 3,9%-ra állítottuk be, laboratóriumi pasztörözőn 70 °C-on hőkezeltük, majd a beoltási hőmérsékletre, 34-36 °C-ra hűtöttük. 0,001% Propionini baktérium színtenyészetet adtunk hozzá, érleltük, számított mennyiségű oltóenzimmal beoltottuk, az alvadék kidolgozása során azt felaprítottuk, forgattuk, formába öntöttük, szikkasztottuk, megforgattuk, tároltuk. A telemea előállítása során a sajttej zsírtartalmát 3,8%-ra állítottuk be, és laboratóriumi pasztörözőn 70 °C-on hőkezeltük. A tejhez 0,0015% Propioni baktérium színtenyészetet adtunk, 20 percig érleltük, számított mennyiségű oltóenzimet kevertünk hozzá, alvasztottuk. Az alvadékot kidolgoztuk, 38-40 °C-ra melegítettük. A formába öntést követően a sajtot szikkasztottuk, majd 12%-os, 12-14 °C-os hőmérsékletű sóoldatba tettük. A sózás végére sótartalma elérte a 2,5-3,0%-ot. 24 órán keresztül érleltük, melynek során többször megforgattuk.

A friss fogyasztású tehéntúró előállítása során 1,5% Propioni baktérium színtenyészetet és 2% színtenyészet-keveréket (*Streptococcus thermophilus*, *Lactococcus lactis lactis*, *Lactococcus lactis cremoris*, *Lactococcus acidophilus*) használtunk. 0,001% oltóenzimet adtunk hozzá, és 10 órán keresztül alvasztottuk. Az alvadék kidolgozása során azt diónagyságú rögökre felaprítottuk, sajtkendőn keresztül a savót eltávolítottuk, majd az alvadékot gyúrtuk és csomagoltuk. Az orda (savósajt) előállítása során a vegyes alvasztású félkemény sajt és a telemea gyártásából visszamaradó savót használtuk fel. A savót 95-96 °C-on 1-2 órán keresztül melegítettük, majd a kiváló savófehérjét sajtkendővel eltávolítottuk a savótól, és hűtőszekrényben tároltuk az analízisükig. Az ordakészítés során kapott savó fehérjét gyakorlatilag nem tartalmazott.

Fölmerül a kérdés, hogy **a megnövelt szeléntartalmú tej okoz-e valamilyen egészségügyi kockázatot a lakosság számára?** Összehasonlítva az 1-19 éves fiatalok napi szelénszükségletét, valamint az annak kielégítéséhez szükséges tejmennyiséget, megállapítottuk, hogy mivel Magyarországon a felnőtt lakosság tejfogyasztása, a tejtermékekkel együtt, 0,26 (nők) és 0,28 (férfiak) liter naponta, a felnőtt lakosság szelénszükségletéhez a tej csak mintegy 7%-ban járul hozzá. **A megnövelt, 0,094 mg/kg szeléntartalmú tej a napi szelénszükséglet kielégítéséhez is csak 34%-ban járul hozzá.** Felnőtteknél, a tejjel nem számolva, az állati eredetű élelmiszerekkel 73 és 126 µg szelén felvételére kerül sor naponta, ami az 1-3 éves gyerekeknél 12 µg-ra tehető. **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 fél liter szelénese tej fogyasztása a többi élelmiszerrel együtt 59 μg -os szelénbevitelt jelent, ami majdnem azonos a szelénbevitel felső limitjével (60 $\mu\text{g}/\text{nap}$). Az előzőek miatt javasolható, hogy 1-3 év közötti korban a csecsemők ne fogyasszanak több mint fél liter szelénese tejet, a szelénese tej fogyasztását ebben az életkorban maximum fél liter/napban kell korlátozni.

7.14.4.3. A szelénnel dúsított tejből készült tejtermékek szeléntartalma

Minden általunk előállított, **megemelt szeléntartalmú tejből készült tejtermék esetében a szeléntartalom $P < 0,001$ szinten szignifikánsan nagyobb volt, mint a kontrollcsoportnál**. A kontrolltejből készült joghurt szeléntartalmát 18,6 $\mu\text{g}/\text{kg}$ -nak, a szelénese tejből készültét pedig 58,5 $\mu\text{g}/\text{kg}$ -nak mértük. A kontrolltejből készült telemea szeléntartalmát 66,0, a szelénese tejből készültét pedig 138,1 $\mu\text{g}/\text{kg}$ -nak mértük. A kontroll esetében a savó 9,7, a szelénese tej esetében 20,1 $\mu\text{g}/\text{kg}$ mennyiségű szelént tartalmazott. A szelénese tejből készült telemea több mint kétszer annyi szelént tartalmaz, mint a kontroll, és a szelénese tejből készült telemeasavó szeléntartalma több mint duplája a kontrollénak. Orda esetében a kontrolltejből készült termék 80,8, míg a szelénese tejből készült 167,2 $\mu\text{g}/\text{kg}$ szelént tartalmazott, ami duplája a kontrollénak. Az ordakészítés során kapott folyadék szeléntartalma 4,6 $\mu\text{g}/\text{kg}$, a szelénese tejből készülté 10,8 $\mu\text{g}/\text{kg}$ volt.

A kontrolltejből készült vegyes alvasztású sajt szeléntartalmát 88,6, a szelénese tejből készültét pedig 200,0 $\mu\text{g}/\text{kg}$ -nak mértük. A kontrolltejből készült tej savója 9,2, míg a szelénese tejből készülté 21,4 $\mu\text{g}/\text{kg}$ szelént tartalmazott, mely szerint a növekedés több mint kétszeres, a szelénese tej javára. A kontrolltejből készült tehéntúró szeléntartalmát 57,4, míg a szelénese tejből készültét 154,8 $\mu\text{g}/\text{kg}$ -nak mértük. A tehéntúró-előállítás során kapott savó szeléntartalma a kontrolltej esetében 8,8, a szelénese tej esetében pedig 25,8 $\mu\text{g}/\text{kg}$ volt.

Összefoglalva megállapítható, hogy **a szelénese 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 $\mu\text{g}/\text{kg}$ -mal, amelyet az orda követett 167,2 $\mu\text{g}/\text{kg}$ -mal, ezt követte a tehéntúró 154,8 $\mu\text{g}/\text{kg}$ -mal, majd végül következett a telemea 138,1 $\mu\text{g}/\text{kg}$ -mal. Mindegyik tejterméknél a savó szeléntartalma több mint duplája volt a szelénese tej esetében a kontrollhoz viszonyítva. A telemea, a vegyes alvasztású sajt és a tehéntúró savója nagyobb koncentrációban tartalmazza a szelént szelénese tejből előállítva, ezért **a szelénese tejből készült tejtermékek savója jelentős szelénforrás lehet** az emberek (esetleg gazdasági) állatok számára. Ezt bizonyítja a savóból készült orda 167,2 $\mu\text{g}/\text{kg}$ -os szeléntartalma is.

8. fejezet

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, 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, ezért a fehérje és a sárgája együttesen az ember szükségleteit szinte optimális módon elégíti ki, így módon összetételének változtatása nélkül, megfelelően elkészítve funkcionális élelmiszernek tekinthető. Összefoglalva: **a tojás tápláló-anyag-tartalomban dús, a természet által létrehozott egyik legértékesebb élelmiszer.** Ipari és otthoni felhasználása sokoldalú, és a tyúktojáson kívül használjuk még a kacsá, a liba, a búbic, a sirály és a fürj tojását is táplálékként.

8.1. A tojássárgája

A tojássárgája zsír-a-vízben emulzió, különböző méretű részecskék halmaza. Az 1,0-1,3 μm átmérőjű szemcsék fehérjék, lipidek és ásványi anyagok elegye, míg a 20-40 μm átmérőjű cseppecskék főleg lipideket tartalmaznak, az alacsony sűrűségű lipoproteinek (LDL) elegye. A tojássárgája 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 hőstabil. Sok foszforsavat tartalmazó glikofoszfoprotein, mely polielektrolitként működik (polianion). Erősen megköti a többszörösen pozitív töltésű ionokat; a Fe^{3+} 95%-a a foszvitinhez kötve található, ezért hasznosíthatósága korlátozott. A Fe/P molaránya a fehérjében 0,5; a vasion kelátkomplexet képez, ahol két foszfátcsoport jut egy vasionra. A nehézfémionok megkötése révén a foszvitin szinergikusan támogatja az antioxidánsok működését.

A lipovitellinek (α és β) nagy sűrűségű lipoproteinek (HDL), melyekben a lipid a szárazanyag 22%-a, ennek 35%-a trigliceridek, 60%-a foszfolipid, 5%-a pedig koleszterin és koleszterin-észter. Kovalensen kötődnek az olyan oligoszacharidokhoz, mint a mannóz, a galaktóz, a glükózamin és a szialinsav. Az α -lipovitellin a nagy foszforsav- és szialinsavtartalmának köszönhetően erősen sa-

vas karakterű. A lipovitellinek komplex formában, a foszvitinnel együtt előforduló hőstabil fehérjék.

A tojássárgája lipidjei a fehérjékkel szoros kapcsolatban, lipoproteinként vannak jelen. Zsírsvösszetételüket jelentős mértékben befolyásolja a takarmányozás, ezért a takarmány összetételének változtatásával az befolyásolható. Szójaolaj-etetés hatására nő a linolsav mennyisége, a halolaj pedig a többszörösen telítetlen zsírsavak, az eikosa-pentaénsav, a dokoza-hexaénsav és a dokoza-pentaénsav (20:5, 22:6, 22:5) mennyiségét növeli, de a növekedés nincs összhangban a takarmánnyal bevitt mennyiséggel. A kókuszdióolaj kaprilsavtartalma (10:0) csak nyomnyi mennyiségben jelentkezett a tojásban. Az az általános tapasztalat, hogy a takarmány zsírsavmintázata sokkal inkább megmutatkozik a tojáslipidek triglicerid-frakciójában, mint a poláros lipidek csoportjában. Mégis kijelenthető, hogy **a tojótyúk takarmányának változtatásával a tojás zsírsavösszetétele optimális irányba befolyásolható, tehát a tojás funkcionális élelmiszer vagy azzá tehető.**

A szterinek a tojás lipidjeinek 4%-át teszik ki, melyek 96%-a koleszterin, ami a szárazanyag 2,5%-a, és ami messze meghaladja a többi élelmiszerét. A koleszterintartalomtól következtetni lehet pl. arra, hogy felhasználtak-e jelentős mértékben tojást egy adott élelmiszer gyártása során. A koleszterin oxidációra érzékeny anyag, autooxidációja veszélyeztetheti a tojás minőségét.

8.2. A tojásfehérje

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, ami 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 pl. 9,4-re emelkedik 35 °C-on, 21 nap alatt. 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 enziminhitorok (ovomukoid, ovoinhibitor) és a koenzimekkel komplexet képző anyagok (pl. flavoprotein, avidin).

Az albumin fehérjék közül az ovalbumin a fő albumin fehérje, mely vizes oldatban mechanikai hatásra (rázatás, habverés) viszonylag könnyen denaturálódik. Az albuminfehérjék közül a konalbumin (ovotranszferrin) gátolja a mikrobanövekedést, az ovomukoid pedig gátolja a szarvasmarha eredetű tripszin működését, de a humán eredetű tripszinre nincs hatással. A **lizozim** vagy más néven ovoglobulin G_1 sok állati szövetben és váladékban is megtalálható, mely a Gram-pozitív baktériumokat sejtfaluk hidrolízisével pusztítja el. Az **ovomucin** fibrilláris szerkezetű, mely növeli az albumin viszkozitását. A sűrű, gélyszerű állagú tojásfehérje négyszer nagyobb koncentrációban van jelen, mely a tárolás során

egyre hígabbá válik. A **flavoprotein** erősen kötődik a riboflavinhoz, és elősegíti, hogy a koenzim a vérszérumból a tojásba kerüljön. Az **ovoinhibitor** proteínáz inhibitor, mely ugyanúgy, mint az ovomukoid, gátolja a tripszin és a kimotripszin működését. Az **avidin** antibakteriális tulajdonsága annak köszönhető, hogy megköti a biotint; a tojásfehérjében biotinmentes formában fordul elő.

8.3. Tojásszínező anyagok

A tojássárgája színe minőségi jellemzőnek számít, mert a vásárlók egy része általában a sárgája színét gondolja a legfontosabb minőségi jellemzőnek, ami minél sötétebb színű, annál jobb minőségű a tojás. A takarmányból a karotinoidok és a xantofillok (főleg a lutein) szívódnak fel, melyek a sárgája színét okozzák. A tojássárgája színének erősítése érdekében adalékanyagokat is használnak, mint amilyen pl. a β -apo-8-karotin etil-észter; a citranaxantin (5,6-dihidro-5-*apo*- β -karotin-6-on) és a kantaxantin (β , β -karotin-4,4'-dion).

8.4. A tárolás során bekövetkező változások

A tojás pH-ja, a szén-dioxidnak a tojáshéj pórusain keresztül történő diffúziója miatt, mely különösen a tojás fehérjerészében jelentős, a tárolás során emelkedik. Eközben a víz egy része elpárolog, a tojás sűrűsége pedig a kezdeti 1,086 g/cm³-ről csökken, melynek mértéke 0,0017 g/cm³ naponta. A tojásfehérje viszkozitása, elsősorban az ovomuciné csökken, a tojássárgája pedig, mely friss állapotban tömör és alaktartó, egyre inkább ellapul a tárolás során. A tojássárgája-indexből, mely a magasság és az átmérő aránya, a tojás frissességére lehet következtetni. A tojásfehérje feldolgozásánál fontos az olyan tulajdonságok változása, mint a habképző sajátságok, a habstabilitás és az állott aroma kialakulása.

A **tojás korának** meghatározására különböző módszereket dolgoztak ki, melyek közé tartozik a tojásfehérjeviszkozitás-teszt, a megvilágítási teszt („flash candling”), mely a tojássárgája alakját és helyzetét értékeli, a „lebegési” teszt, melynek során a tojás, ha fennmarad a hideg víz tetején, akkor régi, mert a kialakult légkamra a tojás sűrűségét csökkenti, emellett pedig a refrakciós index vagy a légkamra méretének meghatározása és az állott aroma kialakulásának érzékszervi vizsgálata. A tojás **minőségvesztése mérsékelhető** a vízvesztesség csökkentésével, a tojáshéj bevonásával (olajozás) könnyű paraffin alapú ásványi olajjal, szabályozott légerű tárolással (CO₂- vagy nitrogén-atmoszférában) és alacsony hőmérséklettel. Hűtve tárolással -1,5 és 0 °C közötti hőmérsékleten, 85-90% relatív nedvességtartalom mellett az eltarthatóság 6-9 hónapig is növelhető. A mikrobiológiai romlás kimutatható, ha a tejsavtartalom nagyobb, mint 1 g/kg szárazanyag, a borostyánkősav-tartalom pedig nagyobb, mint 25 mg/kg szárazanyag. A

megtermékenyített és a terméketlen tojások között nincs vagy minimális a tápértékbeli különbség, a termékenyítés ténye a 3-hidroxivajsav-koncentráció alapján mutatható ki, amely ha nagyobb, mint 10 mg/kg, akkor a tojás termékenyített.

8.5. 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-proteinek habstabilizáló képessége** különböző. Az ovomucin filmet képez a folyadéklamella és a levegőbuborék között, a globulin pedig növeli a folyadék viszkozitását és csökkenti a felületi feszültséget, mely nagyon fontos a habképzési folyamat korai fázisában. A tojásfehérje **habképző tulajdonsága** objektív módon vizsgálható, mely a habtérfogat és a habstabilitás (a habból eltávozó folyadék mennyisége adott idő alatt) mérésén alapul. A szárított tojásfehérje habképző képességének javítására savófehérjét, kazeint vagy szarvasmarha-szérumalbumint használnak, és esetenként részleges (enyhe) fehérjebontást is alkalmaznak, melynek során megtörténik a glikoproteinek oligoszacharidjainak részleges hidrolízise. A tojássárgája 0,1%-os jelenléte jelentősen csökkenti a habképződést, ami megakadályozza, hogy a tojásfehérjét sütőipari termékek, sütemények, kekszek lazítóanyagként eredményesen lehessen alkalmazni.

A tojássárgájából is verhető hab, mely hatszoros térfogatnöveléssel jár, és a hab stabil magas hőmérsékleten. A habverés optimális hőmérséklete 72 °C, ennél magasabb hőmérsékleten koaguláció lép fel. Alacsonyabb pH-n a koaguláció ecetsavval kivédhető, melynek alkalmazásával nagyon stabil szerkezetű szószok gyárthatók. Mind az egész tojás, mind a tojássárgája **emulgeáló hatású**, mely a fehérjéknek, a foszfolipideknek és az LDL-nek köszönhető. E tulajdonságot hasznosítják a krémszerű salátadresszingek és a majonéz gyártása során. A tojásfehérjénél 62 °C-on, a tojássárgájánál pedig 65 °C-on következik be a **termikus koaguláció**, de amennyiben a tojás pH-ja magas, 11,9 felett a tojásfehérje szobahőmérsékleten is gél képez. A tojástermékek koagulációs képessége nagyon fontos a technológia szempontjából, mert nagy mennyiségben használják élelmiszer-ipari kötőanyagként.

8.6. Szárított tojás alapú termékek

A szárított termékek előállításának lépései a fertőtlenítés, a feltörés, a héjelválasztás, esetleg a tojássárgája és -fehérje elválasztása, a keverés (teljes tojás/tojásfehérje/tojássárgája), a tisztítás centrifugálással (szeparátor), a pasztörözés és a csomagolás vagy a szárítás és csomagolás. A koaguláció miatt a folyékony tojás

előállításakor a pasztörözés hőmérséklete alacsonyabb, mint amit a tejnél alkalmaznak: 64,5 °C/6 perc teljes tojás esetén, 62 °C/6 perc tojássárgája esetén, 52 °C/7 perc tojásfehérje esetében. A cukrok mikrobiológiai fermentációja és a hőkezelés során lejátszódó reakciók nemkívánatos barna elszíneződést és kellemetlen aromaképződést okozhatnak, melynek során az aminosavak (fehérjék, foszfatidil-etanolamin) és a redukálósavak (glukóz) között játszódik le reakció.

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 a hőmérsékletet 45-50 °C-ra emelik, a szárítást pedig nagynyomású diszperzió formájában, 165 °C-os levegő-áramban végzik, melynek során a tojásfehérje 50-60 °C-ra melegszik fel. Ezt követi a lassú hőmérséklet-csökkenés klimatizált kamrában, melynek során végbemegy az utópasztörözés. **Fagyasztott tojás alapú termékek** előállításánál a technológia eleje hasonló az előbbiekhöz: fertőtlenítés, feltörés, héjelválasztás (tojássárgája és -fehérje elválasztása), keverés (teljes tojás/tojásfehérje/tojássárgája), tisztítás centrifugálással (szeperator), pasztörözés, majd következik a gyorsfagyasztás -40 °C-ra. 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, ez pedig gátolja a további felhasználást. A kiengedett teljes tojás esetében kisebb mértékben, de hasonló probléma léphet fel.

9. fejezet

Növényi és állati eredetű zsiradékok

A növényi és állati eredetű zsiradékok **összetétele** változó. Jellemző rájuk, hogy főként változó zsírsav-összetételű trigliceridekből állnak, melyek mellett az egyéb összetevők, mintegy 3%-ban, az el nem szappanosítható frakcióban vannak. A különféle zsiradékok közül azok tekinthetők funkcionálisaknak, melyek **bővelkednek olyan esszenciális zsírsavakban**, mint a **linolsav, az arachidonsav, az eikozá-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. A köznapi életben zsírnak nevezzük azt, ami szobahőmérsékleten szilárd, és olajnak azt, ami szobahőmérsékleten folyadék. Sok zsiradék átmeneti fázisban van a folyadék és a szilárd halmozállapot között, így ez alapján nehéz a megkülönböztetésük. Általánosságban elmondható, hogy azok a lipidek, amelyek túlnyomó részben telítetlen zsírsavakat tartalmaznak, azok az olajok, és amelyek telítetteket, azok a zsírok.

9.1. Növényi eredetű zsiradékok

A növényi eredetű zsiradékok a kinyerésükhöz szükséges technológiai folyamatok alapján lehetnek olajosmagolajok, melyek nagyszámú forrásból származhatnak, és gyümölcsolajok, melyek esetében csak két forrásnak van gazdasági jelentősége. Az **olívaolajat** az olajfa (*Olea Europaea sativa*) gyümölcspulpjából nyerik. A világ termelésének 90%-a a mediterrán régióból (Olaszország, Spanyolország, Görögország) származik. A hidegen préselt olajat szűz olajnak hívjuk, a melegen, 40 °C-on préseltet, melynél a préselést követően az olajpogácsát oldószerrel extrahálják, „sansa” olajnak nevezik, mely a finomítást követően kevesebb mint 0,3% szabad zsírsavat tartalmaz. Az érzékszervi tulajdonságok és a szabadzsírsav-tartalom között szoros összefüggés van. Az extraszűz olívaolaj 0,8%-nál kevesebb szabad zsírsavat (FFA) tartalmaz, kellemes aromás ízű. A szűz olívaolaj 2%-nál kevesebb FFA-t tartalmaz, aromája kisebb intenzitású, míg a lampante olaj 2%-nál több FFA-t tartalmaz, lényegesen kevésbé aromás ízzel. A **pálmaolaj az olajpálma gyümölcsse és magja** felhasználásával készül, ami alapján megkülönböztetünk gyümölcs-húsolajat és magolajat, melynek felhasználása az utóbbi időben növekvő tendenciát mutat. A feldolgozás menete a következő: gőzzel kezelés, melynek során az eredeti, magas lipázaktivitás lecsökken, és a gyümölcspulp elválasztható a magtól, a pulp préselése, a nyers olaj kinyerése,

centrifugálás, forró vizes mosás és szárítás. A nyers olaj magas karotintartalmú, mely a sárgászöröses szín okozója. A finomított olaj szintelen, az eljárást fehérítésnek nevezik.

A laurinsavban és mirisztinsavban gazdag olajok közé tartoznak a **kókuszdió és a pálmamagolajok**, amelyek a csak növényi eredetű zsiradékokat tartalmazó margarínokban találhatók meg. Jellemző rájuk, hogy szobahőmérsékleten szilárdak, a szájban olvadnak jelentős olvadáshő kíséretében, melynek következtében hűsítő hatást keltenek. Eltarthatóságukat a zsírsavösszetétel nagyban befolyásolja. Linolsav csak elhanyagolható mennyiségben van bennük, ezért az autooxidációs változások gyakorlatilag minimálisak. Vizet jelentős mennyiségben tartalmazó élelmiszerekben fordulnak elő nagyobb mennyiségben, ezért bekövetkezik mikrobiológiai romlásuk is, melynek során a C8-C12 zsírsavak felszabadulása és metil-ketonokká alakulása „parfümös jellegű avasodást” okozhat.

Palmitinsavban és sztearinsavban gazdag olajok a kakaóvaj és a kakaóvaj-helyettesítő zsiradékok. Olvadáspontjuk 30-40 °C, ezért viszonylag szilárdak. A **kakaóvaj** szűk olvadási tartománnyal rendelkezik, trigliceridjeik főleg palmitinsavat, olajsavat és sztearinsavat tartalmaznak. A triglicerideken belül az 1,3-dipalmito-2-olein 22%-ban, az 1-palmito-3-sztearo-2-olein 46%-ban, az 1,3-disztearo-2-olein pedig 31%-ban fordul elő. A kakaóvaj helyettesítése a triglicerid-összetételen alapul, ezért csak hasonló zsírsav- és triglicerid-tartalmú zsírok felelnek meg ennek a célnak. A **kakaóvaj** olvadása kellemes, hűsítő érzetet kelt a szájban, mely csupán néhány típusú trigliceridre jellemző. Ellenálló az autooxidációval és a mikrobiális romlással szemben is, ezért az édességiparban az egyik legdrágább összetevő.

A palmitinsavban gazdag olajoknál a besorolási kritérium, hogy legalább 10% palmitinsavat tartalmazzon. Ide tartozik a **gyapotmagolaj**, mely nyersen sötétvörös, jellegzetes illatú, a mérgező, fenolos komponenst (gosszipol) tartalmazza, melyet finomításkor eltávolítanak belőle. A **gabonacsíra-olajok** közül a legfontosabb a **kukoricacsíra-olaj**, melyet saláta- és főzőolajként, margarín-alapanyagként és majonéz (krémes salátadressingek) készítésére használnak. A **búzacsíraolaj** nagy tokoferoltartalma miatt kiemelkedő tápértékű. Ázsiában jelentős népelelmezési szerepet tölt be a **rizscsíraolaj**, Európában azonban nincs jelentősége. A **tökmagolajat** elsősorban Dél-Európában fogyasztják, de Magyarországon is reneszánszát éli. Barna színű, diójellegű ízű, nagyon kellemes aromájú olaj.

A kevés palmitinsavat, sok olajsavat és linolsavat tartalmazó olajok közé számos fajtól származó nagyszámú olajtípus tartozik, melyek a margaringyártás fontos alapanyagai. Közülük is kiemelkedő jelentősége van a **napraforgónak**, mely Európa legnagyobb mennyiségben termesztett olajnövénye. A napraforgóolaj világossárga, enyhén aromás, melyet nyersen vagy finomított olajként sütésre használnak, és a margaringyártásnak is alapanyaga.

A hüvelyesek olaja közül a **szójababolaj** az egyik legnagyobb mennyiségben termelt növényi zsiradék. Finomított olaja világossárga, enyhén aromás; aro-

mahibát okozhatnak az elágazó láncú furán-zsírsavak, melyek fény jelenlétében gyorsan oxidálódnak intenzív aromaanyagok (3-metil-2,4-nonandion [MND] és diacetil) keletkezése közben, melyek „babszerű, szénához hasonlító, vajszerű” szagot adnak az olajnak. **Eltarthatósága parciális hidrogénezéssel javítható.** Ennek során az olvadási tartomány 22-28 °C-ról 36-43 °C-ra nő. A margarinyártás alapanyaga, melyet leggyakrabban sütőipari termékek készítése során használnak fel. Termesztésszelekcióval és genetikai tervezéssel ma már az igényeknek megfelelő zsírsav-összetételű szójabab-genotípusok állíthatók elő. **A kevés linolsavat és sok olajsavat tartalmazó genotípusok** lényegesen kevésbé hajlamosak az oxidációra, ezért nem szükséges a részleges hidrogénezés alkalmazása. **A kevés palmitinsavat és telített zsírsavat tartalmazó genotípusoknál** az egyes telített zsírsavak (pl. palmitinsav) hozzájárulhatnak az LDL-koleszterinszint növeléséhez, ezért ezek termelése csökkenő tendenciát mutat.

A **földimogyoró-olaj** jellegzetes zsírsavai az arahidinsav (20:0), az eikozénsav (20:1), a behénsav (22:0), az erukasav (22:1) és a lignocerinsav (24:0). A zsírsavösszetétel nagyban függ a termesztés helyétől. Az afrikai eredetű (Szenegál vagy Nigéria) olaj 25% linolsavat és 55% olajsavat, a dél-amerikai eredetű pedig 41% olajsavat és 37% linolsavat tartalmaz. A földimogyoróból és annak olajából földimogyoróvaj, egy kenhető, paszta állagú, nagyon keresett termék készíthető, melynek összetevői a pörkölt és őrölt földimogyoró, földimogyoró-olaj, esetenként hidrogénezett földimogyoró-olaj.

A **repcéolaj** sok linolénsavat tartalmaz, ezért hajlamos az autooxidációra. Hidrogénezéssel stabilitása nő, és olvadási sajátságai a kókuszdióolajéhoz válnak hasonlónvá. A hagyományos káposztarepce- és réparepcefajták 45-50% erukasavat tartalmaznak, melyek rendszeres fogyasztása szívizom-károsodást okozhat. Ennek megakadályozására természetik a „zéró” erukasav-tartalmú fajtákat, melyben az erukasav (C22:1) mennyisége kisebb mint 5%, és a „dupla nullás” fajtákat, amelyek erukasav és goitrogénanyag-tartalma rendkívül alacsony. Közülük is kiemelkedő minőségű a Canola olaj, mely a „**Canadian oil, low acid**” kifejezés rövidítéséből alkotott márkajelzés. A repcében jelentős mennyiségben megtalálhatók a **mustárolaj-glikozidok** (glükoszínolátok), amelyek izotiociansav-észterekké hidrolizálva ($R-N=C=S$) a mustárolajok alkotórészei. Izomerizációval tiocianátokká (tiociansavak ($H-S-CN$)) alakulnak át, melyek észterei ($X-S-C$) a rodanidok. Ezek illékony, olajban oldódó, egészségkárosító (goitrogén) hatású vegyületek, melyek szubtoxikus dózisban rákellenes védőhatásúak, azonban erről nincs hatósági megerősítés. Tönkreteszik az olaj aromáját, és a parciális hidrogénezésnél Ni-katalizátormérgek.

A **szezámolaj** jelentős mennyiségű tokoferolt tartalmaz, fenolos antioxidáns komponense a szezámol, amely a szezámolin hidrolízisével jön létre. A **sáfrányos szeklice** (*Carthamus tinctorius*, kerti pórsáfrány) bogáncsszerű növény, melynek fő termőterülete Észak-Amerikában és Indiában van. Az újabb fajták olaja 80% olajsavat és 15% linolsavat tartalmaz. A **lenmagolaj** a len magterméséből nyer-

hető ki. Jellemző rá a magas linolénsav-tartalom, ezért az autooxidáció folyamán keserű anyagok keletkezése közben könnyen oxidálódik. Az autooxidáció során polimerizációs folyamatok is lezajlanak, ezért ez a „gyorsan száradó olaj” az olajfestékek alapanyaga. Étkezési célokra a hidegen préselt olaját hasznosítják.

9.2. Állati eredetű zsiradékok

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 zsír a háziállatok zsírdepóiban és a különféle szervek körül található, mint bőr alatti (szubkután) zsír, és az egyes szerveket (emésztőrendszer, vese) burkoló zsírréteg.

A tejszír összetételéről és hatásáról az emberi szervezetre ebben a fejezetben nem teszünk említést, mert azt a korábbi fejezek során, a tej funkcionális jellegének tárgyalásakor már megtettük. A **marhafaggyú** a takarmány eredetű karotinoidtartalom miatt világossárga színű, omlós állagú, törékeny konzisztenciájú anyag, mely 45-50 °C között olvad meg. Zsírsavösszetételét a korábban említett okok miatt a takarmányozás alig befolyásolja. A **prémium minőségű faggyú** („premier jus”) a marhafaggyúból előállított termék. Előállításánál során a frissen vágott, válogatott húsnyesedékből a faggyút 50-55 °C-os vízben kiolvasztják. A lipolitikus aktivitás miatt maximum 0,65% szabad zsírsavat tartalmazhat. A prémium marhafaggyú 30-34 °C-ra történő melegítése két frakciót eredményez. A folyadék állapotú **oleomargarin vagy más néven** lágy zsír az olvasztott vajhoz hasonló konzisztenciájú, melyet a margarin- és a sütőipar használ fel. Az **oleosztearin** (szilárd, préselt faggyú) magas dermedéspontú (50-56 °C), melyet főként sütőipari zsiradékok gyártására használnak fel. A 60-65 °C-os vízben kiolvasztott **étkezési marhafaggyú** („secunda beef fat”) tipikus marhafaggyú illatú és ízű zsiradék, melynek szabadzsírsav-tartalma maximum 1,5%. Az ennél rosszabb minőségű faggyú ipari felhasználásra kerül, melynek során pl. szappant és mosószert gyártanak belőle.

A **sértészsír** származása szerint lehet hasüri zsír és egyéb helyekről származó nyesedékszír, illetve hátszalonnazsír, mely a szalonnagyártás terméke. Szemcsés, olajszerű állagú, a faggyú és a vaj után a leggyakrabban fogyasztott állati zsiradék, melynek tulajdonságait jelentős mértékben befolyásolja a fajta és a takarmányozás. A **neutrális sertészsír** a kereskedelmi forgalomban legnagyobb mennyiségben eladott termék, mely egyben a legmagasabb minőségi kategóriát is jelenti. Kizárólag a hasüregi nyesedékből származó, a hasüregi bőr alatti (szubkután) zsír. Jellemző rá a lágy aroma és a fehér szín. Az egyéb szerveket burkoló

és a hátszalonnából származó zsírt gőzzel olvasztják ki a szövetekből. A szervezetben szétszórva elhelyezkedő zsírszövetből származó sertésszírt túlnyomásos gőzzel 120-130 °C-on, autoklávban olvasztják ki. A sertésszír kevesebb SSS típusú és több SUU, USU és UUU típusú trigliceridet tartalmaz, mint a marhafaggyú (S = telített zsírsavrésszel, U = telítetlen zsírsavrésszel a trigliceridben).

A telítetlen zsírsavak jelentős mennyisége miatt a **sertésszír dermedése** alacsonyabb hőmérsékleten következik be, és a kevert trigliceridek miatt a fázisátmenet szélesebb hőmérséklet-tartományt ölel fel, és eltarthatósági ideje is rövidebb, mint a marhafaggyúé. A marhafaggyúval szemben a telített zsírsavakat főként az sn-2 helyzetben tartalmazza (a zsírsavak a glicerín középű OH-csoportjával képeznek észterkötést), amely tulajdonság felhasználható a sertésszír kimutatása, exportellenőrzés céljából, az iszlám vallású országokba történő szállítás előtt. A sertés takarmánya a zsírsavösszetételt jelentősen befolyásolja.

9.3. A tengeri állatoktól származó zsiradékok

A tengeri állatoktól származó zsiradékok forrásai a tengeri emlősök (pl. bálnák), amelyeket egyes nemzetek még mindig vadásznak, és a heringek családjába tartozó halak. Ezek a zsírok nagymértékben telítetlen, 4-6 allilcsoportot tartalmazó zsírsavak. Közéjük tartoznak az arachidonsav, C20:4 (6, 9, 12, 15), az eikozapentaén sav, C20:5 (5, 8, 11, 14, 17), a dokoza-pentaénsav, C22:5 (7, 10, 13, 16, 19) és a dokoza-hexaénsav 22:6 (4, 7, 10, 13, 16, 19). A tengeri állatokból származó zsiradékok közvetlenül nem hasznosíthatók étkezési célra, az esszenciális zsírsavak jelentős mennyisége miatt viszont gyógyhatású készítmények alapanyagai. Étkezési célokra csak a kettős kötések telítése és finomítás után tudják használni.

9.4. A zsírok és olajok minőségét befolyásoló tényezők

Első számú minőséget befolyásoló tulajdonság a **lipolízis mértéke**, mely megnöveli a szabadzsírsav-tartalmat (FFA-tartalom) vagy a savszámot. Ha a FFA-k mennyisége több mint 1%, finomítás nélküli, nyers olajjal van dolgunk, vagy a faggyú feltételezhetően romlott. Kivételt képez az olívaolaj, amely még 3%-os FFA-tartalomnál is fogyasztásra alkalmas, azonban ha a FFA-k mennyisége kevesebb mint 0,1%, akkor finomított olajjal vagy zsírral van dolgunk. **Érzékszervi szempontból fontos komponensek a 14 szénatomnál rövidebb**, alacsony móltömegű acilmaradékból felépülő zsírok, mint amilyenek pl. a tejzsír, a kókuszdió- és a pálmamagolaj, ahol nincs összefüggés a szabad zsírsavak szintje és a minőségromlás észlelése között. A szabad zsírsavak elsősorban nem rövid szénláncúak a zsiradékokban. Az **oxidatív bomlás** termékei a telítetlen acilmaradékok autooxidációját követő gyors bomlás során jönnek létre. Ha a lipidperoxidációt

detektáljuk biológiai rendszerekben, akkor a peroxidszám az oxidatív bomlásra vonatkozik. A meghatározás során a hidroperoxid-csoportot HI-dal (vagy Fe^{2+} ionokkal) redukálják, majd a felszabadult jódod jodometriás titrálással meghatározzák, melyből a peroxidszám számolható.

A hidroperoxidok aromaanyagga bomlását sok tényező befolyásolja, ezért nincs közvetlen összefüggés a peroxidszám és az aromahibák, pl. az avas íz között. Az aromadeffektusokért felelős az avas szag, melyet a benzidin, az anizidin vagy heptanal okoz, de a bomlás során keletkezhetnek még aroma nélküli oxo-acilgliceridek vagy oxosavak is. Nem ismert az aromaaktív és az érzetet nem kiváltó karbonilkomponensek aránya, ezért a karbonilérték és az aromahibák közti kapcsolat esetleges. Az illékony karbonilkomponensek mennyiségének meghatározása a tiobarbitursav-tesztel (TBA) lehetséges, mely reakció igen kedvelt módszer, de nem specifikus, mert a lipidperoxidációs folyamat számtalan elsődleges és másodlagos termékéből keletkezhet malonaldehid, amely aztán reagál a TBA-tesztben. Számottevő mennyiségű olaj- és linolsavat tartalmazó élelmiszer esetében a Fe^{2+} -teszt sokkal érzékenyebb, mint a TBA-teszt. Az egyedi karbonilkomponensek meghatározhatók gázkromatográfiás méréssel, és ezzel párhuzamosan érzékszervi bírálattal, és így az aromahibát okozó szaganyagok felderítése és mérése is megvalósítható. A főtt hús túlfőzött jellegéért felelős molekulák közül a hexanal a legjelentősebb off-aroma. A repceolaj avas aromadeffektusát elsősorban az illékony hidroperoxidok [1-oktén-3-hidroperoxid, (Z)-1,5-octadién-3-hidroperoxid], valamint a (Z)-2-nonenal okozzák.

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. A Schaal-teszt szerint a zsiradékot 60 °C-on hőntartják, a Swift stabilitási teszt esetében pedig 97,8 °C-on való hőntartást alkalmaznak aerob körülmények között. Az oxidáció mértékét meghatározhatják érzékszervi bírálattal és peroxidszám-meghatározással is. Szoros összefüggést találtak az indukciós periódus hossza és a termék eltarthatósági ideje között. **A sütőolajok hőstabilitását** a petroléterben oldhatatlan oxidált zsírsavak mennyiségének meghatározásával végzik, melynek során a sütőolaj poláris és apoláris frakcióra bontása történik oszlopkromatográfiával. **A füstölési pont** az a hőmérséklet, amelyen levegő jelenlétében a trigliceridek bomlani kezdenek. A bomlástermékek jelenlétében ez az érték csökken, így a füstölési pont normál tartománya 200-230 °C, amely ha 170 °C alá csökken, akkor a zsiradék romlottnak tekinthető.

10. fejezet

A gabona, zöldség és gyümölcs mint funkcionális élelmiszerek

10.1. Gabonafélék

A fő gabonafélék az emberiség talán 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 kenyérfőzésre. 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.

10.2. A gabonafélék összetétele

10.2.1. A gabonafélék szénhidráttartalma

A **keményítő** a gabonafélék fő tároló szénhidrátja, mely a szemtermés endospermiumának sejtjeiben fordul elő. A keményítőszemcsék mérete és alakja eltérő a különböző gabonafajoknál. A poliszacharid-molekulák sugárirányban rendeződnek, melynek amorf rétege főleg amilózból, a szemikristályos réteg pedig amilopektinből áll. Általánosságban a gabonakeményítők 25% amilózt és 75% amilopektint tartalmaznak, melyekre jellemző, hogy jellegzetes hőmérséklet-tartományban duzzadásuk, zselatinizációjuk következik be. A viaszos kukoricafajták nagy amilopektintartalmuk miatt melegítés hatására határozott duzzadást mutatnak, míg az amilózból gazdag egyéb fajták csak kismértékben duzzadnak.

A gabonafélék **egyéb szénhidrátai** a szemtermés külső rétegében fordulnak inkább elő, és elsősorban a sejtfalalkotók közé tartoznak. Kis mennyiségben vannak jelen az endospermiumban, de mennyiségük a kiörlési fok növelésével nő. Közéjük tartoznak a pentozánok, a cellulóz, a β -glükánok és a glükofruktánok. A diétás rost 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 vízdoldható pentozánok 15-20-szor több vizet kötnek meg, mint a vízdoldható fehérjék, ezért nagy viszkozitású oldatokat képezhetnek. A lineáris arabino-

xilán-lánc D-xilopiranoz egységekből felépülő, vízzel extrahálható poliszacharid (Ws-AX). Ebbe a csoportba tartozik még a nagymértékben elágazó arabinogalaktán peptid. A vízben nem oldódó pentozánok közé tartozik az arabinoxilán egy része (Wi-AX). A Ws-AX vízzoldható arabinoxilán megnöveli a tészta vízmegkötő képességét, növeli a viszkozitást és a gázbuborékok stabilitását. A Wi-AX (vízben nem oldható arabinoxilán) kedvezőtlen hatása, hogy fizikailag gátolja a gluténképződést és destabilizálja a gázbuborékokat. Endoxilánázok főként a Wi-AX-t hidrolizálják, javítva ezzel a sütési eredményt. A búzalisztben endoxilánáz-inhibitorok is vannak, melyek a liszthez adott endoxilánázok aktivitását gátolják. Ennek kivédésére olyan molekuláris mérnöki módszerekkel előállított mikrobaenzimeket kezdtek el alkalmazni, melyekre nem hatnak ezek az inhibitorok. A **rozsbán** a pentozánok vízben nem oldható része víz hatására rendkívül nagy mértékben megduzzad, ez felelős a tészta reológiai sajátságaiért, a rozslisztből készült termékek sütési tulajdonságaiért és a sütőipari termékeknél javítja a bélzet lédúságát és raghatóságát. A rozslisztben az optimális keményítő:pentozán arány 16:1.

Az árpa 3-7%, a zab 3,5-4,9%, a búza és rozs szemtermése 0,5-2% **β -glükánt** tartalmaz, melyek D-glükopiranoz-egységekből β -1,3 és β -1,4 kötésekkel kapcsolódó lineáris poliszacharidok. Nyálkás, viszkózus állagú anyagok, amelyek alkalmasak vizes oldatok viszkozitásának növelésére. A sörgyártásnál a β -glükánok problémát jelenthetnek a sörlé tisztításánál (cefresztűrés).

10.2.2. A gabonafélék fehérjei

A gabonafélék **aminosav-összetételére** jellemző a kis lizin- és metionintartalom, és különösen kevés metionin van a búzában, a rozsbán, az árpában, a zabban és a kukoricában. Próbálkoztak ugyan az esszenciális aminosav-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 **gabonafélék, Osborne-módszere szerint**, a fehérjék eltérő oldhatóságát alapul véve, a lisztminta szekvenciális extrakciójával a következő **frakciókra** oszthatók. Az albuminok vízzoldhatóak, a globulinok 0,4 mol/l NaCl sóoldatban oldódnak, a prolaminok oldhatók 70%-os vizes etanol elegyben, 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.

Az Osborne frakciók mennyisége a különböző gabonafélékben nagyon eltérő lehet. A búzában az albuminfrakció az összes fehérje 14,7%-át, a globulin 7,0%-át, a prolamin 32,6%-át, a glutelin pedig 45,7%-át teszi ki. Ugyanezek az értékek a rozsnál 44,4; 10,2; 20,9 és 24,5%, az árpánál pedig 12,1; 8,4; 25,0 és 54,5%. Lényeges különbségek vannak a zab, a rizs, a köles és a kukorica fehérje-

frakcióiban is. 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 fehérjék közti különbségek az **egyes Osborne-frakciók fajfüggő elnevezésében** is tükröződnek. A búzánál az albumin neve leukozin, a globuliné edesztin, a prolaminé gliadin, a gluteliné pedig glutenin. A rozs prolaminját szekalinnak, az árpáét aveninnek, a zabét hordeinnek, a rizsét zeinnek, a kukoricáét pedig kafirinnek hívják, és hasonló elnevezésbeli különbségek vannak a többi fehérjefrakcióban is.

A fehérjefrakciók közül a prolamin okozza a **cölokáliát vagy lisztérzékenységet**, amely a genetikailag fogékony személyek minden korosztályát érintheti a csecsemőktől a kamaszokon át a felnőttekig. A betegséget a búza, a rozs és az árpa prolaminfrakciója okozhatja, míg a zab szerepe még bizonytalan. A betegség következtében a bélnyálkahártya (mukóza) bélbolyhai károsodnak, majd elpusztulnak, az epitélium sejtjei degeneratív károsodást mutatnak, ezért a tápanyagfelszívási funkció komoly zavart szenved. A cölokália megelőzhető a rizs, a köles és a kukorica fogyasztásával, a nevezett fehérjék étrendből való kiiktatásával.

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. A **glutén** 90% fehérjéből, 8% lipidből, melyek lipoprotein-komplexet alkotnak egyes gluténfehérjékkel, és 2% szénhidrátból áll, ezek jobbra vízoldékony pentozánok, amelyek jelentős mennyiségű vizet kötnek meg. A gluténfehérjék a hozzájuk kapcsolódó lipidekkel felelősek a tészta kohéziv és viszkoelasztikus sajátosságaiért. A **reológiai tulajdonságok** közé tartoznak a tészta gáztartó képessége a kelesztés során, és a termék porózus, szivacszerű bélzetének elastikus tulajdonságai. A **rozs és egyéb gabonaféléknél** nem képződik glutén, a pentozánok és egyes fehérjék a savanyú közegben megduzzadnak, így hozzájárulnak a gázmegkötő képességhez és befolyásolják a sütési minőséget.

10.2.2.1. A búzaglutén fehérjekomponensei és szerkezete

A hidratált frakció hatása a tészta reológiai sajátosságaira az alábbiak: A búzaprolaminok (gliadin) a viszkozitásért, a gluteninek pedig a tészta szilárdságáért és elastikus tulajdonságáért felelősek. Molekulán belüli diszulfidhidakat csak az α -gliadin és a γ -gliadin tartalmaz. A gluteninek HMW (nagy móltömegű) és LMW (kis móltömegű) alegységei fehérjeaggregátumokat képeznek, melyeket (többek közt) a molekulák közti hidrogénhid-kötések és hidrofób kölcsönhatások tartanak össze. **Az egyes gluténfehérjék hozzájárulása a sütési minőséghez különböző.** 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.

Egymással ellentétes hatású folyamatok a tésztaképződés és a gluténkialakulás fázisában a láncképződés és a láncszakadás. Nagy tészta- és gluténszilárdság akkor érhető el, ha elégséges mennyiségű polimerizációra alkalmas gluténfehérje (x-típusú, azaz 4 ciszteinil-oldalláncot tartalmazó HMW-alegység és megfelelő mennyiségű LMW-alegység) van jelen. Kedvező, ha a lehetséges legkisebb mennyiségben vannak jelen a láncképződést megszakító anyagok, mint amilyenek az alacsony móltömegű tiolkomponensek, a páratlan számú ciszteinil-oldalláncot tartalmazó gliadinok, és az y-típusú, azaz hét ciszteinil-oldalláncot tartalmazó HMW-alegységek.

10.2.3. A gabonák lipidtartalma

A gabonamagvak viszonylag kis mennyiségű lipidet tartalmaznak, de a különbségek az egyes gabonafajták között jelentősek lehetnek. A zab endosperm sejtei 6–8%, a búzáé 1,6% lipidet tartalmaznak. A lipidek főként a csíra részben tárolódnak, ezért az olajat is a csíráztatást követően nyerik ki. Az aleuronrétegben is számottevő a lipidek mennyisége. A gabonafélék lipidjeinek zsírsavösszetételében nincs jelentős különbség, a zsírsavak között a linolsav dominál. A búzaliszt lipidtartalma liszttypustól függően 1,5–2,5%, ami nagymértékben befolyásolja a sütési minőséget. A keményítőhöz nem kapcsolódó lipidek a liszt lipidállományának 75%-át adják, melyek közé tartoznak a trigliceridek és a digalaktoszil diacilgliceridek. A keményítővel asszociátumokat képező lipidek többnyire lizofoszfatidok, míg a keményítőhöz nem kapcsolódó lipidek a tészta reológiai tulajdonságait befolyásolják.

A szabad, keményítőhöz nem kapcsolódó lipidek az apoláros lipidek 90, a poláros lipidek 20%-a, melyek a tésztaképződés során aggregátumokat képeznek a gluténnel. A dagasztás során a glikolipidek teljesen hozzákapcsolódnak a gluténhez, míg az egyéb lipidfrakcióknak csak 70–80%-a kötődik meg. A trigliceridek megkötésének mértéke a tésztakezeléstől függ, melyet az intenzív levegőztetés és lipoxigenáz adagolás befolyásol. A poláris lipidek előnyös hatást gyakorolnak a tészta gázmegkötő képességére, és egy minimumértéket követően a sütési térfogatra.

A **tésztaképződés** során a lipidek aggregátumokat képeznek a gluténnel. A **dagasztás során** a glikolipidek teljesen hozzákapcsolódnak a gluténhez, míg az egyéb lipidfrakcióknak csak 70–80%-a kötődik meg, melynek mértéke a tésztakezeléstől, az intenzív levegőztetéstől és a lipoxigenáz-adagolástól függ. A **poláris lipidek előnyös hatást gyakorolnak** a tészta gázmegkötő képességére és a sütési térfogatra. A **szabad, keményítőhöz nem kapcsolódó lipidek hatását elemezzé a zsírintes búzalisztból készült kenyér sütési tulajdonságáról** elmondható, hogy 30 g lisztre számolva a 250 mg összeslipid (140 cm^3) és a 100 mg poláros lipid (160 cm^3) adja a legkisebb cipótérfogatot, míg az apoláros lipidek mennyiségének növekedésével a térfogat 180 cm^3 -ről 150 cm^3 -re csökken. A **poláros**

lipidek tésztaminóságra gyakorolt pozitív hatásának lehetséges magyarázatai a következők: A poláros lipidek a gáz/folyadék határrétegben feldúsulva stabilizálják a gázbuborékokat, nem engedik azokat összeolvadni, valamint a poláros lipidek kettősrétege összetartja, mintegy „tömíti” a fehérjefilmen a dagasztás során kialakuló pórusokat. A nem poláros lipidek a legtöbb búzafajta esetében viszont rontják a sütési eredményt.

10.3. A gabonafélék feldolgozása

10.3.1. A gabonafélék feldolgozásában szerepet játszó enzimek

A legfontosabb enzimek közé tartoznak a búza és a rozs α - és β -amilázai, melyeknek optimális aktivitása szükséges a tésztaképződéshez. A búzánál az aktivitás minimális az érett magokban, míg a rozs esetében nincs kihangsúlyozott nyugalmi állapot. A kedvezőtlen betakarítási körülmények (magas hőmérséklet, nagy nedvességtartalom) idő előtti csírázáshoz („sprouting”) vezet, mely kívülről nem látható. Ennek során az α -amilázaktivitás megnő, nagyfokú keményítőbomlás következik be a sütési folyamat során, ami kenyérhibákhoz vezethet.

A lipázok hatására a lisztárolás során a szabad zsírsavak mennyisége megnő. A lisztkészítés során a búza lipáz enzime a korpában dúsul fel, ezért felértékelődik a lisztben jelen lévő mikrobákból származó lipáz hatása. A nyugalmi állapotban lévő magvakban a lipáz aktivitása alacsony, ez alól kivétel az árpa, mely jelentős lipázszinttel bír. Az árpa szemtermésének aprítása hatására a lipáz aktivitása megnő, a linolsav felszabadul az acil-lipidekből, a lipoxigenáz és a hidroperoxidáz enzimek hatására hidroxizsírsavak keletkeznek, és a linolsav átalakulása során off-aromák képződnek. Hőkezeléssel a lipázok inaktíválódnak, így a minőségromlás megelőzhető.

A gabonafélék fitinsav (fitát, inozitol-hexafoszfát)-tartalma mintegy 1%, amely a gabonában lévő foszfor mintegy 70%-át megköti. A fitinsav főként az aleuronrétegben fordul elő, melynek mennyisége a lisztben a kiőrlési foktól függ. A fitinsavat a **fitáz** enzim hidrolizálja. **A fitát részleges hidrolízise** inozitol tetra- és trifoszfátot eredményezhet, mely táplálkozásfiziológiai szempontból kívánatos, mert a kevésbé foszforilált inozitok nem képeznek olyan stabil komplexet a kationokkal, mint a fitát, így a cink-, a vas-, a kalcium- és a magnéziumionok felszívódása nem gátolt, de táplálkozási szempontból mutatják a fitát pozitív hatásait. A tésztaképzés során a fitát egy része hidrolizál a gabona eredetű, illetve a mikroba eredetű (pl. élesztő) fitáz hatására. A fehér kenyér egy óráig tartó sütése során a fitát 85-90%-a lebomlik, míg a teljes kiőrlésű rozskenyérben csak 25-35%-a alakul át.

Lipoxigenázok (LOX) működése során a gabonafélékben a linolsavból 9-hidroperoxizsírsavak, a rozs lipoxigenáza hatására pedig 13-hidroperoxizsírsavak

keletkeznek. A búzalisztben található lipoxigenáz specifikusan reagáló LOX, melynek hatására a karotinoidok lassú kooxidáció során átalakulnak, és a tészta-félék sárgás színe fakul, ezért a tésztagyártás során a búza-lipoxigenázt inaktiválni kell. Főként a magok külső rétegében található **polifenol-oxidázok** a teljes kiőrlésű lisztek barnulását okozhatják. A **peroxidázok és katalázok** az aszkorbinsav nemenzimes oxidációját felgyorsítják, a hemkatalízis során a dehidro forma válik dominánssá, így mindkét enzim elősegíti az aszkorbinsav lisztjavító hatását. A **glutation dehidrogenáz** H-akceptor, dehidro-aszkorbinsav jelenlétében elősegíti a glutation (GSH) oxidációját. A búzalisztben viszonylag nagy aktivitású enzim a dehidroaszkorbinsav négy diasztereoizomerjét eltérő sebességgel alakítja át.

10.3.2. A búzaliszt tiolkomponensei

A **búza szabad állapotú** tiolkomponense, a glutation (G-SH) a csírában és az aleuronrétegben található, ezért koncentrációja a kiőrlési fok növekedésével nő. Idetartozik még a szabad cisztein is (C-SH), mely páratlan szulhidrilcsoportja folytán rontja a tészta minőségét. **Oxidált formájúak** a G-S-S-G és a cisztin (C-S-S-C), **fehérjéhez kötött formájú** pedig a G-S-S-P és a C-S-S-P, ahol a C a ciszteint, a P pedig a fehérjét jelenti. A G-S-S-P és a C-S-S-P redukciója során a G-SH és a C-SH szabadul fel. A téstaképzés során a G-SH nagyon gyorsan reagál a P-S-S-P lisztfehérjékkel, és diszulfidhíd-kicserélődés megy végbe az alábbiak szerint: $G-SH + P-S-S-P \rightarrow G-S-S-P + PSH$. A nagy móltömegű gluténfehérjék hasítása miatt a tészta viszkozitása csökken, a molekulák közti diszulfidhidak hasítása pedig a glutén és a tészta szerkezete gyengülését okozza.

10.3.3. Sütési próbák

A sütési próbák során a kisült késztermék térfogatát, alakját, a bélzet szerkezetét és elasztikusságát, valamint a termék ízét vizsgáljuk. A próba elvégzése és kiértékelése standardizált körülmények között történik, melynek során azonos az összemérés minden egyes termékre. **A sütési minőség adalékokkal befolyásolható.** A gyártás legtöbbször nagy tételben, nagyfokú automatizálás mellett történik, mert az előállítás így gazdaságosabb, de az alapanyag minőségét így is azonos szinten kell tartani. Az **adalékanyagok** hozzáadásának célja a liszt tulajdonságainak módosítása úgy, hogy az összhangban legyen a gyártási folyamatnál megvalósítandó céllal, a rövid téstaképzési idővel, az alacsony energiaszükséglettel, de biztosítsa a termék előírásoknak megfelelő tulajdonságait.

A gyenge sikérminőségű lisztek javítására aszkorbinsavat, bromátok alkálifém-sóit és enzimaktivitással bíró szójalisztet használnak. Ezek az adalékanyagok 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 si-

kér, lágyabb lesz a tészta, ami előnyös is lehet a kisebb energiaszükséglet miatt pl. a süteménygyártásnál. Az adalékanyagok, emulgeálószerrek, sütőipari zsiradékok, keményítősirupok, tejpor, szójaliszt, só, amiláz- és proteinázkészítmények módosítják a tészta reológiai tulajdonságait és a sütőipari késztermékek minőségét.

10.3.4. Az aszkorbinsav hatása a téstaképzésre, búzaliszt esetében

Téstaképzéskor a redukált glutation és a gluténfehérjék között SH/SS kicserélődése megy végbe, melynek során a gluténfehérjék depolimerizálódnak és a siker meggyengül. Oxigén hatására a tésztában az aszkorbinsav az aszkorbinsav-oxidáz, a Me^{n+} , a hemtartalmú komponensek, a peroxidáz és a kataláz együttes hatására dehidroaszkorbinsavvá oxidálódik. Az endogén eredetű glutation a dehidroaszkorbinsavat aszkorbinsavvá redukálja, a dehidroaszkorbinsav elvonja a glutationt, a gluténfehérjékkel kevesebb SH/SS-kicserélődés megy végbe. A folyamatot a glutation-dehidrogenáz (GSH-DH) enzim katalizálja. Az előző mechanizmus értelmében a dagasztás módja (intenzitása) a levegőből felvett oxigén mennyisége szerint befolyásolja a tészta minőségét.

10.3.5. A lipoxigenáz-aktivitást mutató liszt adagolásának hatása a búzalisztre

Szójaliszt-hozzáadás hatására javulnak a tészta reológiai tulajdonságai, megnő a tészta stabilitása, dagasztáskor nem lágyul el hamar, így növekedhet a kenyér térfogata. Az eljárás csak a nagy teljesítményű dagasztógépeknél hatékony a levegő (oxigén) intenzív bedolgozása miatt. A másik hatás a karotinoid pigmentek kifehéredése, ami a fehér kenyér esetében nem jelent problémát, a több mint 1% (lipoxigenáz-aktivitással bíró) szójaliszt azonban off-aromák kialakulásához vezethet.

10.3.6. Ciszteinadagolás hatása a búzalisztre

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 téstaképződési idő csökken és a tészta stabilitása is csökken. Alkalmazható nagy sikértartalmú liszteknél, ahol egy optimális ciszteinszinttel jelentős sütési térfogat-növekedést lehet elérni, mert a gáztartó képesség megnő, a bélzet szívacsos szerkezete pedig javul.

10.3.7. Az α -amiláz adagolásának hatása a búzalisztre

A nyugalmi állapotú magvakból származó lisztben kis mennyiségű, élesztő által is metabolizálható cukor található, ami az alacsony α -amiláz-aktivitás kö-

vetkezménye. Amiláztartalmú készítmények hatására malátaliszt/mikrobiális eredetű készítmények esetében a keményítő fermentálható maltózzá bomlik, mely kedvező növekedési körülményeket teremt az élesztő számára, ezt követően kelesztéskor kellő mértékű a CO_2 -termelés. Gyenge sikérminőségű liszteknél nem ajánlatos malátalisztet használni, mert proteolitikus aktivitása is van, ezért malátaliszt helyett a mikrobiális eredetű α -amiláz készítményeket kell előnyben részesíteni. Az α - és β -amilázok **egyéb hatásai** között meg kell említeni, hogy a redukálócukrok a sütés során a nemenzimes barnulási reakcióban vesznek részt, mely kedvező hatású a héj színe és aromája szempontjából, ráadásul késleltetik a bélzet öregedési folyamatait.

10.3.8. Emulgeálószerrek és zsiradékok hatása

A liszt sütési minősége pozitív összefüggést mutat a poláros lipidek mennyiségével. Emulgeálószerrek adagolásával javulnak a tészta tulajdonságai (gáztartó képesség), a sütési eredmény (kenyértérfogat), a termék lassabban öregszik, eltartóhatósága javul. Adalékanyagként alkalmazzák a nyers lecitint, a mono- és diacilglicerideket és a mono- és diacilglicerid-származékokat, ahol az OH-csoport(ok)at ecetsavval, borkósavval, tejsavval, monoacetyl- vagy diacetyl-borkósavval észterezik. Trigliceridek (zsiradékok) adagolása a tésztához, egyes búzafajták lisztjei kivételével, általában csökkenti a kisült termék térfogatát.

10.4. Zöldségek és gyümölcsök

10.4.1. Zöldségek

10.4.1.1. A zöldségek összetétele

A zöldségek emberi táplálkozásra alkalmas friss növényi részek, melyek nyers és/vagy feldolgozott (főzött, párolt vagy tartósított) formában fogyaszthatók. Az érett magvak (pl. borsók, babok, gabonamagvak) nem tekinthetők zöldségeknek. **Csoportosíthatjuk őket a fogyasztott rész alapján**, mely szerint lehetnek levél (pl. fejes saláta), szár (pl. spárga), gyökér (pl. sárgarépa), virág (pl. brokkoli), gumó (pl. fokhagyma), éretlen, húsos mag (pl. zöldborsó, zöldbab) vagy botanikai értelemben vett gyümölcs (pl. uborka, tök, paprika, paradicsom, de a növény a zöldségfélékhez tartozik) zöldségek.

Összetételük nagyon változó, mely függ a fajtól és a származási helytől. 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. Fontos egyéb összetevőik még a vitaminok, az aromaanyagok, a diétás rostok, és néhány gumós- és mag-zöldség

a nagy szárazanyag-tartalom mellett még magas keményítőtartalommal is rendelkezik.

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. Hozzájárulhatnak a jellegzetes zamat kialakulásához, a kellemetlen aromák képződéséhez és a szövetek gyengüléséhez, elszíneződéséhez. A **zöldségekben előforduló legfontosabb enzimek** a következők: Oxidoreduktázok (pl. lipoxigenázok, fenoloxidázok, peroxidázok), hidrolázok (pl. glikozidázok, észterázok, proteinázok), transzferázok (pl. transzaminázok), liázok (pl. glutaminsav-dekarboxiláz, alliináz, hidroperoxid-liáz) és ligázok (pl. glutamin-szintetáz).

A zöldségekben nagyon sok **enziminhibitor** is előfordul. Ilyenek a hüvelyesek, főként a szója Kunitz- és Bowman-Birk inhibitora, a burgonyában a szerin-proteinázokat gátló anyagok, a babokban és uborkafélékben a pektinbontó enzimek inhibitorai. A **szabad nem fehérjealkotó aminosavak** oldalláncukat tekintve a homológ sor nagyobb tagszámú aminosavai (homoszerin, homometionin és amino-adipinsav), az S-alkil-cisztein szulfoxidok pedig a hagyma zamatának fontos prekursorai. 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%-ban, a szacharóz pedig 0,1-12%-ban található a zöldségekben. A **keményítő** széles körben előforduló tároló szénhidrát, amely nagy mennyiségben fellelhető néhány gyöker- és gumós zöldségben. Az **inulin** a fészkesvirágzatúak (Compositae, pl. articsóka) tároló szénhidrátja, a **pektinnek** pedig különleges szerepe van a zöldségfélék szöveti szilárdságának biztosításában. A **pektinek lebontása** előnyös lehet a gyümölcslevelek előállításánál (lényerés, lé tisztítás), a pektinek bomlási folyamatainak lassítása pedig akkor, ha a gyümölcs és zöldség megfelelő konzisztenciájának és minőségének megőrzése a cél. A **pektinbontó enzimek** közé tartozik a pektin-észteráz, mely a metilezett karboxilcsoport észterkötését hidrolizálja, a pektáz (poligalakturonáz), mely a poligalakturonsav-láncot hasítja hidrolízissel, és a pektázliáz, mely a poligalakturonsav-láncot eliminációs mechanizmussal hasítja. A paradicsomban, az uborkában, az almában, a banánban és majd minden zöldségben és gyümölcsben előfordulnak.

A paradicsom szöveti szilárdsága nő a teljes pektintartalommal, a Ca- és a Mg-tartalom növekedésével és a pektin észterezettségének csökkenésével. A zöldségek pektin-észterázai csak 88 °C feletti hőmérsékleten inaktíválódnak teljesen. A karfiol 70 °C körüli hőkezelése során aktívak maradnak, és hatásukra feldúsulnak az oldhatatlan pektátok, ami kedvező a szöveti szilárdság megőrzése szempontjából.

A **zöldségek lipidtartalma** alacsony, főként trigliceridekből, valamint gliko- és foszfolipidekből állnak. A karotinoidok esetenként nagy mennyiségben fordul-

nak elő a paprikában, a paradicsomban és a görögdiannyében. A **szerves savak** jelentős szerepet töltenek be a zöltségek íz- és zamatanyagainak kialakításában. A zöltségekben a szabad titrálható savasság, 0,2-0,4 g/100 g friss szövet, a gyümölcsökhöz képest kisebb. A pH a paradicsom kivételével viszonylag magas (5,5-6,5), kialakításában az almasav és a citromsav bír legnagyobb jelentőséggel. Egyes zöltségekben (pl. rebarbara, sóska, spenót) kiemelkedően sok az oxálsav, ezért a vesekőre hajlamos egyének ezeket a zöltségeket csak mértékkel fogyasszák.

10.4.1.2. Aromanyagok

A **gombák** aromaanyagai a linolsav enzimes oxidációja során alakulnak ki. Az (R)-1-octén-3-ol a champignonszerű aroma, az 1-octén-3-on a gombaszerű illat hordozója. Ezen utóbbinak rendkívül alacsony az illatküszöbértéke. A **zeller** aromáját a levelekben, a gyökérben, a gumóban és a magokban található ftalidok okozzák, melyek fő komponense a 3-butil-4,5-dihidroftalid, más néven szedanolid. A **cékla** fő aromajellegét kialakító anyaga a geozmin. A glükoszínolátok széles körben elterjedtek a Brassicaceae fajoknál. Szeletelés hatására a 4-metiltio-transz-3-butenil-izotiocianát szabadul fel, amely a csípős íz okozója.

Fokhagyma és hagymafélék sértetlen állapotban gyenge illatúak, a „könnyefakasztó faktor” (lachrymatory factor) a hagyma felszeletelése során alakul ki. Ha megsértjük a szöveteket, akkor a transz-(+)-S-(1-propenil)-L-cisztein szulfoxid az alliináz enzim hatására ammóniára, piroszőlősavra és (Z)-propéntial-S-oxid(II)-re hasad, mely utóbbi a könnyezés okozója. Főzés hatására 3-merkaptó-2-metilpentan-1-ol keletkezik, melynek az aromaküszöbe vízben 0,0016 µg/l, ami a húsleves hagymaszerű illatát adja. Az alkil-tioszulfonátok a nyers hagyma, a propil- és propenil-diszulfidok és -trisulfidok a főtt hagyma, a dimetiltiofének pedig a sült hagyma ízanyagai. Az S-allil-L-cisztein szulfoxid (alliin), a fokhagyma aroma kulcs-prekurzora a fokhagymagumókban található, mely az alliináz enzim hatására diallil-tioszulfinná (allicin) és diallil-diszulfiddá alakul, melyek a fokhagyma aromájának jellegzetes komponensei.

A **főtt fejés káposzta** ízanyagai az allil-izotiocianátok, melyek csak nagy koncentrációban érződnek, hisz vízben magas az illatküszöbük (375 µg/kg), ennek ellenére a 2-feniletal-tiocianáttal (illatküszöb 6 µg/kg, vízben) és a 3-metiltiopropil-izotiocianáttal (5 µg/kg) részt vesznek az aroma kialakításában. A **mustárolaj** a főtt fehér- és vöröskáposzta illékony komponenseinek több mint 6%-a. Legfőbb összetevői a 2-propenil-, a 3-butenil- és a 2-feniletal-izotiocianátok. Az allil-glükoszínolátok a mirozínáz enzim hatására izotiocianátokká alakulnak. A friss állapotú **kelbimbó** főzés hatására megfelelő aromát ad, a fagyasztott állapotot követő főzés utáni aroma azonban nem megfelelő, mert viszonylag kevés allil-mustárolaj és több allil-nitril keletkezik. Az izotiocianátok kis koncentrációban kellemes, étvágygerjesztő hatású, a nitrilek viszont a fokhagymára emlékeztető illatú anyagok. Ha a fagyasztás előtt blansírozzuk a kelbimbót, akkor a mirozínáz

enzim inaktiválódik, az allil-glükozinolát pedig a főzés során hő hatására nitrilekké bomlik.

A főtt karfiol és a brokkoli legfontosabb aromaanyagai kéntartalmú komponensek, amelyek ugyanazok, mint a fejeskáposztánál. A karfiol legfontosabb aromakomponensei a 3-metil-tiopropil-izotiocianát, a 3-metil-tiopropil-cianid és a nonanal. A cisztation- β -liáz aroma-hibát létrehozó reakciót katalizál, amit blansírozással inaktíválni kell azért, hogy a homocisztein lebomlása elkerülhető legyen.

10.4.1.3. A zöldségek vitamintartalma

A zöldségek vitamintartalma jelentős ingadozást mutat. Mennyiségük függ a fajtától és a fajtától, az éghajlattól és a tárolás időtartamától. A spenót aszkorbinsav-tartalma 40-155 mg/100g friss tömeg, mely a feldolgozás során jelentős mértékben csökken. 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. Legjelentősebb anionok a foszfát, a klorid és a karbonát.

10.4.1.4. A növényi pigmentek

A **növényi pigmentek** közül legjelentősebbek a karotinoidok, az antocianinok, a klorofill és a betalainok. A klorofillok közül a klorofill a (kékeszöld) és a klorofill b (sárgászöld) a levelek és az éretlen gyümölcsök zöld színét adják. Ha a klorofillból elvonjuk a magnéziumot, akkor olajbarna feofitin a-vá és feofitin b-vé alakulnak, ha a magnéziumion helyére Sn^{2+} - vagy Fe^{3+} -ionok kerülnek, akkor szürkésbarna komponensek keletkeznek. A **szárított zöldségek tárolása** során színváltozás következik be, melynek oka a klorofill feofitinné alakulása. Színváltozás előfordul még blansírozás hatására és a fagyasztva tárolás során is. A babfélék és a kelbimbó feofitintartalma 2 perces 100 °C-on történő blansírozás után: 8-9%-ra, -18 °C-on 12 hónapos tárolást követően pedig 68-83%-ra csökken. A betalainok közé tartoznak a betacianinek, melyek vörös-ibolya, és a betaxantinok, melyek sárga színűek. A betanin vízzoldható, természetes ételízesítő-színezék, de használata limitált, mert a tárolás és feldolgozás során szintelen származékokká hidrolizál. A betanin a cékla fő pigmentanyaga.

10.4.1.5. A zöldségek eltarthatósága

Eltarthatóság szempontjából elemezve a zöldségeket, a levélzöldségek (saláta, spenót), éretlen, húsos magok (babok, borsók), karfiol, uborka, spárga, parad-

csom **korlátozottan eltarthatók**, a gyökér- és gumós zöldségek (pl. répafélék, burgonyafélék, karalábé, fehérrépa, cékla, zeller, hagyma és egyes káposztafajták) **hónapokig tárolhatók**. A tárolásra legmegfelelőbb a hűtve tárolás és a magas, 80-95%-os páratartalom. A tárolás alatt **változik az összetétel**. A tömegcsökkenés: 2-10%-os, az aszkorbinsav- és a karotintartalom jelentősen csökken, keményítő- és fehérjebomlás következik be, melynek következtében a karfiol, a spenót és a fejjessaláta esetében jelentős mértékben megnő a szabad savtartalom.

10.5. Gyümölcsök

A gyümölcsök eredetüket tekintve lehetnek vadgyümölcsök és termesztett gyümölcsök, termésük alapján pedig valódi termésűek vagy ártérmeűek. A termesztett gyümölcsök lehetnek almatérmeűek, csonthéjasok, bogyósok, trópusi és szubtrópusi gyümölcsök, valamint héjas gyümölcsűek. **Összetételüket** befolyásolja a faj, a fajta és az érettségi stádium. A bogyós gyümölcsök, az almatérmeűek, a citrusfélék és a trópusi gyümölcsök szárazanyag-tartalma 10-20% közötti, melynek fő komponensei a cukrok, a szénhidrátok és a szerves savak. **Kis mennyiségben előfordulnak** még bennük N-tartalmú anyagok, lipidek, pigmentek, aromaanyagok és vitaminok. A pigmentek és az aromaanyagok az organoleptikus tulajdonságokat, míg az összes többi komponens a tápértéket határozza meg. A héjas gyümölcsűek (dió, mogyoró, mandula, gesztenye) magvai magas szárazanyag-tartalmúak, a N-tartalmú anyagok ~ 20%-ban, a lipidek pedig ~ 50%-ban fordulnak elő bennük.

A **monoszacharidok** közül a **glükóz** és a **fruktóz** fordul elő legnagyobb mennyiségben, a két monoszacharid aránya azonban nagyon változó. Nyomnyi mennyiségben egyéb monoszacharidok (pl. arabinóz, xilóz) is előfordulhatnak bennük. Kivételt képeznek a heptulózok, melyek az alma- és barackfélékben, valamint a földieperben, és a heptulózok és oktulózok, melyek együttesen 0,2-5,0%-ban fordulnak elő az avokádóban. Az **oligoszacharidok** közül a **szacharóz** a domináns, míg a maltóz a szőlőfélékben, a banánokban és guavában kis mennyiségben, a melobióz, a raffinóz és a sztachióz a szőlőben fordul elő. A cseresznyében, a szőlőben és a fügében gyakorlatilag nincs szacharóz, a kajszi-barackban, az őszibarackban és az ananászban viszont a répacukor mennyisége meghaladja a redukálócukrokét. A redukálócukor/szacharóz arány nagyon eltér a fajok között.

A **poliszacharidok** közül a cellulóz, a hemicellulóz (pentoánok), a pektinek és a keményítő található meg legnagyobb mennyiségben a gyümölcsökben. Az érés során az oldhatatlan pektinfrakció mennyisége csökken, az oldható pektinfrakció mennyisége viszont nő a teljes pektintartalom csökkenése mellett. Keményítő az éretlen gyümölcsökben található, ezek alól kivétel a banán, mely még érett állapotban is több mint 3% keményítőt tartalmaz, illetve a brazil dió vagy paradíó.

A **szerves savak** közül az **L-almasav** a húsos gyümölcsökben és a csonthéjasokban dominál. A **citromsav** a bogyós gyümölcsök, a citrusfélék és a trópusi gyümölcsök fő savkomponense, míg a borkósav csak a szőlőben van jelen számottevő mennyiségben. A gyümölcsök csak citromsavat tartalmaznak, ezért a gyümölcslevek citrát/izocitrát aránya mérésével detektálható a citrát vizes oldatával való hígítás. A **fenolos komponensek** főleg glikozidok formájában, részben észterek formájában vannak jelen a gyümölcsökben. Aktív **antioxidáns sajátosságuk** függ az OH-csoportok számától, helyzetétől és a pH-tól, és sok gyümölcs **színét** és **ízét** is befolyásolják. A **tartósítás** során fémkomplexek keletkeznek, ami elszíntelenedéshez vezet, a turbiditást, zavarosodást pedig a fehérjekomplexek kialakulása okozza.

A fenolos komponensek az alábbi **alosztályokba sorolhatók**: flavanolak (Faol), antocianidinek (Acn), flavanonok (Faon), flavonok (Fon), flavonolok (Fool) és izoflavonok (Ifon). **Az élelmiszerek polifenol-tartalma függ** a fajtától, az éghajlattól és az érettségi foktól. A Golden Delicious alma polifenol-tartalma 1,3 g/kg, a Jeanne Renardé pedig 6–10 g/kg. A tanninok „szájösszehúzó”, fanyar hatásúak, melyek az „éretlen alma íz”-t okozzák. A flavanonok közül a naringin és a neoheszperidin a citrus gyümölcsök keserű ízeért felelősek. A monofenolok a polifenol-oxidázok hatására o-difenolokká, majd egy újabb, ugyancsak a polifenol-oxidázok által katalizált reakcióban o-kinonokká alakulnak át, melyek **nemkívánatos barna elszíneződést** okoznak. **Az elszíneződés megelőzhető** az enzimek hőkezeléssel történő inaktiválásával, a redukálószeres (SO₂ vagy aszkorbinsav) alkalmazásával és a rendelkezésre álló oxigénszint csökkentésével. A polifenolok fémionokkal (Al³⁺, Sn²⁺, Fe³⁺), négyenél magasabb pH-n intenzív színű komplexeket alkotnak. Így pl. a leukoantocianinok, sav jelenlétében, melegítés hatására átalakulnak, melynek során kialakul a főtt alma és körte vörös színe. A fenolos komponensek a fehérjékkel nagy turbiditású komplexeket képeznek, melyeknek a gyümölcslé-, a sör- és a borkészítés során van jelentőségük.

11. fejezet

A táplálkozási csírák mint funkcionális élelmiszerek

11.1. A csírák jelentősége a táplálkozásban

A csíráztatás „előemésztésnek” tekinthető, mely segíti a szervezetünkben lejátszódó biokémiai mechanizmusokat, ugyanis a csíráztatás folyamán a poliszacharidok oligo- és monoszacharidokká, a zsírok szabad zsírsavakká, a fehérjék oligopeptidekké és szabad aminosavakká bomlanak le, az ásványi anyagok hasznosíthatósága pedig javul. A tápanyagok összetétele kedvező módon változik meg. A zsírsavösszetételt elemezve nő az esszenciális zsírsavak mennyisége és aránya, nő a szabadaminosavak mennyisége, az antinutritív anyagok (tripszin-inhibitor, fitinsav, pentozán, tannin) mennyisége csökken, és egészségvédő hatással és fitokémiai tulajdonságokkal rendelkező vegyületek (glükozinolatok, természetes antioxidánsok) jelennek meg. Összességében tehát a csírázás jobb hasznosulást és magasabb tápértéket von maga után. **A csíráztatott magok előnyös hatásai miatt alkalmasak funkcionális élelmiszerek kifejlesztésére, melyek kedvező hatással vannak az emberi szervezetre és segítenek az egészség megőrzésében.**

A múlt század utolsó évtizedeiben Európa nyugati felében **mindennapossá vált a csíráztatott magvak fogyasztása.** Változatos csírákínálat alakult ki az európai és a távolkeleti piacokon, ahol legkedveltebbek az adzukibab, a lucerna, a brokkoli, a hajdina, a lóhere, a mungóbab, a mustár, a retek, a vörös káposzta és a szója csírái. Japánban a fényben termelt csírákat nyersen, míg a sötétben előállítottakat hőkezelve fogyasztják.

11.2. 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 borsó- és a szójababcsírák nagy mennyiségű szabad aminosavat és sok vérnyomáscsökkentő hatású γ -amino-vajsavat tartalmaznak. **A szabad aminosavak közül a borsó- és a szójababcsírákban legnagyobb mennyiségben az aszparagin, az egyéb típusú csírákban pedig a glutamin fordul elő.** **A csíráztatás hatására a szabadaminosav-tartalmon belül csökkent a hisztidin, a glutaminsav, a glicin, az arginin és a triptofán aránya, az aszpa-**

ragin-, a valin-, az izoleucin- és a fenilalanin-tartalmat viszont nagymértékben befolyásolták a csíráztatási körülmények. A bab és a lencse csíráztatása során fény hatására magasabb szabadaminosav-tartalmat kaptak, mint a sötétben csíráztatva, de a fény nem befolyásolta a fehérje minőségét. Két nap csíráztatás után a borsófehérje táplálkozási értéke javult.

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 **telítetlen zsírsavak** esetében a csírázás előtt 36,8% olajsavat, 38,1% linolsavat és 2,7% linolénsavat lehetett kimutatni, melyet követően a csíráztatás során az olajsav aránya fokozottan csökkent, a linolsav és a linolénsav aránya pedig nőtt. A linolénsav koncentrációja hét nap alatt 52,1%-ra nőtt és a legnagyobb mennyiségben jelen levő zsírsavvá vált, a csíráztatás végére pedig a telítetlen zsírsavak aránya meghaladta a 83%-ot. (A linolsav és az arachidonsav esszenciális, a linolénsav szemiesszenciális az emberi szervezet számára.) A **telített zsírsavak** koncentrációja a csírázáskor rohamos mértékben csökkent, és a mirisztinsav, valamint a sztearinsav egy nap múlva már nem volt kimutatható a csírából.

Az eddigi kutatások alapján megállapítható általános tendenciák, hogy **a csírázás lényeges összetételi változásokat okoz, melynek során a fehérjék kisebb fehérjefrakciókra, oligopeptidekre, szabad aminosavakra bomlanak**, és a szabad-aminosav-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. Meg jelennek az egészségvédő hatású vegyületek, ezért a **csíráztatással értéke-sebb táplálékot kapunk**.

11.3. Szelénnel dúsított csírák

Hogyan lehetne a csíranövényeket táplálkozási szempontból még értékesebbé tenni? 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 javítása**. Megállapították, hogy a fejlődő növényi szervezet a csíráztatás során a megfelelően előkészített táptalajból különféle makro- és mikroelemeket tud dúsítani szöveteiben, ezért kezdtünk el kísérleteket annak megállapítására, **hogyan lehet a csíranövény szeléntartalmát megnövelni**. A magas szeléntartalmú talaj (szelenit, szelenát) környezeti szennyezést okozhat, ezért japán kutatók a zárt rendszerű termesztést alkalmazták, melynek során speciális japán retek-magokat 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, nem hasznosuló szelenitet és γ -glutamil-Se-metil-szeleno-ciszteint is ki tudtak mutatni.

11.3.1. A szeléntartalom hasznosulása

A megnövelt szeléntartalmú növényekből a szelén hasznosulásának vizsgálata során rájöttek, hogy a **szelénben dúsított növények antitumor aktivitással bírnak**, és a szelénben dúsított tök és a szelénben dúsított retekcsíra szeléntartalmának hasznosulását hím egerekben elemezve azt is megállapították, hogy a szelénkiegészítés a szeléntartalom függvényében megnövelte a vérszérum és a máj szeléntartalmát és a glutathion-peroxidáz aktivitását. Mások arra jöttek rá, hogy a **szérum** szeléntartalma, illetve glutathion-peroxidáz aktivitása független volt a szelénforrástól. Na-szelenit adagolásakor mind a máj szeléntartalom-, mind annak glutathion-peroxidáz aktivitása nagyobb volt, mint a szelénnel dúsított töknél vagy retekcsíránál. Mások szerint a szelénese tök kiegészítés nagyobb mértékben növelte a máj szeléntartalmát, mint a szelénese csíra.

Szelénnel dúsított japán retek szeléntartalmának hasznosulását és rákel- lenes hatását patkányon vizsgálva megállapították, hogy a szelénben dúsított japán retekcsíra összesszelén-tartalmának 80%-át a szeleno-metil-szeleno-cisztein tette ki. A vizsgált szövetek közül a legtöbb szelént a vér tartalmazta, ennél kevesebb volt a májban, és a legkevesebb szelént a tüdőből mutatták ki. A szelénben dúsított japán retekcsíra gátolta a 7,12-dimetil-benz(a)antracénnel kiváltott emlőtumor kialakulását, de a legnagyobb szeléntartalmú dózis (12,5 mg/kg) etetésekor csökkent a testtömeg-gyarapodás és megnőtt a máj tömege.

Szelénben dúsított retekcsíra szeléntartalmának hasznosulását és rákel- lenes hatását patkányokon vizsgálva megállapították, hogy a szelénkiegészítés a dózistól függetlenül megnövelte a szérum és a máj szelénkoncentrációját és glutathion-peroxidáz aktivitását. A szelenitkiegészítéssel ellátott csoportoknál a máj szelénkoncentrációja és glutathion-peroxidáz aktivitása nagyobb volt, mint a szelénese csírával ellátott csoportokban. Az 1,2-dimetil-hidrazinnal kiváltott emésztőrendszeri tumorok gyakoriságát a kisebb dózisu szelénadagolásnál (0,1 $\mu\text{gSe/g}$ táp) csak a retekcsíra csökkentette, a nagyobb dózisu szelénadagolásnál (2 $\mu\text{gSe/g}$ táp) viszont mind a szelenitforma, mind a retekcsírával bevitt szelén csökkentette azt. Ezért a **retekcsírával bevitt szelén kisebb mértékben épült be a szervezetbe**, mint a szelenittel bevitt szelén, de a **retekcsíra fogyasztásának tumorelles hatása nagyobb volt**, mint a szelenitkiegészítésnek.

11.3.2. Saját vizsgálataink az étkezési csírák vonatkozásában

Saját vizsgálatainkat megelőzően célul tűztük ki a szabadaminosav-tartalom, a teljes aminosav-tartalom és a zsírsavösszetétel alakulásának vizsgálatát különbö-

ző magvak csírázása során, és a szeléntartalom feldúsulásának folyamatos nyomon követését különböző magvakban, eltérő koncentrációjú szelént tartalmazó csíráztató közegekben. Az általunk vizsgált magok a következők voltak: lencse, mungóbab, csicseriborsó, búza, rozs, hajdina. A **csíráztatási körülmények** az alábbiak voltak: A csíráztató közeg 0-5 mg/l szelenit koncentrációjú desztillált víz, az időtartam 96 óra a lencse, a mungóbab és a csicseriborsó esetében, 48 óra a búzánál, a rozsnál és a hajdinánál. A lencse, a mungóbab és a csicseriborsó esetén 12 óránként, a búzánál, a rozsnál és a hajdinánál 6 óránként vettünk mintát, és vizsgáltuk a **szabadaminosav-tartalmat** a fehérjék triklórecetsavas kicsapása után, és a fehérje aminosav-összetételét a 6 mólos sósavas, 110 °C-on, 24 órán át végzett fehérjehidrolízist követően. Az aminosav-analízist ioncserés oszlopkromatográfia elvén működő aminosav-analizátorral, oszlop utáni ninhidrines származékképzéssel és nagyhatékonyságú folyadékkromatográfiával, oszlop előtti merkaptó-etanol/orto-ftálaldehides származékképzéssel végeztük.

A **zsírsavösszetétel meghatározása** magában foglalta a zsírkivonást, a hidrolízist metanolos NaOH-oldattal, a zsírsavak átészterezését metanolos bór-trifluorid-oldattal, és az analízist WCOT kapilláris oszloppal és FID-detektorral felszerelt gázkromatográffal. A **szeléntartalom meghatározása során** a salétromsavas, illetve királyvizes roncsolás után 2,3-diamino-naftalinnal végzett származékképzést követően, fluorimetriás módszerrel mértük az összesszeléntartalmat, ioncserés oszlopkromatográfiával és nagyhatékonyságú folyadékkromatográfiával pedig a szeleno-metionin- és a szeleno-cisztein-tartalmat. A **vizsgálati eredmények alapján**, a zsírok telítetlenné válása és az aminosavak felszabadulása szerint megállapítottuk az optimális csíráztatási időket, meghatároztuk az optimális csíráztató közeget és a csíráztatási időt, szeléntartalmú tápközegeken végezve a csíráztatást a szelénbeépülés mértékét és tendenciáját, és a beltartalmi adatok mellett a csíráztatott magvak organoleptikus sajátságait is értékeltük.

12. fejezet

A vörösbór mint funkcionális élelmiszer

12.1. A szőlő, a must és a bór kémiai összetétele

Ahhoz, hogy a vörösborról mint funkcionális élelmiszerről lehessen nyilatkozni, meg kell ismerni azokat a folyamatokat, melynek során a szőlőből must, a mustból pedig bór keletkezik. Csak **a bór összetételének ismeretében lehet tudományosan magyarázni, hogy miért is funkcionális élelmiszer a vörösbór, és miért nem az a must és a fehérbór.** A bórászati kémia tárgya a szőlő, a must mint alapanyag, a bór mint végtermék összetételének meghatározása, és azon bonyolult folyamatok tisztázása, melynek során a gyümölcsleéből funkcionális élelmiszer, bór keletkezik.

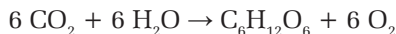
12.1.1. A szőlő érésének biokémiája

12.1.1.1. A szőlőbogyó növekedése, érése és túlérése

A szőlő szerveinek növekedése a zsendülésig tart, melynek során a szőlőbogyó változtatni kezdi a színét. A szőlőgyümölcs elraktározza a tartalékait: a cukor felhalmozódik a bogyóban, a vesszők tartalékolják a keményítőt, fásodnak, barnulnak, a levelek lehullanak. A szőlőfürt fejlődési folyamata magában foglalja **a növekedést, a zsendülést, az érést és a túlérés időszakát.** A növekedési periódus elején a fürt csak egy klorofilltartalmú, zöld növényi szerv, melyben a cukor kis mennyiségben már (kb. 20 g/kg) megjelenik, a savtartalom pedig növekszik. A zsendülés során a bogyó tovább növeli térfogatát, puhábbá, rugalmasabbá, átlátszóbbá válik, elveszíti klorofilltartalmát, színeződni kezd, **flavon- és antocianin-pigmentek képződnek benne.** Ebben az időszakban gyorsan halmozódik a cukor, a savtartalom pedig jelentősen csökken. Az érési időszakban a bogyó összetétele teljesen megváltozik, más szervekből származó anyagok halmozódnak fel benne, és a meglévő alkotórészek is átalakulnak. Speciális érési folyamat a nemesrothadás, mely a Botrytis cinerea működésének eredményeképpen jön létre.

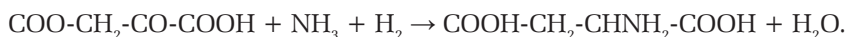
12.1.1.2. Fotoszintézis, anyagvándorlások

A klorofilltartalmú növények a nap fénysugarainak hatására a levegő szén-dioxid-tartalmát szénhidrátok és szénhidrátokból származó más szerves anyag képzésére használják fel. A lejtátszódo reakció:



A szén asszimilációja erősen endoterm, sok energiát igényel, mely a klorofill által elnyelt fényenergia függvénye. A fotoszintézis során először a víz fotolízise következik be, ami lehetővé teszi a napsugárzás fényenergiájának tartalékolását redukáló hidrogén formájában. Az enzimek működésének hőmérsékletfüggése következtében az asszimiláció 20 °C alatt erősen lecsökken, legmagasabb fokát 35 °C körül éri el.

A fehérjeszintézis az ammóniának a cukorszármazékokkal végbemenő kondenzációjával magyarázható, melynek során pl. az oxálecetsavból aszparaginsav keletkezik a következő reakcióegyenlet szerint:



A fotoszintézissel párhuzamosan folyik annak fordított reakciója, a légzés, melynek során lépcsőzetes reakciókban a glükóz energiájának csak egy kis része szabadul fel, így pl. a glükóz oxidációjával almasav keletkezik:



A többi szerves sav a növényben a Szent-Györgyi–Krebs-ciklus (trikarbonsav-ciklus, citromsav-ciklus) szerint képződik. Ennek során a glükózból és a fruktózból trióz-foszfátok, azokból pedig piroszőlősav keletkezik. A piroszőlősav átalakul citromsavvá, az cisz-akonitsavvá, izocitromsavvá és α -keto-glutársavvá, ami tovább alakulhat borostyánkősavvá. A piroszőlősav egy másik útvonalon átalakulhat borkősavvá, az oxálecetsavvá, ami továbbalakul almasavvá, fumársavvá, és a végtermék a borostyánkősav. Természetesen a ciklusban az oxálecetsavból közvetlenül is keletkezhet citromsav.

12.1.1.3. A cukor felhalmozódása a bogyóban

A szőlőgyümölcs a növény cukorfelhalmozó szerve. A zöld szőlőbogyók cukortartalma csak 10-20 g/kg, de a zsendülés és az érés alatt a cukortartalom hirtelen 1%-ról akár 20%-ra is emelkedik. A glükóz és fruktóz alakjában felhalmozódott cukor nagy része a törke különböző részeiben raktározott cukroknak a zsendülés-kor hirtelen a bogyóba való beáramlásából ered. A zsendülés idején a fruktóztartalom növekszik, a glükóz/fruktóz arány (G/F) viszont gyorsan csökken, és a zsendülés vége felé az egyhez közeledik.

12.1.1.4. A szerves savak változása a szőlőbogyóban

A szőlőbogyó savtartalmát főként három szerves sav alkotja: a borkósav, az almasav és a citromsav. Igen kis mennyiségben oxálsav, glikolsav, glioxisav és borostyánkőssav is előfordul benne. Egyes évjáratokban különböző mennyiségű borkósav és almasav képződik, melyek aránya is különböző. A bogyó növekedésekor, a zsendülés idején az almasav van túlsúlyban, a borkósav:almasav arány egynél kisebb. Az érés folyamán az arányszám növekszik, érett állapotban mindig nagyobb egynél.

12.1.1.5. A borkósav változása

A borkósavtartalom az érés folyamán $10,5\text{--}13,5\text{ g/dm}^3$ -ről $5,3\text{--}7,5\text{ g/dm}^3$ -re csökken. Az érés kezdetén a borkósavnak kb. 85%-a, végén mintegy 60%-a van szabad állapotban. A borkósav szintézise a szőlőben az alábbi folyamatok szerint megy végbe: Az első folyamat szerint a glükózból glükonsav, abból 5-keto-glükonsav képződik, ami az enol-formán keresztül átalakul 4-keto-glükonsavvá. A másik folyamat szerint a glükóz glükuronsavvá, majd gülonsavvá alakul, ezt követi az 5-keto-gülonsavvá alakulás, ami az enol-formán keresztül átalakul 4-keto-gülonsavvá. A mindkét folyamat során keletkezett 4-keto-gülonsavból közvetlenül, vagy a glikolaldehid, glikolsav, glioxilsav folyamat során keletkezik a borkósav.

12.1.1.6. Az almasav változása

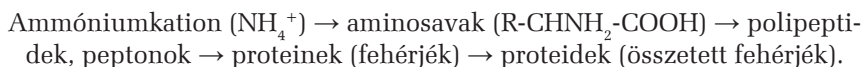
Az almasav koncentrációja erősen csökken az érés során, majd annak vége felé a csökkenés már lassúbb ütemű, és az érés végén néha az almasavtartalom enyhé emelkedése észlelhető. Az almasavtartalom az érés folyamán $22\text{--}26\text{ g/dm}^3$ -ről $3,8\text{--}6,0\text{ g/dm}^3$ -re csökken. Az érés kezdetén az almasavnak kb. 95%-a, a végén 80-92%-a van szabad állapotban.

12.1.1.7. Az ásványi anyagok beáramlása a bogyóba

A szőlőbogyó hamutartalma állandóan emelkedik a növekedés és az érés egész ideje alatt. A kationokkal párhuzamosan az ásványianion-tartalom (SO_4^{2-} , Cl^- , SiO_3^{2-} és főleg PO_4^{3-}) állandóan emelkedik a szőlőbogyó érése közben.

12.1.1.8. Fehérjeszintézis

A szőlőbogyó nitrogéntartalma nő az érés alatt, mert az érő szőlő felhalmozza a nitrogént. A fehérjék felépítése a következő általános séma szerint megy végbe:



Az érés alatt az aminosav-tartalom állandóan növekszik. Az érés előrehaladásával a bogyóhús nitrogéntartalmú anyagai nagyobb molekulatömegű vegyületekből tevődnek össze. Az érett szőlő levének nitrogéntartalma jellemző a szőlőfajtára.

12.2. Az érettség meghatározása

Az érettségi állapot meghatározására a cukor:sav arányt használják fel mint érettségi indexet (É.I.). Gyakorlati megfigyelés, hogy az érés folyamán a cukor- és a savtartalom ellenkező értelemben változik. Az arány kiszámításához a cukortartalmat is és a savtartalmat is g/dm³-ben adják meg.

12.2.1. A szüret időpontjának meghatározása

A megállapítás nagyon gyakran empirikus, megelégednek az ízlelés útján való becsléssel. Tapasztalat szerint **a szüret optimális időpontja 100 nap a teljes virágzástól, vagy 45 nap a zsendülés végétől az érettségig.** A lehető legjobb minőség eléréséhez feltétlenül meg kell várni a teljes érettséget.

12.3. A szőlőfürt szerkezete és összetétele

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, cserzőanyagot tartalmaz, de cukortartalma nem haladja meg a 10 g/kg-ot. Szárazanyag-tartalma 23-44% között, hamutartalma 4-6% között van.

12.3.1. A szőlőhép összetétele

A héj legjellemzőbb anyagai a **sárga és vörös pigmentek, az elsődleges aromaanyagok.** A zöldezőlőben 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 flavon alkotórész a kvercitrin, a kvercetinnek egy glükózidja. A szőlő héjában kisebb mennyiségben más flavonszármazékok is vannak.

12.3.2. A szőlőmag összetétele

A szőlőmagok tömege a bogyóénak 3-5%-a. 25-45% vizet, 34-36% szénhidrátot, 10-20% olajat, 4-6% cserzőanyagot, 4-7% N-tartalmú anyagokat, 2-4% ásványi anyagot és egy százalék zsírsavakat tartalmaz. A szőlőmagok gazdagok leukoantocianinokban, melyek a legfontosabb fenolos alkotórészek. A felsorolt anyagok a borkészítés folyamán részben beoldódnak a borba.

12.3.3. A bogyóhús összetétele

A szőlőbogyó legfontosabb része, mely tömegének 75-80%-át teszi ki. A sejtek belsejét a sejtnedv foglalja el, mely a bogyó legértékesebb része. Nincs különbség a bogyóhús és a szőlőlé, valamint a must összetétele között. A bogyóhús csaknem teljesen tartalmazza a must alkotórészeit.

12.4. A must kémiai összetétele

A szőlő sajtolásakor nyert **édes, zavaros folyadék** a must. A fehér szőlőfajták mustjának színe zöldessárgától aransárgáig változik, a kék szőlőké enyhén vörhenyes. 100 kg szőlőből 65-80 dm³, átlagban 75 dm³-t mustot lehet kisajtolni. A must sűrűsége 1,065 és 1,100 között ingadozik. A must csaknem kizárólag a bogyóhús sejtnedvéből áll, de szilárd részeket, valamint a héjból és a magból kioldott komponenseket is tartalmaz. A zúzott szőlőből gyenge sajtolással lefolyó must a **színmust**, míg a nyomással kapott lé a **sajtott must**, az utópréseléssel nyert folyadék pedig az **utósajtolás mustja**. A mustnak 60%-a színmust, 30%-a sajtott must, 10%-a az utósajtolású must. A must jellemzésére felhasználható a pH-érték, a hamutartalom, a hamuoldhatóság (hamualkalitás), az extrakttartalom és a redoxpotenciál.

12.4.1. A must alkotórészei

A must alkotórészei a szénhidrátok (monoszacharidok, diszacharidok, keményítő, pentózok, cellulóz, pentozánok, glikogén, pektinanyagok, gumik), a szerves savak (borkósav, 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.

12.4.1.1. Szénhidrátok

A **szénhidrátok** túlnyomó részét a redukálócukrok, a glükóz és a fruktóz teszi ki. A must redukálócukor-tartalma 150-250 g/dm³. A töppedt, aszúsodott, nemes rothadáson átment szőlőből származó must cukortartalma 450-470 g/dm³. Az érett szőlőből sajtolt must glükóztartalma a szőlőfajtától, évjáráttól, érési állapottól, esetleg a rothadástól függően a fruktózzal azonos. Az érett szőlőből sajtolt must fruktóztartalma 70-120 g/dm³. A szacharóz a szőlő leveleiben és zöld részeiben található, gyors felhasználásra szolgáló cukortartaléka a növénynek, ami a levél-től a gyümölcsig való vándorlása közben invertálódik, és az érett bogyóban már csak nyomokban található (1-3 g/dm³). **A magyar bortörvény jelenleg megengedi a szacharóz mustjavításra való felhasználását.** Az érett bogyó keményítőt nem vagy csak nyomokban tartalmaz. A pentózok 0,3-1,2 g/dm³ mennyiségben a must rendes alkotórészei, nem erjeszthetők, a borba is belekerülnek.

12.4.1.2. Pektinanyagok, gumik

A szőlőbogyó cellulóz-pektines membránjaiból származó pektinanyagok a tiszta pektin és az egyéb anyagok (gumi, arabánok, pentozánok, poliszacharidok) keverékei. A tiszta pektin a galakturonsav-anhidridekből felépített poligalakturonsav metil-alkohollal részben észterezett származéka. A pektinben a karboxilcsoportok mintegy 75%-a metil-alkohollal észterezett, ami azért jelentős, mert a pektin enzimhatásra lebomlik, a pektin-metilészteráz az észterkötéseket, a poligalakturonáz pedig a glükozidos kötéseket bontja.

12.4.1.3. Szerves savak

A mustban levő jelentősebb szerves savak a borkősav, az almasav és a citromsav, az egyéb szerves savak mennyisége pedig 3-4%-a az összes szerves savnak. A glikolsav és a glicerinsav mellett igen kevés mennyiségű oxálsav is van a szőlőben és a mustban. A must savasságán a borkősav- és almasavtartalmat értjük. A must savanyú ízét a szabad és félig kötött savak okozzák (szabad savtartalom). A mustok titrálható savtartalma a fajtától, a termőhelytől, az időjárási viszonyoktól és a szüret időpontjától függően tág határok között változik. Hazánkban 4-15 g/dm³.

A szőlőben és a mustban L(+)-borkősav van, mely erősen savanyú ízű, 168-170 °C-on olvad. Megtalálható a szőlő minden részében, a szőlő jellegzetes sava, mely a legállandóbb és legerősebb a szőlő szerves savai közül. A mustban jelentős része kötött állapotban van, a szüret időpontjára túlsúlyba kerül az almasavval szemben. A mustok borkősavtartalma 4-8 g/dm³. Sói közül borászati szempontból fontos a borkő (kálium-hidrogén-tartarát) és a kötött, semleges kalciumsója. A borkő vízben kevésbé oldható, 20 °C-on 100 rész víz 0,55 rész borkövet, 100 rész 10,5%-os alkoholos oldat viszont csak 0,30 rész borkövet old, és ennél még

nehezebben oldható a borkősavas kalcium. Csekély oldhatósága következtében erjedéskor a képződő alkohol hatására rendszerint kiválik, így csökken az összes borkősav mennyisége.

A szőlőben és a mustban az L(-)-almasav fordul elő, mely kellemesen savanyú ízű, vízben és alkoholban jól oldódó anyag. Savanyú és semleges sókat képez; savanyú sói nehezebben oldódnak, mint a semlegesek. A must almasav-tartalma erősen változó, mennyisége 2-7 g/dm³ között ingadozik. A mustban levő almasavnak kb. 20%-a kötött formában fordul elő. A citromsav a szőlőnek és mustnak kis mennyiségben rendes alkotórésze, a must általában 0,1-0,5 g/dm³ citromsavat tartalmaz. A szőlőben és a mustban előforduló egyéb szerves savak a glikolsav, a glicerinsav, a glükonsav, a glükuronsav és a galakturonsav. Csekély mennyiségben előfordul még benne az oxálsav, a fumársav, a 2-hidroxi-glutársav, a malonsav és a nyálkasav (a galakturonsav oxidációs terméke).

12.4.1.4. Nitrogéntartalmú anyagok

Az összes nitrogéntartalom 0,2 és 2,0 g/dm³ között ingadozik, ami a must cukorkmentes extraktjának 20-25%-a. **A must nitrogéntartalmú szerves anyagai az amidovegyületek és az aminosavak.** A mustokban legnagyobb mennyiségben az arginin, a prolin, a treonin, a glutaminsav, a glutamin, a szerin és az alanin fordul elő; ezek alkotják a mustok aminosav-tartalmának kb. 85%-át. Kisebbségi mennyiségben még tíz aminosav található a mustban. A polipeptidek közül a peptonok és albumózok (propeptonok) a fehérjebontás nagy molekulatömegű termékei. A szervesnitrogén-tartalom a talaj nitrátjaiból kerül a bogyóba, ott nem tud felhalmozódni, a szervesnitrogén-tartalmú anyagok szintéziséhez használdik fel. **A fehérjesszintézis a bogyóban zajlik, ami a zsendüléskor indul meg.** A nitrogéntartalom elsősorban a héjban és a magokban koncentrálódik. Az érés végére leáll a fehérjesszintézis, megtörténik a meglévő nitrogén újraelosztása, melynek során a magok nitrogéntartalma csökken, a bogyóhús pedig növekszik. A mustban az ún. oldható szőlőfehérje formát lehet kimutatni, ami az albumin és a könnyen oldható globulin típusú növényi fehérjék összessége.

Az **érés során** a szőlőfajtától és az évjáráttól függően **az aminosavak száma és koncentrációja növekszik, a szabad aminosavak gyarapodásával párhuzamosan emelkedik a szőlőlében a fehérjék mennyisége is.** Csapadékszegény, igen meleg éveken az oldható szőlőfehérje mennyisége erősen megnő, kevesebb egyéb nitrogéntartalmú anyag képződik, száraz és meleg éveken viszont a fehérjetörésre való hajlam nagyobb. Az alacsony savtartalom elősegíti a fehérjetörést, mert a pH a szőlőfehérjék izoelektromos pontja felé tolódik, ezért a fehérje kicsapódhat, ami a bor zavarosodását idézheti elő.

Az aminosav-összetétel függ a szőlőfajtától, a tápanyag-ellátottságtól (N-trágyázás!), az érettségi állapottól, a klimatikus viszonyoktól és az egészségi állapottól. Növekvő érettségi foktól függően az aminosavak össz mennyisége nő és az

egyes aminosavak arányai is változnak. Az aminosavak lényeges anyagai az élesztők nitrogénasszimilációjának, és prekursorai a magasabbrendű alkoholoknak.

12.4.1.5. Viaszok, olajok, zsírok

A szőlő viaszrétegének összetétele megegyezik a növényi viaszok jellegzetes összetételével. A szőlőmag olajtartalma jelentékeny, a légszáraz magnak 10-20%-a, amelyből olaj a mustba csak a magok szétzúzásaakor kerülhet. A must zsírtartalma nagyon alacsony (0,01 g/dm³), de a zsír az elhalt élesztőkből is a borba kerülhet.

12.4.1.6. Polifenolok, színanyagok

A must és a bor egyik legérzékenyebb vegyületcsoportja, mert oxidációs hajlamuk miatt barnulással járó és más különböző kiválások okozói lehetnek, de a vörösbőrknél feltétlenül szükségesek a borjelleg kialakításához. A polifenolokat négy nagy csoportra lehet osztani: flavonok, antocianinok, fenolsavak és tanninok. Kémiai szerkezetük szerint lehetnek **nem flavonoid-fenolok** (hidroxi-benzoésav és származékai, hidroxifahéjsav és származékai), **egyéb nem flavonoid-fenolok** (pl. rezveratrol), **flavonoid-fenolok** (katechinek, 3-flavanol), **leukoantocianinok** (3,4-flavandiolo), **antocianinok** (flavonok és flavonolok) és tanninok.

A **nem flavonoid-fenolok** egyszerű fenolok, a bogyóhúsban találhatóak és szter típusú vegyületek formájában. A szőlő és a bor hat benzoésav- és három fahéjsavszármazékot tartalmaz. **Benzoésav-származékok** a p-hidroxi-benzoésav, a protokatechusav, a vanillinsav, a veratrumsav, a szalicilsav és a gencizinsav, **fahéjsavszármazékok** a p-kumársav, a kávéssav és a ferulasav. A benzoésav-származékok az antocianinok lebomlásának termékei. A fahéjsavszármazékok szabad állapotban és az antocianinokkal (jellemző alapvázuk a flavilium-váz) alkotott vegyületek formájában találhatóak a mustban és a borban.

Az egyéb nem flavonoidok közül a **rezveratrol**, a stilbénnek 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/dm³, szélső értékek 0,44-4,71 mg/dm³. 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** mennyiségére vezethető vissza a bor fenolos anyagainak változása, a barnulási hajlam és egyéb érzékszervi elváltozások, és a keserű, összehúzó íz is a flavonoidkoncentrációtól függ. Legfontosabbak a katechin, a leukoantocianin és az antocianin monomerek, melyek rendszerint glükozidjaik alakjában fordulnak elő. A flavonoidok könnyen oxidálhatók, jó fémmegekötő-ké-

pességgel 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 katechinek flavanol-3 alapvázú vegyületek, melyek két aszimmetriacentrummal rendelkeznek. A szőlőben a (+)-katechin és sztereoisomerje a (–)-epikatechin fordul elő. A bor P-vitamin-aktivitása a katechinkoncentráció növekedésével nő, az öregedéssel csökken. A **leukoantocianidinek** mennyisége borokban 2 g/dm^3 körüli, mint antioxidánsok hatnak, megvédve a borokat az oxigén káros hatásától. A leukoantocianinok szintelen vegyületek, a flavandioltól-3,4 alapváz hidroxilezett származékai. Ide tartoznak a leukoantocianidin, a leukodelphinidin, a leukomalvidin, a leukopetunidin, a leukopeonidin és a leukopelargonidin. Alkoholos sósavval melegítve antocianin-kloriddá alakulnak, amelyek vörös színű vegyületek. Az antocianinok bioszintézise a leukoantocianinokon keresztül történik. A szintelen leukoantocianinok dehidrogénezés révén flavonszármazékokká alakulnak, ezekből dehidratálás és az ezt követő diszproporcionálódás útján antocianidinek és katechinek jönnek létre, így proantocianinoknak is tekinthetők. A flavonoidok elsősorban a héjban, a kocsányban és a magban találhatók, ahonnan eljutnak a mustba, illetve a borba.

A **tanninok** csoportjába tartozó hidrolizálható tanninok a **fenolkarbonsavak egymással vagy cukrokkal alkotott észterei.** Legismertebbek a galluszsav, a digalluszsav, az ellágsav és a penta-galloil-glükóz, ami 1 molekula glükóz és 5 molekula digalluszsav észtere. A nem hidrolizálható tanninok közé tartoznak a procianidinek, a kondenzált tanninok és a tannin-flavonoidok. Kis kondenzációs fokú és molekulatömegű dimer, trimer, tetramer vegyületek, amelyek vízben jól oldódnak, és cserzőanyagokra jellemző tulajdonságot (összehúzó fanyar íz, fehérjék kicsapása) mutatnak. Nagy polimerizációs fokú és molekulatömegű származékaik a flobafének, melyek vízben rosszul, alkoholban, lúgos közegben viszont jól oldódnak. **A tanninok denaturálják a fehérjét, ezért gátolják az enzimek működését.**

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, felelősek az oxidációs hatásra bekövetkező színmélyülésért. Szerepet játszanak a bor tisztaságában, stabilitásában, de okozói lehetnek a kellemetlen fanyar ízérzetnek is. **A szőlő fenolos vegyületei baktericid hatással, P-vitamin-aktivitással, szív- és érrendszeri betegségek elleni védőhatással rendelkeznek. A vérben gyorsítják a koleszterin kiürülését, stabilizálják az érfalak rugalmasságát, megakadályozzák az érszűkületet, illetve a szívinfarktus kialakulását.**

A **fenolos vegyületek** lehetnek **nem tannin fenolok** és **tannin fenolok**. A nem tannin fenolok egyik csoportját a nem flavonoid (egyszerű) fenolok alkotják, melyek közé tartoznak az oxifahéjsav-származékok (kávéssav, p-kumársav, ferulasav), az oxifahéjsav-észterek (klorogénsav), a dihidroxi-benzoésavak (protokatechusav, vanilinsav), a trihidroxi-benzoésavak (galuszsav, elágsav) és a galuszsav éterjellegű származékai (sziringasav). A nem tannin fenolok másik csoportját a flavonoid fenolok alkotják, melyek közé tartoznak a katechin-monomerek [(±)-katechin, (±)-epikatechin], a katechin-galluszsav észterek [(+)-gallokatechin, (-)-epigallokatechin], a quercetin, a quercetin-glikozid (rutin), a leukoantocianidin monomerek és az antocianidin monomerek (malvidin, cianidin, delfinidin, peonidin, petunidin, pellargonidin).

A tannin fenolok közé tartoznak a katechin-dimerek, a katechin-trimerek, a katechin-oligomerek, a katechin-polimerek, a leukoantocianidin-polimerek, az antocianidin-polimerek és a procianidinek. A procianidinek a (+)-katechin és a (-)-epikatechin egymással kondenzációs reakciók során képzett oligomer származékai. A polimerizációs fok a dimerektől a hexamerig terjed.

12.4.1.7. Színanyagok

A színanyagok közé tartoznak az antocianinok, melyek **a kékszőlők és a vörösborok színét dominánsan meghatározzák**. A flavonoidok a héjban és a bogyóhúsban találhatók, az antocianinok pedig a héjban, az epidermisz alatti 3–4 sejtsorban helyezkednek el. Az érjedés során az antocianinok kémiaillag változatlanul kerülnek át a mustba, majd a borba. Az antocianinok a 2-fenil-benzo-pirilium-glikozid származékai, ahol az aglikon részt antocianidineknek nevezzük. A flavilium-váz savas közegben ionos szerkezetű, ezért az antocianinok vízben oldódnak, az antocianidinek (aglikonok) viszont nem oldódnak. A cukor rész az oldhatóságot javítja, és megvédi az érzékeny antocianidint a különböző kémiai vagy enzimes behatásoktól. Az antocianinok savas hidrolíziskor vagy enzimes behatásra monoszacharidra és aglikonra bomlanak. A természetben megtalálható antocianinok a delfinidin, a petunidin, a malvidin, a peonidin, a cianidin és a pelargonidin. **Az európai kékszőlők színét a monoglükozidok adják, a nagyobb mennyiségű diglükozid pedig direkttermő szőlő jelenlétére utal.** A monomer antocianinok koncentrációja az érés során fokozatosan csökken.

Az **antocianinoknál** gyengén savas közegben a piros színű forma reverzibilis egyensúlyban van a színtelen formával, mely egyensúlyi helyzet a pH függvénye. **Színük savas közegben vörös, növekvő pH mellett színtelen, majd kék.** A HSO_3^- ionok kondenzálódnak az antocianinokkal, és a reverzibilis reakció során színtelen vegyület keletkezik, amivel a vörösborok kénezés utáni időszakos elszíntelenedése magyarázható, de az antocianinok elszíntelenedését redukció is okozhatja.

A szőlő zöld és sárga színezékeit a klorofill, a karotin, a xantofill és különböző flavonok, flavonszármazékok képezik. A levelekben és zöld növényi

részekben zöld színezék képződik. A kloroplasztok alapanyaga szintelen, a klorofill zöld olajos cseppet tartalmaz. A klorofilltestecskékben sárga (xantofill) és narancs-vörös (karotin) festékanyag is van. A klorofill *a* kékeszöld, a klorofill *b* sárgászöld, melyek sav hatására barna színűvé válnak.

A szőlőbogyó érésekor a klorofilltartalom csökken, de csak a teljes érés vagy a túlérés idején tűnik el egészen. **A szőlő két sárga színezéke a karotin és a xantofill.** A karotin izoprénegységekből álló szénhidrogén, amelyben két nem aromás gyűrű metilcsoporttal szubsztituált konjugált kettőskötésű láncot fog közre. Három izomerje az α -, a β - és a γ -karotin. A xantofill (lutein) az oxigéntartalmú karotinoidok csoportjába tartozik, valójában a karotin oxidja. A flavonok és flavonszármazékok igen elterjedt sárga színezékek, melyek jelen vannak a mustokban és a fehér-, illetve vörösborokban is.

12.4.1.8. Aromanyagok

A szőlő és a must aromaanyagai keletkezésük szerint lehetnek **elsődleges vagy primer, prefermentatív, fermentatív vagy erjedési és ún. érlelési aromák.** A szőlő és a must esetében a primer és a prefermentatív aromák a jellemzőek. Az elsődleges vagy primer aromák közé tartoznak az illatos szőlőfajta mustjában mérhető mennyiségben található terpénalkoholok, melyek az „egyszerű” mustokban csak nyomokban fordulnak elő. **Nem illatos szőlőfajták** illó vegyületei hat szénatomos aldehidekből és alkoholokból, kapronsavból, benzilalkoholból, valamint α -butiro-laktonból állnak. A **muskotályos borok** specifikus aromaanyagai az etil-cinnamát, a β -jonon, a linalool, a geraniol és a nerol. A **rizlingre és a chardonnay-re** a β -damaszcenon, a fűszeres traminire a cisz-rózsa-oxid, a sauvignonra a 2-sec-butyl-3-metoxipirazin, a scheurebe-re pedig a 2-izobutyl-3-metoxipirazin és a 4-merkaptó-4-metilpentán-2-on a jellemző aromaanyag. Az **illatos szőlőfajták** terpén vegyületei a monohidroxi-terpénalkoholok, a linalool, az α -terpineol és a nerol. A mustokban $50 \mu\text{g}/\text{dm}^3$ a linalool érzékszervi küszöb értéke, ami a muskotályszőlő-fajtákra jellemző. A többi terpénalkohol íz- és illatküszöbe jóval magasabb a linaloolénál. A linaloolból és a nerolból aromavesztést okozva képződnek a különféle oxidált származékok, mint amilyenek az A-furán-linalooloxid, a B-furán-linalooloxid, a C-pirán-linalooloxid, a neroloxid, a cisz rózsaoxid és a transz rózsaoxid, melyek képződése aromavesztést okoz.

A di- és trihidroxi-terpénalkoholok közé tartoznak az 1-diendiol (3,7-dimetil-1,5-oktadien-3,7-diol), a 2-diendiol (3,7-dimetil-1,7-oktadien-3,6-diol), az endiol (3,7-dimetil-1-oktén-3,7-diol) és a triol (3,7-dimetil-1-oktén-3,6,7-triol). Belőlük érzékszervileg aktív vegyületek képződnek. A terpénvegyületek a fajtajelleget adó komponensek közé tartoznak. A **prefermentatív aromák** a szőlő feldolgozása során képződnek. Közéjük tartoznak a C6-aldehidek és alkoholok (transz-2-hexenol, n-hexenal), melyek a „zöld ízt és illatot” okozzák. A héjon áztatás során keletkeznek a C6-, C8-, C10-karbonsavak és etilészterek.

A terpénalkoholok illat szempontjából inaktívak, ízben sokszor keserű érzetet okoznak, indirekt módon azonban hozzájárulnak az aromakarakter fenntartásához. Az **illatos szőlőfajta frissen préselt mustjában** néhány száz $\mu\text{g}/\text{dm}^3$ szabad linalool, néhány mg/dm^3 1-diendiol, max. $100 \mu\text{g}/\text{dm}^3$ C-linalool, $50 \mu\text{g}/\text{dm}^3$ körüli D-linalooloxid, 2-diendiol és geraniol, $10\text{-}20 \mu\text{g}/\text{dm}^3$ körüli A- és B-linalooloxid, α -terpineol, nerol és citronellol, néhány $\mu\text{g}/\text{dm}^3$ neroloxid és nyomokban rózsaoxid található. A **nemesrothadáson átesett szőlők boraiban** nő a glükonsav és a glicerín koncentrációja, a terpénalkoholok illat szempontjából inaktív diolokká oxidálódnak, emelkedik a „gombaillatot” okozó 1-oktén-3-ol koncentrációja, és nő a karamellízt adó szotolon mennyisége.

12.4.1.9. Vitaminok és enzimek a szőlőben, a mustban és a borban

A szőlő és a must vitaminjai

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-inozidot, 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 must vitamintartalmának szélső értékei az alábbiak: B₁ Tiamin $160\text{-}450 \mu\text{g}/\text{dm}^3$, B₂ Riboflavin $3\text{-}60 \mu\text{g}/\text{dm}^3$, B₆ Piridoxin $0,16\text{-}0,50 \text{ mg}/\text{dm}^3$, B₁₂ Kobalamin $0 \mu\text{g}/\text{dm}^3$, H Biotin $1,5\text{-}4,2 \mu\text{g}/\text{dm}^3$, PP Nikotinsav-amid $0,86\text{-}2,60 \text{ mg}/\text{dm}^3$, Pantoténsav $0,5\text{-}1,4 \text{ mg}/\text{dm}^3$, Mezo-inozid $380\text{-}710 \text{ mg}/\text{dm}^3$, P-amino-benzoesav $15\text{-}92 \mu\text{g}/\text{dm}^3$, Folsav (pteroil-glutaminsav) $0,9\text{-}1,8 \mu\text{g}/\text{dm}^3$, Kolin $19\text{-}39 \text{ mg}/\text{dm}^3$.

A szőlő és a must enzimei

A szőlő, illetve a must fontos enzimei az oxidázok, melyek közül említést érdemelnek a **polifenoloxidázok és a fenoloxidázok**. Legfontosabb közülük a tirozináz és a Botrytis által termelt lakkáz. A peroxidázok és katalázok felelősek a fenolok, az aminosavak oxidációjáért, melyek koncentrációja a kékszőlőkben nagyobb. A szacharáz főleg a levélben található, és az érés kezdetén még a bogyóban is van szacharázaktivitás. Az invertáz aktivitása az érés során csökken. A cukoranyagcserében részt vesz még a hexokináz, a glükóz-6-foszfát-dehidrogenáz és a szacharóz-foszfátáz.

A proteázok a nitrogénvegyületek lebontásában játszanak szerepet. A malát-dehidrogenáz az érés folyamatában először a savnövekedésért, majd a -csökkenésért felelős. A glikozidázok a terpének és az antocianidok glükozidos kötését bontják. Az észterázok közül a pektinészteráz a pektinbontás alapenzime; sze-

repe a mustok öntisztulásában van. A poligalakturonáz növeli a pektinanyagok lebontását.

Az **egyéb alkotórészek** között említést érdemel a szorbit, mely megtalálható a körte, az alma és más gyümölcsök levében, a szőlőmust és a bor azonban csak csekély mennyiségben (max. 80 mg/dm³) tartalmazza. **Jelentősebb mennyiségű szorbit jelenléte esetén a szőlőmusthoz más gyümölcsök levét keverték.** A mustok 380-710 mg/dm³ inozitot (hexaoxi-hexahidrobenzol) tartalmaznak. A mustok pH-értéke sok tényezőtől függve 2,80 és 3,70 között váltakozik. A must pH-értéke már jelentős mértékben meghatározza a belőle erjesztett bor pH-értékét.

12.4.1.10. Ásványi anyagok

Az ásványi anyagok főleg a szőlő szilárd részeiben helyezkednek el, a szőlőlé és a must aránylag szegény ásványi anyagokban. A szőlőnövény ásványianyag-felvétele függ az időjárástól, a talajtípustól, a tápanyagellátástól, a fajtától és az érettségi állapottól. A legfontosabb és mennyiségben is legjelentősebb ásványi anyagok a szőlőben a kationok közül a kálium, a magnézium, a kalcium, a nátrium, az anionok közül pedig a karbonát, a foszfát, a szulfát és a klorid. Kis mennyiségben előforduló ásványi anyagok a vas, a bór, a szilícium, a mangán, a cink és a réz, nyomokban fordulnak elő benne az alumínium, az ólom, a kadmium, a fluor és a szelén.

A káliumnak fontos szerepe van a transzportfolyamatok szabályozásában; a mustokban 1000-2000 mg/dm³ koncentrációban fordul elő. A kalcium mennyisége a mustokban 40-160 mg/dm³, a magnéziumé 50-160 mg/dm³, a nátriumé pedig 10-20 mg/dm³. Az alumínium mennyisége nem tisztított mustokban 30 mg/dm³, az ülepített mustban viszont csak 1-5 mg/dm³. Az ólom 0,01-0,3 mg/dm³ koncentrációban, a bór 5,3-26,1 mg/dm³, a kadmium 3,4-4,3 mg/dm³, a vas pedig, a gyökéren keresztül feljutva, maximum 4-5 mg/dm³ koncentrációban fordul elő a mustban. A fluor koncentrációja a szőlőben 0,05-0,40 mg/dm³ közötti, a kobalté pedig 0,005 mg/dm³ alatti. A réz koncentrációja a mustban 0,2-4,0 mg/kg közötti, mely réztartalmú permetezőszerekből kerülhet bele. A mangán koncentrációja 0,4-2,5 mg/dm³, a molibdéné 2-3 µg/dm³, a szeléné 0,1-1,0 µg/dm³, a cinké pedig 1-3 mg/dm³ a mustban. A must foszfortartalma, P₂O₅-ben kifejezve, 100-200 mg/dm³.

A must és a bor hamuja az extrakt elhamvasztása után visszamaradó anyagok összessége. A mustok hamutartalma nagyobb, mint a boroké, mert az erjesztés alatt egyes ásványi anyagok oldhatatlan formában kiválnak. A mustok hamutartalma 3 és 5 g/dm³ között ingadozik. A magyar mustok hamutartalma 1,90-7,70 g/dm³, legnagyobb részük 2,5 és 4,0 g/dm³ között van. A must ásványi-anyag-tartalma 100 g tiszta hamura vonatkozóan 500-700 mg kálium (K₂O), 5,80-160 mg foszforsav (P₂O₅), 40-70 mg kalcium (CaO), 20-40 mg kénessav (SO₃), 30-50 mg magnézium (MgO), 20-40 mg kovasav (SiO₂), 10-25 mg nátrium (Na₂O),

20-60 mg klór (Cl), 4-20 mg vas (Fe_2O_3) és nyomokban bór (BO_3). A mustok hamujában mindig több a kalcium, mint a magnézium. A szőlőlé és a must vastartalma rendszerint nem több néhány mg-nál literenként. A mustok réztartalma 1-15 mg/dm³ között változik.

A mustban és a borban a szervetlen savak só formájában, a szerves savak részben szabad sav, részben só formájában vannak jelen. **A must és a bor mindig savas, mert a szerves savak egy része szabad állapotban van.** Hamvasztáskor a szerves savak kötött része karbonáttá alakul, ezért a hamu mindig lúgos kémhatású. A hamualkalitás azt mutatja, hogy egy liter must vagy bor hamujának közömbösítéséhez hány cm³ 1 mólos sav szükséges.

12.4.1.11. Az extrakttartalom

Az extrakttartalom a mustok és borok mindazon anyagainak összessége, amelyek meghatározott fizikai feltételek mellett nem párolognak el, vagyis a **bepárlás után visszamaradó száraz maradék**. A mustból víz, a borból víz, alkohol és más, kis mennyiségű, alacsony és részben magasabb forráspontú anyagok párolognak el. A cukormentes extraktot megkapjuk, ha az összes extraktból levonjuk az 1 g-on felüli cukormennyiséget. A cukor- és savmentes extraktot akkor kapjuk meg, ha a cukormentes extraktból levonjuk a nem illó savak borkősavban kifejezett összegét. A cukormentes extrakt a szerves savak, az ásványi alkotórészek, a nitrogéntartalmú anyagok, a polifenolok és a kolloid anyagok összessége.

12.4.1.12. Redoxpotenciál, oxidáció, redukció

Egy közeg oxidáló és redukáló nivóját a redoxpotenciállal, az ebből kiszámítható rH-értékkel mérik. A borban a Fe^{2+} - és a Cu^+ -ionok autooxidálhatók, oxidált formáik másodlagosan képesek oxidálni az egyéb anyagokat. E rendszerek oxidációs katalizátorokat alkotnak, melyeknek nagy szerepük van a mustok és borok oxidációs reakcióiban. Reverzibilis redoxrendszerek még ezen kívül a borban a kinon–hidrokinon-, a tejsav–piroszőlősav- és az etil-alkohol–acetaldehid-rendszer, és ezen túl még az aszkorbinsav, a dioximaleinsav, a redukton és más hasonló glükózszármazékok is alkotnak redoxrendszert.

A **redoxpotenciál** az a feszültség, amelyet a vizsgálandó oldatba merülő, sima platinaelektrod vesz fel normál hidrogénelektroddal szemben. Redoxrendszer oldatában a feszültség a redukált és oxidált forma arányától, azaz az oldat „oxidáló-redukáló nivójától” függ. Ez a must vagy a bor oxidációs-redukációs feszültsége, redoxpotenciálja. **Mínél oxidáltabb a közeg, annál magasabb a redoxpotenciál**, ezért a must vagy a bor minél jobban levegőztetett, annál magasabb a redoxpotenciál-értéke. Erősen levegőztetett borok redoxpotenciál-értéke eléri a 350-450 mV-ot. Ha a bort levegőtől elzárva tartjuk, redoxpotenciálja fokozatosan a határpotenciál (100-150 mV) csökken.

Az rH-értékkel megadott hidrogéngáz-koncentráció az oxidáló-redukáló nívó kifejezése. A 27,6-nál alacsonyabb rH-érték redukálóoldatokat, a magasabb értékek oxidálóoldatokat jelentenek. Az rH-skála 0 értéke a legredukálóbbról közegnek, a 42-es érték pedig a legoxidáltabb közegnek felel meg. A mustok és borok oxidációs-redukációs nívója összehasonlítására az rH-érték alkalmasabb. Levegő-zött mustok rH-értéke 19-24 közötti, a tokaj-hegyaljai mustok rH-értéke 19-22 közötti. Az erjedés megindulásáig az rH-érték lassan, egy-két egységgel, az erjedés alatt egészen 10-12 értékig rohamosan csökken.

12.5. Az erjedés biokémiája

Borélesztők enzimszere soklépcsős biokémiai folyamatok során alakítja át a monoszacharidokat (glükóz és fruktóz) alkohollá. Az alkoholos erjedés során a mustban található erjeszthető cukrok, a glükóz és a fruktóz, és néhány grammos mennyiségben a szacharóz, melyet a szőlőből származó invertáz enzim elbont, piroszőlőssavvá (piruvát) alakulnak, végső soron az etanol képződik.



A glikolízis során képződött piroszőlőssav dekarboxileződik acetaldehiddé, majd alkohollá redukálódik. A cukormolekula egy része az ún. glicerín-piroszőlőssavas erjedésen megy át.



A piroszőlőssav acetaldehiddé dekarboxileződik, és számos másodlagos termék prekursora lesz. Az alkoholos erjedés során 2 molekula ATP keletkezik.



Az erjedés harminc egymás után bekövetkező reakciót foglal magában. A foszforsavészterek képződése során fruktóz-1,6-difoszfát alakul ki, a trióz-foszfátok képződésekor a hexóz-1-6-difoszfát molekula 2 db három szénatomos molekulára – triózkra – bomlik. A piroszőlőssav keletkezésekor a glicerinaldehid-3-foszfát glicerinsav-3-foszfáttá oxidálódik, majd a glicerinsav-3-foszfátból glicerinsav-2-foszfát, ebből pedig piroszőlőssav keletkezik. Ha oxigén nincs jelen, a piroszőlőssav hidrogénakceptor lehet, és közvetlenül D-tejsavvá alakul. Ha a redukciót dekarboxileződés előzi meg, a piroszőlőssav acetaldehiddé alakul, amiből alkohol képződik. Ha a piroszőlőssav nem tud redukálódni, számos szekunder termék prekursora lesz.

A másodlagos (szekunder) termékek közé tartozik a tejsav, mely ha eléri a 400 mg/dm³-es erjedési tejsav-koncentrációt, akkor a piroszőlősav nem dekarboxileződik, hanem a tejsav-dehidrogenáz katalizálta reakcióban közvetlenül tejsavvá redukálódik. A borélesztők szinte kizárólag D(–)-tejsavat állítanak elő a cukorból. A biológiai almasavbomlás során a tejsavbaktériumokban az L(–)-almasavból L(+)-tejsav keletkezik. **Glicerín képződik a glicerín-piroszőlősavas erjedéskor**, melynek során a dihidroxi-aceton-foszfát glicerín-3-foszfáttá redukálódik, majd glicerinné alakul. A glicerín képződése sokkal nagyobb intenzitású az erjedés induló fázisában. Az acetaldehid és a glicerinaldehid-3-foszfát egyenlő koncentrációja esetén az acetaldehid redukálódik gyorsabban. **A cukor 3-8%-ban alakul glicerinné** a normális erjedési folyamatban, és az erjedés alatt ecetsav is képződhet. Az erjedés kezdetén ecetsav-növekedést, majd ecetsavcsökkenést lehet megfigyelni. Az ecetsav az acetaldehid diszmutációja révén keletkezik:



A képződés másik módja enzimátikus, melynek során az aldehid-dehidrogenáz az acetaldehidet ecetsavvá oxidálja.

Piroszőlősavból is származtatható több másodlagos termék. A piroszőlősav átlagos koncentrációja a borokban 80 mg/dm³, mely számos másodlagos termék keletkezésének kiindulópontja. A piroszőlősav prekursora az acetil-CoA-nak, az acetoinnak és a diacetilnek, melyek két molekula piroszőlősav kondenzációjakor keletkeznek. A diacetil (2,3-butándiol) az acetoin oxidációjával keletkezik 0,5-2,5 mg/dm³-es koncentrációban, de az erjedés anaerob fázisában is keletkezhet az acetoin redukciójával. Maximális koncentrációja borokban 1 g/dm³. **Az almasav piroszőlősavból képződik**, melynek során a piroszőlősav oxálecetsavvá karboxileződik, amit az élesztő almasavvá alakít át. **A borostyánkősav is piroszőlősavból képződik**, melynek során a piroszőlősav almasavvá, az fumársavvá, végül borostyánkősavvá alakul át. A borostyánkősav dekarboxileződése után propionsav keletkezhet. A borostyánkősav az egyik legjellegzetesebb másodlagos erjedési termék, maximális koncentrációja 1,5 g/dm³. A piroszőlősavból citramálsav (metil-almasav) is képződhet, mely az alkoholos erjedés során képződik az ecetsav és a piroszőlősav kondenzációjával. A borokban 0-300 mg/dm³-es koncentrációban fordul elő.

A nitrogéntartalmú összetevők az alkoholos erjedés során lebomlanak. A must nitrogéntartalmú vegyületei az ammónia, az aminosavak, a polipeptidok és a fehérjék. Az aminosavak jelenléte a szubsztrátumban megkönnyíti az erjedést. Az élesztő képes a szubsztrátból közvetlen aminosav-felvételre, az aminosavakból ammónia szabadul fel, amely könnyen asszimilálható, a dezaminálás és dekarboxileződés során pedig magasabbrendű alkoholok képződnek. Így a valinból 2-metil-1-propanol (izobutil-alkohol), a leucinból 3-metil-1-butanol (inaktív izoamilalkohol), az izoleucinból pedig 2-metil-1-butanol (aktív izoamilalkohol)

keletkezik. A magasabbrendű alkoholok az erjeszthető monoszacharidokból is kialakulhatnak az élesztő tevékenysége révén. A magasabbrendű alkoholok közül a legjelentősebbek az 1-propanol, a 2-metil-1-propanol (izobutil-alkohol), a 3-metil-1-butanol (inaktív izoamilalkohol) és a 2-metil-1-butanol (aktív izoamilalkohol). Az élesztő az alkoholok alábbi prekursor-ketosavait szintetizálja: α -ketovajsav (4C), α -ketoizovaleriánsav (5C), α -ketokapronsav (6C), α -keto- β -metilvaleriánsav (6C).

Az alkoholos erjedés során a mustban található szulfátok redukciójával kénhidrogén (H_2S ; $10\text{--}100\text{ }\mu\text{g}/\text{dm}^3$) és szulfit-ionok (SO_3^{2-}) képződnek, és $10\text{--}80\text{ }\mu\text{g}/\text{dm}^3$ SO_2 is keletkezhet.

12.6. A bor kémiai 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 történnek, mely igen lassú, de folyamatosan tart. **Az összetétel a bor-nak 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.

12.6.1. Alkoholok

A borok **metil-alkohol**-tartalma $20\text{--}350\text{ mg}/\text{dm}^3$, ami a szőlő pektinjeinek erjedés alatti hidrolíziséből ered. A törkölyön erjesztett borok, a vörösborok több metil-alkoholt tartalmaznak, és a direkttermő szőlők borában is több a metil-alkohol. $8\text{--}10\text{ g}$ metil-alkohol elfogyasztása súlyos látási zavarokat idézhet elő, $30\text{--}40\text{ g}$ pedig már halálos lehet, ezért kívánatos, hogy a borok metil-alkohol-tartalma minél kisebb legyen. Magyarországi vizsgálatok alapján a borok metil-alkohol-tartalma $21\text{--}293\text{ mg}/\text{dm}^3$, melyek megoszlása a következő: fehérborokban $21\text{--}117$, siller- és vörösborokban $40\text{--}160$, direkttermő borokban $40\text{--}293\text{ mg}/\text{dm}^3$ metil-alkohol található.

Az **etil-alkohol** egyértékű alkohol; forráspontja $78,3\text{ }^\circ\text{C}$; sűrűsége $20\text{ }^\circ\text{C}$ -on $0,7892\text{ g}/\text{cm}^3$. Színtelen, jellegzetes ízű, gyenge illatú folyadék; gyúlékony, kékes lánggal ég; vízzel minden arányban elegyedik. A keletkezett alkohol mennyiségét elsősorban a must cukortartalma szabja meg, ezért a nagyobb cukortartalmú mustokat az élesztők nem tudják bizonyos alkoholfokon felül erjeszteni. Az alkohol a bor természetes védő és tartósító anyaga, ezért **a nagyobb alkoholtartalmú bor jobban ellenáll** a mikroorganizmusok okozta borbetegségeknek, és **a kiemel-**

kedő évjáratok borai mindig nagy alkoholtartalmúak, ezért az alkoholtartalom a bor minőségének egyik igen fontos meghatározója. A borok alkoholtartalma széles határok között, 7-17, szélsőséges esetekben 5-19 v/v% között változik. Az alkohol igen kis része szerves savakkal és aldehidekkel észtereket és acetálokat képez, melyek fontos szerepet játszanak a bukéanyagok kialakulásában.

A két szénatomnál többet tartalmazó, egyértékű alkoholok a **valódi kozmaalkoholok, kozmaolajok**, melyek az alkoholos erjedés melléktermékeként képződnek. Az alkoholos erjedéskor képződő valódi kozmaalkoholok a normál propil-alkohol: $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-OH}$, forráspontja 97,2 °C, mely kellemes szagú folyadék, az izopropil-alkohol: $\text{CH}_3\text{-CH(OH)-CH}_3$, forráspontja 82 °C, az izobutil-alkohol: $(\text{CH}_3)_2\text{=CH-CH}_2\text{OH}$, forráspontja 107 °C, jellemző illatú folyadék, az aktív amil-alkohol: $\text{C}_2\text{H}_5\text{-CH(CH}_3\text{)-CH}_2\text{OH}$, forráspontja 128 °C, optikailag aktív, balra forgató, az izoamil-alkohol: $(\text{CH}_3)_2\text{=CH-CH}_2\text{-CH}_2\text{OH}$, forráspontja 131 °C, jellemző szagú, 40 rész vízben oldható, optikailag inaktív folyadék. A magasabb rendű alkoholok 150-500 mg/dm³-nyi mennyiségben a borok normális alkotórészei. Nagy szerepük van a bor érzékszervi tulajdonságainak, illatanyagainak kialakulásában. Szerves savakkal észtereket, aldehidekkel acetálokat képeznek, melyek kellemes illatú és aromájú vegyületek. A normál propil-alkohol- és az izopropil-alkohol-tartalom néhány mg/dm³, az izobutil-alkohol-tartalom 50-250 mg/dm³, az amil-alkohol-tartalom 100-300 mg/dm³ között változik.

Az alkoholos erjedés másodlagos terméke a **glicerín**. Az első 50 g cukor erjedése alatt keletkezik a bor glicerintartalmának több mint fele; az alkohol után a glicerín a bor legnagyobb mennyiségű alkotórésze, mely **a bor extraktanyagának jelentős részét képezi**. A glicerín lágyaságot, simaságot, bársonyosságot, tességet kölcsönöz a bornak. Mennyisége 6 és 10 g/dm³ között van, és a magyar borok glicerintartalma is 6-10 g/dm³ között változik. A Tokaji szamorodni borok 10-14 g/dm³, az aszúborok 7-24 g/dm³ glicerint tartalmaznak. A magyar borok 0,42-1,46 g/dm³ 2,3-buténglikolt tartalmaznak, mely az erjedés alatt az acetoin redukciójával képződik. A borok 200-700 mg/dm³ mezo-inozidot tartalmaznak; a fehérborok mezo-inozít-tartalma 500 mg/dm³, a vörösboré 300 mg/dm³. A mannit jelenléte a borban rendellenes, hibás erjedésre mutat, melynek következtében koncentrációja 1-30 mg/dm³ lehet. A szorbit kis mennyiségben (100 mg/dm³ alatt) a szőlőből ered.

12.6.2. Cukrok, szerves savak, illósavak, fenolos alkotórészek

A **bor cukrai közül a legjelentősebbek** a D-glükóz, a D-fruktóz, az L-arabinóz, a D-xilóz és a szacharóz. A borok cukortartalma függ a must cukorfokától, az erjedés körülményeitől, az élesztő fajtájától és a bor tárolásától, kezelésétől. A must cukortartalma elérheti a 350-400 g/dm³-t, melyből a száraz bor legfeljebb néhány g/dm³-t tartalmaz. A természetes édes borok cukortartalma néhány grammtól 80-90 g-ig változik literenként. A hexózok közül a glükóz és a fruktóz az édes borok

természetes alkotórésze. A mustban a glükóz és fruktóz aránya megközelítőleg 1, édes borokban ez az arány kisebb, megközelítően 0,50. A száraz borok glükóztartalma néhány tized g/dm^3 , fruktóztartalma 1-2 g/dm^3 . Az édes borok glükóztartalma néhány grammtól 30 g-ig, fruktóztartalma 60 g-ig változik literenként. A pentózok, az L-arabinóz, a D-xilóz és a rammóz nem erjeszthetők, a mustból változatlanul kerülnek be a borba, és 2-3 g/dm^3 -en felül már érezhető az ízük az érzékszervi bírálatnál.

A **szerves savaktól** ered a borok savas tulajdonsága. Az L-borkósav a szőlő és a bor jellegzetes, legfontosabb, legerősebb és legjobban disszociáló sava, a hidrogénionok mennyiségét legjobban növeli, ezért a bor pH-értéke nagymértékben függ a borkóssavtartalomtól, melynek maximális értékét a must borkóssavtartalma szabja meg. Az erjedéskor a kálium-bitartarát (borkő) kicsapódása folytán mennyisége csökken, ugyanis a keletkező alkohol miatt csökken az oldhatósága. A borkóssav mennyisége 1 és 5 g között változhat literenként.

A borostyánkőssav mennyisége 0,5 és 1,5 g/dm^3 mennyiségben változik az erjedés körülményei szerint. Az L-almasav szerepet játszik a szőlő érettségi állapotának meghatározásában, mert a fiatal borok zöld íze, nyersessége az almasavnak tulajdonítható. Koncentrációja a zöld szőlőtől az érett borig az érési, alkoholos folyamatokon keresztül állandóan csökken. A borok almasavtartalma 0-8 g/dm^3 . A citromsav a szőlő és a bor természetes alkotórésze, a Fe^{3+} -iont megköti, így meggátolja a vasas töréseket. A tejsav az alkoholos erjedés alatt 1 g/dm^3 -nyi mennyiségben képződik cukorból, de az erjedés lefolyásától függően koncentrációja elérheti az 5 g/dm^3 -t is. Az erjedéstől kezdve koncentrációja állandóan nő. Az ecetsav az egészséges mustokban csak nyomokban mutatható ki. Az erjedés folyamán mindig keletkezik ecetsav, mely maximumát akkor éri el, amikor a cukor fele kiejert. Az ecetsav mennyisége 0,6-0,8 g literenként, mely a fejlődés és a tárolás alatt csak növekedhet.

Az **illó savak** közül a hangyasav 50 mg/dm^3 -ig mindig kimutatható a borban; propionsavat az egészséges borok csak nyomokban tartalmaznak; vajsav pedig 10-20 mg/dm^3 mennyiségben fordul elő az egészséges borban. Egyéb szerves savak a borokban a glikolsav, a glioxisav, a mezooxálsav, a glicerinsav, a szacharinsav, melyek nyomokban fordulnak elő, nincs borászati jelentőségük. A glükonsav jelenléte bizonyítja, hogy az édes bor nemes rothadású szőlőből származik. A mustok és a borok 120 mg/dm^3 glükonsavat tartalmaznak. A glükuronsavat a nemesrothadásra vagy rothadásra átment szőlőkben mutatták ki. A borban 0,40-1,25 mg/dm^3 mennyiségben található.

A **bor fenolos alkotórészei** közül az antocianinok a szőlőben monomerként, esetenként acilezett formában vannak jelen. Hideg hatására a színyanyagok molekuláris állapotból kolloidális állapotba mennek, majd kicsapódnak. A bor tisztításakor, tisztításakor a színyanyag 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 kondenzációs me-

chanizmus valószínűleg kopolimerizáció, de valamely tanninmolekula kapcsolódó közbelépésével lejártsódhat kondenzáció is. A kopolimerizációs és a kationos polimerizációs átalakulások a vörösborok érzékszervi tulajdonságait nagymértékben befolyásolják. 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 antocianin-koncentráció átlagosan 25%-kal csökken.

12.6.3. A vörösborok színe objektív meghatározásának lehetőségei

A vörösboroknál nagyon fontos minőségi követelmény az elegáns vörös szín, mely több vegyület összehatásának az eredménye. A különböző borokban az egyes színanyagkomponensek különböző arányban vannak jelen, melyek pH-függőek. A fiatal vörösbor spektrumát 420 nm-en vizsgálva minimumot, 520 nm-en maximumot kapunk. A két hullámhosszon mért abszorbanciaértékek jól jellemzik a vörösborok színerősségét, színárnyalatát (színtónusát), ugyanis 420 nm-en a barna színű polifenol-vegyületeket, 520 nm-en pedig a vörös színű antocianinokat mérjük. A két érték összege a vörösbor színerősségét, hányadosa színtónusát, a barna szín arányát határozza meg.

A színtónus (T) értékei a következők lehetnek:

T = 0,50–0,80,	a vörösbor színárnyalata jó,
T = 0,80–1,00,	a bor barnatörésre hajlamos,
T > 1,00,	a bor barnatörött.

A színintenzitás (I) értékei a bortípustól függően:

I ≤ 0,70,	„rozé” típusú bor,
I ≤ 1,00,	„siller” típusú bor,
I = 1,00–2,00,	kadarka típus,
I = 2,00–3,00,	„pecsenye” vörösbor,
I = 3,00–4,00,	„minőségi” vörösbor,
I = 4,00–5,50,	„különleges minőségű” vörösbor,
I = 8,00–10,00,	gyenge festőbor,
I = 10,00–15,00,	közepes festőbor,
I = 15,00–20,00,	kiváló festőbor.

A színindex függ a kénessav-koncentrációtól, ugyanis 100 mg/dm³ kénessav-koncentrációváltozás 1,00 egység színindexváltozást eredményez. A színtónus is függ a kénessav-koncentrációtól, mert a kénessav az antocianin vegyületeket színteleníti el, ezért a T színtónus növekedni fog. A színindex függ a pH-tól is, mert az antocianin-monomerek érzékenyek a pH változására. Az antocianin-kon-

centráció csökkenése az érlelés folyamán nem tekinthető színanyagvesztésnek, a monomer-antocianinok egy része ugyanis polimerizálódik, a polimer színanyagok pedig a pH-ra szinte teljesen érzéketlenek. A fél-, egyéves vörösborok színanyagainak 30-40%-át polimer vegyületek alkotják. A színindex és a színtónus időbeli változása sok tényezőtől (tárolás, hőmérséklet, adott bor kémiai összetétele stb.) függ. A bor színindexe az első 6-10 hónapban növekszik, utána csökken, majd színtónusa idővel újból növekszik.

12.6.4. A bor nitrogéntartalmú anyagai

A borban kevesebb a nitrogéntartalmú anyag, mint a szőlőben és a mustban, mert **az erjedés alatt az élesztők a nitrogénvegyületek egy részét felhasználják.** A borok összes nitrogéntartalma $50\text{--}1800\text{ mg/dm}^3$, ez $0,3\text{--}11,3\text{ g/dm}^3$ nitrogénvegyületnek felel meg, ami a bor extrakttartalmának 20-30%-át is kiteheti. A bor nitrogénvegyületei az ammóniumkation (NH_4^+), az amidok, az aminosavak, a biogén aminok, a polipeptidek, a peptonok és a fehérjék (proteinek).

Az ammóniumkation mennyisége a borban néhány mg-tól 150 mg-ig terjed literenként. Az amidok közül a borban az aszparagin és a glutamin fordul elő, melyek koncentrációja az összes nitrogéntartalom 1-2%-a, néhány mg/dm^3 . Az aminosavak a borok összes nitrogéntartalmának 10-40%-át teszik ki. A fehérborok amino-nitrogénje 10-25%-a, a vörösboroké 20-40%-a az összes nitrogénnek. Az aminosavak közül a glicin, a lizin és a cisztin nem változik az erjedés alatt, a többiek mennyisége 75-90%-kal is csökken, az arginin, a hisztidin, a tirozin és a prolin mennyisége viszont növekszik az erjedés folyamán.

A **borok biogénamin-koncentrációja** az egyéb élelmiszerekhez képest elenyészően alacsony. A borral bevitt csekély amin felhalmozódik, és az arra érzékenyeknél allergiás tüneteket okozhat. A magyar borokban a hisztamin, a tiramin, a triptamin, a kadaverin, a fenil-etil-amin, a putreszcín és ritkábban a szerotonin fordul elő. A vörösborokban általában magasabb a hisztamin, illetve a tiramin koncentrációja. A magyar borok hisztaminkoncentrációja $0,17\text{--}2,50\text{ mg/dm}^3$ közötti. A kadaverin a fehérborokban $0\text{--}0,30$, a vörösborokban $0\text{--}0,90\text{ mg/dm}^3$ koncentrációban fordul elő. Ezek az értékek az etil aminra $0\text{--}0,40$ és $0\text{--}0,80$, a hisztaminra $0,17\text{--}1,25$ és $0,59\text{--}2,20$, a metil-aminra $0,21\text{--}1,30$ és $0,30\text{--}0,87$, a β -fenil-etil-aminra 0 és $0\text{--}0,78$, a putreszcínre $0,31\text{--}1,78$ és $0,45\text{--}5,49$, a szerotoninra $0\text{--}0,75$ és $0\text{--}1,07$, a tiraminra $0,01\text{--}1,10$ és $0,30\text{--}0,95$, a triptamin pedig sem a fehér-, sem a vörösborokban nem fordul elő.

A polipeptidek és a peptonok nitrogénjének mennyisége 60-90%-a a bor összes nitrogénjének. A fehérjenitrogén a bor összes nitrogéntartalmának csak néhány százaléka. A fehérjenitrogén-tartalom a magyar borokban $7\text{--}120\text{ mg/dm}^3$, ami $44\text{--}750\text{ mg/dm}^3$ fehérjét jelent. A mustok és borok tartalmaznak oldható szőlőfehérjét, mely a bor természetes ászkolása alatt lassan denaturálódik, kiválik, zavarosodást, majd csapadékot okozhat.

12.6.5. Pektinek és poliszacharidok

A musthoz képest a bor pektintartalma kisebb: 0,1-0,2 g/dm³, melynek nagy része az erjesztés alatt kicsapódik, az erjedés folyamán nagymértékben denaturálódik. A gumik polimerizált cukoranhidridek, melyek kémiaiilag arabánok, az arabinóz anhidridjei, néha pedig galaktánok, melyek a borban 0,1-3,0 mg/dm³ koncentrációban találhatók, és amelyek mennyisége az ászkolás alatt csökken. A nyálkaanyagok és a mézgák közül jelentősebbek a glükózánok, a glükózanhidrid egységek és a dextrán, melyek néhány tized g/dm³ koncentrációban találhatók a borban.

12.6.6. A bor aromaanyagai

A bor aromakomponensei tartalmazzák a szőlőben, illetve a mustban megtalálható vegyületeket, melyek kiegészülnek az erjedés során képződött aromahordozó vegyületekkel. A borban előforduló íz- és illatanyagok a kémiai csoportosítás szerint az alábbiak: aldehidek és ketonok, acetálok; észterek; laktonok és más oxigéntartalmú heterociklusos vegyületek; terpének és oxigénszármazékaik; nitrogéntartalmú vegyületek; kéntartalmú aromák és polifenolok.

A szőlőben kevés aldehyd fordul elő, mert az aldehidek alkohollá redukálódnak, a hexanalok és a hexenalok pedig részt vesznek a fűillat kialakításában. A legnagyobb mennyiségű borban található aldehyd az acetaldehyd, mely az illatküszöb feletti mennyiségben kellemetlen szagú, az erjedés vége felé viszont koncentrációja minimálisra csökken. Az acetaldehyd a kénessavval reakcióba lép, és felhasználódik a procianidinek polimerizációjában. Egyéb borban előforduló aldehidek a furfural, az 5-hidroximetil-3-furánaldehyd (furfurol), a fenolaldehidek (a fahéjaldehyd és a vanillin), valamint a benzaldehyd. **A borban előforduló ketonok** a nor-izoprenoid, a damascenon, az α -ionon és a β -ionon, melyek több szőlőfajta aromaanyagainak kialakításában vesznek részt. A diacetyl a vajra emlékeztető, nemkívánatos szagot eredményez, mely borbetegségekre utal, és melyet bizonyos tejsavbaktériumok tevékenysége okoz. Az acetálok akkor keletkeznek, amikor egy aldehyd reagál két alkohol hidroxilcsoportjával. A borban jelentéktelen koncentrációban fordulnak elő.

A borokban mintegy 160 speciális észtert azonosítottak, amelyek csak alacsony (mg/dm³, μ g/dm³) koncentrációban vannak jelen. Gyümölcstillatra emlékeztetnek, fontosak a fiatal borok aromájának kialakításában. A monokarbonsav-észterek közül a legfontosabbak **etil-alkoholból és telített karbonsavból képződnek**. Gyümölcsészterek az izoamil-acetát, amely banán, és a benzil-acetát, amely almaillatot mutat. Az aminosavak etil- és metilészterei mg/dm³ nagyságrendben fordulnak elő. Az erjedés végén a gyümölcsészterek hidrolizálnak alkoholra és ecetsavra, mely az aromajelleg csökkenésével, laposodásával jár. Az alacsony erjedési hőmérséklet elősegíti a gyümölcsészterek (izoamil-, izobutil- és hexil-acetát) képződését, a magasabb hőmérsékletek pedig a hidrolízisnek kedveznek.

Az etil-acetát mennyisége egészséges borokban általában 50 és 100 mg/dm³ között van. Alacsony (50 mg/dm³) vagy ez alatti koncentrációban kellemes, 150 mg/dm³ felett már savanyú, ecetjellegű, kellemetlen szagot ad.

A laktonok és más oxigéntartalmú heterociklusos vegyületek közül a borban a γ -laktonok fordulnak elő, melyek a szőlőből kerülnek a borba, és az erjedés és az érés folyamán is képződhetnek. A terpének és oxigénszármazékaik fontos szerepet játszanak a gyógynövény ízesítésű és a gyümölcsízű borok illatában. Az egészséges szőlő terpénalkohol-tartalma stabil, de mennyisége csökken a tárolás alatt, így az illat kialakításában a szerepe csekély. A muskotály a linalool-tól származó lilomra emlékeztető illata folyamatosan felcserélődik az α -terpineol dohos fenyőre emlékeztető illatával.

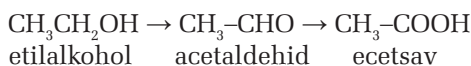
A nitrogéntartalmú aromák közül jelentősebbek a pirazinok, melyek gyűrűs nitrogéntartalmú vegyületek. A 2-metoxi-3-izobutil-pirazin a zöldpaprika, a sauvignon blanc és a cabernet sauvignon borok illatának kialakításában vesz részt. A piridinek (2-acetil-tetrahidro piridin) szerepe az „egéríz” kialakítása. Kén-hidrogén és szerves kénvegyületek csak nyomokban fordulnak elő a kész borban. Érzékszervi küszöbértékük néhány pg/dm³. A kén-hidrogént az elemi kén redukciójával élesztők termelik, amely a szüreti időszakban megtalálható a szőlőn. A merkaptánok szénhidrogénláncához kapcsolódó szulfidhidril-, vagyis SH-csoportokból állnak. A 2-merkaptó-etanol részt vesz az ún. „bakszag” kialakításában, a dimetil-szulfid (CH₃-S-CH₃) pedig rákra emlékeztető szagot okoz. A tiofének (2-metil-tiofén-3-ol) gyenge hagymaszagot okoznak, a tioészterek (3-etil-merkaptó-propionát) pedig a „rókaíz” adják.

12.6.7. Polifenolok az aromaképzésben

A flavonoid-fenolok a vörösborok ízét és zamatát alkotják, az antocianinok viszont kevésbé befolyásolják a bor ízét. A legjobban érezhető ízű anyagok a vörösborokban a katechinek és polimerjeik, a procianidinek és a kondenzált tanninok, melyek a keserű és húzós ízérzetet adják. A tirozin kb. 25 mg/dm³ kritikus mennyiségben hozzájárul a fehérbor keserű ízének kialakításához, a 2-fenil-etanol és a metil-antranilát viszont a borsíz kialakulásáért felelős. Az aceto-vanillinnak enyhe, vaníliára emlékeztető illata van, a 2-fenil-etanol pedig rózsára emlékeztető illatú. Néhány illó fenilszármazék még a 2-fenil-etanol, a vanillin és a cingeron. A szőlő hidroxi-fahéjsav-észterei illó fenolokká alakulnak. Az eugenol általános fűszeres jelleget ad, a guajakol pedig édeskés, füstre emlékeztető illatú. Fontos fenil-aldehidek a vanillin és a sziringaldehid, amelyeknek vaníliaillatuk van. Az 5-hidroxi-metil-2-furánaldehid (oximetil-furfurol) a kamillára emlékeztető illatú.

12.6.8. Jellegzetes ízhibát okozó vegyületek borban

A szőlőfajtából eredő aromahibák a szamócaíz, a ribizliíz, a rókaíz, a burgonya- és zöldpaprikaíz, valamint az orvosságíz. Az erjedésből és a további mikrobiológiai folyamatokból eredő ízhibák az ecetíz, a savanyúkáposzta-íz, a „Böckser” íz, az egéríz, az orvosságíz és a lóistállóíz. A tárolás során, hordós érleléssel vagy szennyeződéssel a borba kerülő, nemkívánatos aromaanyagok okozzák a dugóízt és a kerozinízt. Ecetíz mikrobiológiai folyamatok, az ecetsav megemelkedett mennyisége okozzák. Ha a borban az illósavak koncentrációja 0,8 g/dm³ körüli, vagy több mint 90 g/dm³ etil-acetát van jelen, erős „illóíz” jelentkezik, ha az etil-acetát több mint 200 g/dm³, érezhető ecetíz tapasztalható. Az ecetsavképződés mechanizmusa során mindkét alábbi reakciót az alkohol-dehidrogenáz enzim katalizálja:



A hosszabb szénláncú aldehidek is oxidálódhatnak savakká.

A szőlőfajtából származó ízhibák közül a szamócaízt a furaneol nevű vegyület okozza, melynek érzékszervi küszöbkonzentrációja 100-150 µg/dm³. A burgonyacsíra és a zöldpaprikaízt a 2-alkil-3-metoxipirazinok, melyek ízküszöbértéke 2-150 ng/dm³, és a 2-propil-3-metoxi-pirazin okozzák, mely a borokban 0,6-38 ng/dm³ koncentrációban fordul elő. Az orvosságíz okozói az illékony fenolvegyületek. Ha a vinilfenol-tartalom >700 µg/dm³, akkor nagyon kifejezetten érezhető az orvosságíz. A 4-etil-guajakol lóistállóízt és -szagot okoz. Az egéríz, mely az egérvizeletre emlékeztet, olyan borokban alakul ki, amelyek nem kaptak megfelelő kénezést, savtartalmuk alacsony, pH-juk pedig magas. A böckser (bakszag) kialakulását különböző kéntartalmú vegyületek okozzák.

A tárolás során vagy szennyezésként a borba kerülő ízhibák közé tartozik a petróleumíz, melyet a karotionidok bomlásából származó szén-hidrogének okoznak. A dugóízt és a penészízt a dugók mikrobiális fertőzöttsége és a szabad klór jelenléte együttesen okozza. A korai öregedési íz kiváltó vegyülete a 2-amino-acetofenon, melynek nagyobb mennyiségéért a stresszreakciók (szárazság, kevesebb tápanyag – főleg a nitrogéné –, a szőlő nagyobb terhelése) felelősek.

A must ásványianyag-tartalma változik az erjedés alatt, mert egyes anyagokat az élesztő használ fel, mások pedig oldhatatlan sók alakjában kiválnak. A bor normális klorid (Cl⁻) tartalma kicsi, 20-200 mg/dm³, de a sós, szikes talajon termesztett szőlők borai 1 g/dm³ kloridot is tartalmazhatnak. A szulfát (SO₄²⁻) 50-100 mg/dm³-nyi mennyiségben a szőlőből ered. A kénessav egy része kénsavvá oxidálódik, az ászkolás során a borok szulfáttartalma növekszik, de az 1 g/dm³-t ritkán haladja meg, általában 200-500 mg/dm³. A magyar borokban 200-540 mg/dm³ foszfátot (PO₄³⁻) találtak, melynek tizedrésze szerves kötésben van. A magyar borokban 0-52 mg/dm³ szilikátot (SiO₃²⁻) mutattak ki. A bromid (Br⁻) kis

mennyiségben (0,1-0,8 mg/dm³), a fluorid (F⁻) pedig 1 mg/dm³ körüli koncentrációban mutatható ki a borokban. A jodid (I⁻) igen kis mennyiségben, néhány tized mg/dm³ koncentrációban, a borok normális alkotórésze. A borok 10-80 mg/dm³ „bórsavban” kifejezett borátot (BO₄³⁻) tartalmazznak. Nitrátot (NO₃⁻) a szőlő, a must és a bor csak nyomokban tartalmaz.

A borokban 100-1800 mg/dm³ kálium (K⁺) van. A káliumtartalom 400-1600 mg/dm³ között, a legtöbb esetben 600-1000 mg/dm³ között változik. A borban a nátrium (Na⁺) mennyisége 10-200 mg/dm³ közötti, a magyar borokban 10-50 mg/dm³ nátrium található. A borok kalciumtartalmának (Ca²⁺) határt szab a kalcium-tartarát csekély oldhatósága, ezért a borok kalciumtartalma csak 50-160 mg/dm³ között ingadozik. A magnézium (Mg²⁺) minden borban előforduló sója könnyen oldható, mennyisége a musttól kezdve a kész borig nem változik, a borok magnéziumtartalma 60-140 mg/dm³. A szőlőlé eredeti vastartalma (Fe²⁺) 2-5 mg/dm³ között van, a borok vastartalma erősen változó, 5-15 mg/dm³ közötti.

Néhány tized mg/dm³ réz (Cu²⁺) a szőlőből származik, de ennél lényegesen több a kerül a réztartalmú védőszerekből a borba. A mustok réztartalma 20-30 mg/dm³-t is elérheti, az újborok réztartalma viszont rendszerint 1 mg/dm³ alatt van. A borok réztartalma a legtöbb esetben 0,1-2,0 mg/dm³. Néhány mg/dm³-nyi mennyiségben az alumínium (Al³⁺) rendes alkotórésze a bornak, mennyisége 50 mg/dm³-nél mindig kevesebb. A mangán (Mn²⁺) 1-2 mg/dm³ koncentrációban található a szőlőben, míg a borok mangántartalma 0,2-5 mg/dm³ közötti. A mustok 0,5 mg/dm³-nél kisebb mennyiségben tartalmazzák az ólmot (Pb²⁺), míg a borokban 0,1-0,4 mg/dm³ az ólomtartalom, melynek maximális értékét 0,6 mg/dm³-ben szabták meg. A cink (Zn²⁺) normális mennyisége 0,1-5 mg/dm³, az arzén (As³⁺) pedig 0,01 mg/dm³ koncentrációban van jelen a borban, és 1 mg/dm³ feletti arzéntartalmú bor fogyasztása már veszélyes!

12.6.9. Vitaminok a borban

A borból teljesen hiányoznak a zsírolldható, az A-, a D-, az E- és a K-vitamin, a vízoldható vitaminok közül pedig **az aszkorbinsav hiányzik a borból**, ugyanis az erjedés alatt a mustban esetleg jelen levő C-vitamin is lebomlik. A többi vízoldható vitamin kisebb-nagyobb mennyiségben megtalálható a borban, melyek legnagyobb része a szőlőből származik, de az élesztők is szintetizálnak vitaminokat. A bor mint B₁-vitamin (tiamin) forrás alig jön számításba, mert mennyisége egy liter vörösbortan kevesebb mint 10 µg, a fehérborban pedig 10 µg körüli. (A továbbiakban az első érték a vörösborra, a második a fehérborra vonatkozik.) A vörösborkok jóval több B₂-vitamint (riboflavin) (177-32 µg) tartalmazznak, mint a mustok, mert a vörösborkokban a színezékek megvédik az elbomlástól. A B₆-vitaminból (piridoxin) (0,35-0,31 mg) 1 liter bor kb. a napi szükséglet tizedrészét biztosítja, míg B₁₂-vitaminból (kobalamin) (0,06-0,07 µg) 1 liter bor a napi szükséglet 6-7%-át fedezi. A bor jelentős H-vitamin (biotin) (2,1-2,0 µg) forrás, 1 liter

bor a napi szükséglet ötödét fedezi. PP-vitaminból (nikotinsav-amid) (1,36-0,82 mg) 1 liter bor a napi szükséglet 5-10%-át, pantoténsavból (0,98-0,82 mg) a napi szükségletnek csak tizedét fedezi. A bor mint folsavforrás (pteroil-glutaminsav) (2-2 μ g) alig jöhet számításba. 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**.

12.7. A bor fejlődésének kémiaja

A hordóban érlelt minőségi borok a tárolási idő alatt mélyreható kémiai és fizikai változásokon mennek keresztül, ezek **a bor érése, jellegének kialakulása, öregedése és elvényülése**. Az érlelés során bekövetkező változások lehetnek fizikai jelenségek (az alkohol és a víz elpárolgása, az élesztősejtek kiülepedése) és fizikai-kémiai jelenségek (a borkő és a kalcium-tartarát képződése, illetve kicsapódása), a kolloidok koagulációja és flokkulációja (fehérjék, tanninok és színanyagok), a polifenol-vegyületek oxidációja, az acetálcépződés az aldehidek és az alkohol között, a kötött- és illósavak észtereződése alkoholokkal), és biológiai-biokémiai változások (a maradékcukor kiejedése – utóerjedés –, biológiai almasavbomlás, az aminosavak alkoholos erjedése, az élesztők önmészése (autolízis)).

12.7.1. Oxidációs-redukciós jelenségek a borokban

A borok literenként, 20 °C-on, 5,6-6,0 cm³, 12 °C-on 6,3-6,7 cm³ oxigént oldanak. A borban lévő szén-dioxid nagyobb mennyisége az oxigén oldódását jelentősen lassítja. Az oldott oxigén változó sebességgel kötődik a bor oxidálható anyagaihoz. A vas és a réz katalizálja az oxidációt, együttes jelenlétük erősíti a katalitikus hatást.

12.7.2. A bor tárolása, érése során képződő aromaanyagok

Az érés alatt alakul ki az **oxidatív buké**, melynek során aldehidek és acetálok képződnek. A vörösbörök fahordós tárolása során a fából kioldódnak az aromadús fenolvegyületek (vanillin, eugenol, whisky-lakton), melyek jelentősen alakítják a bor ízét és zamatát. A **reduktív buké** kialakulása során az észtertartalom változik, az acetálok mennyisége és a gyümölcsíz, a frissesség csökken, a mono- és dikarbonsav-etil-észterek mennyisége pedig nő. Megjelennek a karotin- és a szénhidrát-bomlástermékek, a terpénvegyületek reakciói során viszont a linalool, a geraniol és a hotrienol mennyisége csökken, és az α -terpineol, valamint a nem illatos hidroxilinalool és nerol-oxid képződik.

12.8. A vörösbór mint funkcionális élelmiszer

12.8.1. A vörösbór egészségvédő szerepe

A kutatások szerint a vörösbór kismértékű fogyasztása kedvező lehet az emberi szervezetre. Ezzel párhuzamosan felmerül a kérdés, hogy **miért is funkcionális élelmiszer a vörösbór**, és nem funkcionális a szőlő vagy a szőlőlé? A legtöbb fejlett országban az étrend magas zsír-, telítettsírsav és koleszterintartalma, a jelentős energiabevitel összefüggésbe hozható a szív- és érrendszeri betegségekkel. Mediterrán országokban (különösen Franciaországban) nincs ilyen összefüggés. Eltérés csak az étrend összetételében és a rendszeres vörösbórfogyasztásban van, így összefüggést sejtene a mérsékelt alkoholfogyasztás és a csökkent kardiovaszkuláris megbetegedések között. Az alkoholt nem fogyasztók hajlama a betegségekre kicsit magasabb, mint a mérsékelt, 12-24 g alkoholnak megfelelő italt fogyasztóké, de mindenhol hangsúlyozzák, hogy a nagyivók az alkohol toxikus hatásai miatt korán halnak.

12.8.2. A mérsékelt vörösbórfogyasztás hatásai

A vörösbór (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 csökkenti a (rossz) LDL-t. Az alkohol indukálja a HDL-koleszterin egyik fehérjekomponense, az apoprotein A-1 keletkezését. A különböző alkoholos italok hatása nem egyenértékű. Legkedvezőbb hatású a vörösbórfogyasztás. A másfél-három deci vörösbórt 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 vörösbórba, és a vörösbórok jellegzetes csersavas aromáját is fenolos vegyületek eredményezik. A fehérbór összes fenoltartalma 170-300 mg/l, a vörösbór 1800-4000 mg/l.

A vörösbór jótékony hatásának háttérében 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 -tokoferolszintjével lehet magyarázni. A lipofil antioxidánsok (BHT) megakadályozzák az LDL oxidációját, és a vörösbórban található polifenolos vegyületek is antioxidánsként viselkednek. A boreredetű fenolos komponensek LDL-oxidációt gátló hatásúak, így a relatív antioxidáns-aktivitás szoros összefüggésben van a bór 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 (3,4,5-trihidroxisztilbén) fungicid hatású, mely gátolja az LDL-oxidációt, a fehérjéhez kötött antioxidáns aktivitása pedig a kvercetinével és az α -tokoferollal azonos. A polifenolok jól kötődnek az LDL-hez, és endogén antioxidáns (C- és E-vitamin) analógokként viselkednek. Egy másik kísérletben négy hétig tartó rendszeres vörösborfogyasztás után az LDL-koleszterin polifenoltartalma szignifikánsan megnőtt.

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 ciklooxygenáz 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.

Magyarországi vörösborokkal végzett vizsgálatok az alábbi eredményeket hozták: A vörösborok összes polifenoltartalma 1040-3400 mg/l között változott. 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 hidroxidok bomlása következik be.

Összefoglalva: a vörösbor összetevői közül kedvező hatású maga az alkohol, és a szőlőből, a bogyóból, a magból és a héjből származó fenolos jellegű molekulák. A fenolos vegyületek változatos kémiai szerkezetükből adódóan redoxipotenciáljuk 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 100-300 ml, nőknek 100-200 ml, kulturált, étkezéshez kapcsolódó fogyasztása elméletileg csökkentheti a szív- és érrendszeri megbetegedések arányát.

FELHASZNÁLT ÉS AJÁNLOTT IRODALOM

- Aredes-Fernández, P. A.–Vaquero, M. J. R.–Apud, G. R.–Stivala, M. G.
2016 *Bioactive compounds in wine. Recent advances and perspectives*.
Nova Science Publishers, 1–133.
- Baghci, D.–Preuss, H. G.–Swaroop, A.
2016 *Nutraceuticals and functional foods in human health and disease*.
CRC Press, Taylor & Francis Group, 1–729.
- Buglass, A. J.
2011 *Handbook of alcoholic beverages. Technical, analytical and nutritional aspects*. John Wiley & Sons, 1–1167.
- Chandan, R. C.–Kilara, A.
2006 *Manufacturing yogurt and fermented milk*. Wiley-Blackwell, 1–479.
- Cox, J.
1999 *From vines to wines. The complete guide to growing grapes and making your own wine*. United States, Versa Press, 1–235.
- Csapó J.–Csapóné Kiss Zs. (szerk.)
2006 *Élelmiszer- és takarmányfehérjék minősítése*. Budapest, Mezőgazda Kiadó. (Társszerzők: Babinszky L.–Győri Z.–Simonné Sarkadi L.–Schmidt J.), 1–451.
- Csapó J.–Csapóné Kiss Zs.
2009 A tehéntej táplálkozástudományi szempontból legfontosabb összetevői. I. Fehérjertartalom és aminosav-összetétel, zsírtartalom és zsírsav-összetétel. In: Kukovics S. (szerk.): *A tej szerepe a humán táplálkozásban*. Budapest, Melánia Kiadó, 147–165.
- Csapó J.–Csapóné Kiss Zs.
2009 A tehéntej táplálkozástudományi szempontból legfontosabb összetevői. II. Laktóz-, ásványianyag- és vitamintartalom. In: Kukovics S. (szerk.): *A tej szerepe a humán táplálkozásban*. Budapest, Melánia Kiadó, 167–186.
- Csapó J.–Csapóné Kiss Zs.
2002 *A tej és tejtermékek szerepe a táplálkozásban*. Budapest, Mezőgazda Kiadó, 1–464.
- Csapó J.–Csapóné Kiss Zs.
2004 *Élelmiszerkémia*. Budapest, Mezőgazda Kiadó, 1–492.
- Csapó J.–Holló I.–Holló G.–Salamon R. V.–Salamon Sz.–Vargáné Visi É.–Csapóné Kiss Zs.
2014 Szelénnel dúsított tej és tejtermékek előállítása. (Production of milk and dairy foods enriched with selenium). *Tejgazdaság* 74. 35–45.

- Csapó J.–Salamon R.
2006 *Tejipari technológia és minőségellenőrzés*. Kolozsvár, Scientia Kiadó, 1–164.
- Csapó J.–Schäffer B.
2001 A tej tulajdonságai. In: Szakály S. (szerk.): *Tejgazdaságtan*. Budapest, Dinasztia Kiadó, 64–82.
- Csapó J.–Vargáné Visi É.–Salamon R. V.–Salamon Sz.–Csapóné Kiss Zs.
2014 Tejsavbaktériumok által termelt exopoliszacharidok és oligoszacharidok szerkezeti és mennyiségi analízise. (Structural and quantitative analysis of exopolysaccharides and oligosaccharides produced by lactic acid bacteria). *Tejgazdaság* 74. 3–17.
- 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.
2000 Élelmiszereink. Alapvető élelmiszerek. Tej és tejtermékek. In: Hajós Gy.–Zajkás G. (szerk.): *A táplálkozás egészségkönyve*. Budapest, Kossuth Kiadó, 131–143.
- Csapóné Kiss Zs.–Kukovics S.–Csapó J.
2009 A juh- és kecsketej táplálkozástudományi szempontból legfontosabb összetevői. In: Kukovics S. (szerk.): *A tej szerepe a humán táplálkozásban*. Budapest, Melánia Kiadó, 187–206.
- Ghosh, D.–Das, S.–Baghchi, D.–Smarta, R. B.
2013 *Innovation in healthy and functional foods*. CRC Press, Taylor & Francis Group, 1–598.
- Kanekanian, A.
2014 *Milk and dairy products as functional foods*. Wiley Blackwell, 1–406.
- Kristbergsson, K.–Ötles, S.
2016 *Functional properties of traditional foods*. New York, Springer Science+Business Media, 1–369.
- Kristinsson, H.
2014 *Antioxidants and functional compounds in aquatic foods*. Wiley Blackwell, 1–341.
- Law, B. A.–Tamime, A. Y.
2010 *Technology of cheesemaking*. Wiley-Blackwell, 1–515.

- Moreno-Arribas, M. V.–Sualdea, B. B.
2016 *Wine safety, consumer preference, and human health*. Springer, 1–329.
- Noorhorm, A.–Ahmad, I.–Anal, A. K.
2014 *Functional foods and dietary supplements. Processing, effect and health benefits*. Wiley Blackwell, 1–527.
- Ottaway, P. B.
2008 *Food fortification and supplementation. Technology, safety and regulatory aspects*. Woodhead Publishing Limited, 1–297.
- Prokisch, J.
2010 *Funkcionális élelmiszerek hatóanyagai. I. Vitaminok*. Debrecen, Center Print Kft., 1–59.
- Salter, A.–Wiseman, H.–Tucker, G.
2012 *Phytonutrients*. Wiley Blackwell, 1–316.
- Shi, J.–Mazza, G.–Le Maguer, M.
2002 *Functional foods. Biochemical and processing aspects*. CRC Press, 1–542.
- Shi, J.
2016 *Functional food ingredients and nutraceuticals: Processing technologies*. CRC Press, Taylor & Francis Group, 1–681.
- Skinner, M.–Hunter, D.
2013 *Bioactives in fruit. Health benefits and functional foods*. Wiley Blackwell, 1–530.
- Skinner, M.–Hunter, D.
2013 *Bioactives in fruit. Health benefits and functional foods*. John Wiley & Sons, 1–529.
- Smith, J.–Charter, E.
2010 *Functional food products development*. Wiley Blackwell, 1–537.
- Wallace, T.–Guisti, M. M.
2014 *Antocyanins in health and disease*. CRC Press, Taylor & Francis Group, 1–362.
- Wilson, T.–Temple, N. J.
2016 *Beverage impacts in health and nutrition*. Human Press, 1–378.

Abstract

Functional foods

The functional foods contain such components in an appropriate quantity which have a positive impact on the living functions, contribute to the prevention of diseases, have healthcare effects, and overall positive effects on the human body. In functional foods, the quantity of some of the components can be more, but it can be less as well if the less is in some aspects useful for the body. In relation to functional food, it should be tested what are the components added to the food, what effect can be expected from such a food, what is the component from which the impact is expected, and what will be the product which is bought by the consumer. The physiological effects of functional foods, the expectations of the consumers in relation to the functional foods, the processes of technology of functional food making, the food safety related to functional foods, and the legislation should definitely be clarified. It is such a new area of food production where the development of the technology, its impact, and its acceptance by the customers happen today; therefore, the producers and the consumers guide the processes together, which a few decades later could be incorporated into traditional food production.

As to our knowledge, we are among the few faculties who have courses on this topic for university students both in Hungary and in Transylvania. On the part of the students, the demand was to summarize the knowledge and to publish them in printed form. Our book titled 'Functional foods' was prepared for the MSc university students of the Sapientia Hungarian University of Transylvania, Faculty of Miercurea Ciuc. We hope that this book will help for the prospective food engineers both in BSc and in MSC training and perhaps for the prospective students of new courses during their study. When writing the book, we had to follow with attention that the subject is taught only in a few hours for the students and that this knowledge had to be harmonized with other stores of learning related to food sciences taught in other courses of the training. Therefore, we intended to write such a book which only partially touches upon the previously learned knowledge, negotiates healthy foods with a new approach and which the students can utilize during the courses on other subjects.

In the first part of the book, the students can learn about the basic concepts, then the functional food made by fortification is discussed. A significant part was dedicated to the bioactive compounds of milk and their production and, closely linked to this chapter, the prebiotics, probiotics, and symbiotics are negotiated. In this chapter, we discuss the operation of the human microflora and the possibilities of influencing its operation. In the next part, we deal with the role

of meat in human nutrition and with soya, which is one of the most important high-protein-containing plant-based food materials. We describe the beneficial effects of selenium-enriched foods and the possibilities of the enrichments. We discuss the role of egg, plant and lipids of animal origin, cereals, vegetables and fruits, after which the edible sprouts in functional food production. Finally, we discuss the chemical-biochemical processes during the production of one of the most popular excise goods, the red wine, and the functional, health protection characteristics of the red wine is also evaluated.

During the writing of the book, we tried to frame up the chapters in a way that they should be connected to subjects of basic knowledge, so that the students can associate their previous knowledge with the concept of functionality. During the writing process, we were in a difficult situation because although, there are many books published mainly on the international scene in the topic of the research of functional foods, we are not aware of such books, which would organize this knowledge as it is needed for the undergraduate training. The errors remained in the text and the incompleteness are only the 'merit' of the authors. We kindly ask the Reader to draw our attention to these. Finally, we would like to express our grateful thanks to our lectors, to Prof. Dr. Pál Szakál and Dr. Péter Sipos, and to the editors for their conscientious work.

Rezumat

Alimente functionale

Alimentele funcționale conțin într-o proporție adecvată o serie de constituenți care au un efect pozitiv asupra funcțiilor vitale ale organismului, previn o serie de maladii, protejând sănătatea, și în general au acțiune pozitivă asupra organismului uman. În alimentele funcționale anumite componente pot fi în plus sau în minus, în funcție de necesitățile concrete ale organismului. În elaborarea alimentelor funcționale este necesară definirea acelor compuși ai căror conținut trebuie ajustat, studierea efectelor acestora, modul în care își manifestă efectul în organism, și estimat modul de acceptare a produsului de consumator. În elaborarea alimentelor funcționale trebuie elucidate efectul fiziologic, așteptările consumatorilor față de un astfel de aliment, natura și parametrii proceselor componente de obținere, aspectele privind siguranța alimentară și reglementările legale. Domeniul alimentelor funcționale este relativ nou în cadrul industriei alimentare, ca atare elaborarea tehnologiei de fabricație, a influenței acesteia asupra calității, gradul de acceptare de către consumator a produsului se petrec simultan, din acest motiv procesatorii și consumatorii cooperează în definirea proceselor concrete de obținere care în decursul a câțiva ani se vor integra în domeniul tehnologiilor tradiționale alimentare.

Disciplina numită *Alimente funcționale* este predată în puține universități din Transilvania și chiar din Ungaria în structura sa actuală. Elaborarea și publicarea unui manual cu includerea cunoștințelor generale validate a apărut la solicitarea cursanților specializării Biotehnologii sustenabile de la Facultatea de Științe Economice, Socio-Umane și Inginerești – Miercurea Ciuc Universității Sapiientia din Cluj-Napoca. Sperăm că informațiile prezentului manual vor servi nu numai cursanților din domeniul Ingineriei produselor alimentare (nivelul BSc. și MSc.) ci și celor de la specializări înrudite.

La elaborarea acestui manual s-a avut în vedere atât numărul de ore alocate în planul de învățământ, cât și corelarea cunoștințelor cu cele furnizate de celelalte discipline din domeniu. Din acest motiv ne-am străduit să realizăm un manual care apelează într-o măsură adecvată la cunoștințele anterioare, prezentând într-o lumină nouă alimentele sănătoase. Informațiile furnizate pot fi valorificate de cursanți în înțelegerea celorlalte discipline predate.

În primul capitol al manualului sunt prezentate noțiunile de bază, apoi cursanții pot face cunoștință cu alimentele funcționale obținute prin îmbogățire/aditivare. O parte importantă se referă la componentele bioactive ale laptelui, la obținerea acestora, și legat de acestea, sunt tratate probioticele, prebioticele și simbioticele. În acest capitol se prezintă microflora organismului uman, modul

de acțiune și de modificare a funcționării acesteia. În capitolul următor se prezintă rolul cărnii în alimentație și se descrie utilizarea soiei și a produselor derivate din aceasta. Sunt prezentate acțiunile benefice ale alimentelor îmbogățite cu seleniu și modul de îmbogățire. Se tratează rolul ouălor, al grăsimilor de origine vegetală și animală, a cerealelor, a legumelor și fructelor, iar apoi a germenilor în obținerea de alimente funcționale. În final sunt analizate procesele chimice și biochimice ce au loc la obținerea unuia dintre cele mai agreate produse, vinul roșu, concomitent cu evidențierea caracterului funcțional al acestuia și al rolului său în menținerea sănătății.

În redactarea manualului ne-am străduit să elaborăm o structură adecvată, astfel ca informațiile prezentate să apeleze la disciplinele anterioare, pentru a înțelege pe deplin noțiunea de aliment funcțional. Lipsa unor cărți din literatura tehnică autohtonă care să abordeze prezentarea subiectului în sistemul de învățământ gradual a fost surmontată prin lecturarea unor tratate de specialitate din domeniul cercetării, proiectării și obținerii alimentelor funcționale.

Fiind la prima ediție suntem conștienți că materialul este perfectibil. De aceea rugăm cititorii să ne semnaleze eventualele greșeli și omisiuni. În final am dori să mulțumim lectorilor noștri, prof. dr. Pál Szakál și dr. Péter Sipos, pentru munca lor conștiincioasă fără de care cititorul nu ar putea lectura acest manual.

A KÖNYV SZERZŐI

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, a biokémia, a toxikológia, a műszeres analitika és a funkcionális élelmiszerek tárgyakból 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.

Dr. Csapó János az MTA doktora, egyetemi tanár, okleveles vegyész, több mint 42 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. 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, a PhD-hallgatóknak pedig az Állattermék-előállítás biokémiája, az Élelmiszerkémia, a Modern módszerek az élelmiszeranalitikában és az Élelmiszer- és takarmányanalitika című tárgyakat.

Csapóné Dr. Kiss Zsuzsanna okleveles vegyész, tudományos munkatárs, jelenleg nyugdíjas, négy évtizeden át foglalkozott élelmiszerek és takarmányok összetételének meghatározásával, elsősorban makro- és mikroelemeinek elemzésével. Doktori disszertációjában eltérő genotípusú szarvasmarhák kolosztrum- és tejösszetételét vizsgálta, és tudományos munkáját is – az analitikai kémia mellett – nagyrészt ezen a területen fejtette ki. A graduális és posztgraduális képzésben oktatta a kémia, a biokémia és az élelmiszer-kémia című tárgyakat.

This image shows a full page of dot grid paper. The background is white, and it is covered with a uniform grid of small, dark grey dots. The dots are arranged in straight horizontal and vertical lines, creating a pattern of small squares across the entire page. There are no margins, text, or other markings present.

SAPIENTIA TANKÖNYVEK SOROZAT KÖTETEI

Megjelent:

Varga Attila

Alkotmányjogi és államszervezési alapismeretek. 2003.

Roth Endre

Szociológia és társadalom. 2004.

Albert-Lőrincz Enikő

A csoportokkal való munka módszertani kérdései. 2004.

Albert-Lőrincz Enikő

Önpusztító lázadás. A drogfogyasztás mint kóros viselkedésminta. 2004.

Bakacsi Gyula

Szervezeti magatartás és vezetés. 2004.

Antal-Mokos Zoltán–Balaton Károly–Drótos György–Tari Ernő

Stratégia és szervezés. 2005.

Bakacsi Gyula–Bokor Attila–Császár Csaba–Gelei András–

Kováts Klaudia–Takács Sándor

Stratégiai emberi erőforrás menedzsment. 2005.

Dobák Miklós és munkatársai

Szervezeti formák és vezetés. 2005.

Márton László Ferenc

Jelek és rendszerek. 2006.

Puskás Attila

Idült vénás betegségek. Patológia, diagnózis, terápia. 2007.

Dósa Zoltán

Tanulás, emlékezés, képzelet. 2007.

Ambrus Zoltán

Szociálpszichológia. Alapismeretek, feladatok, gyakorlatok. 2008.

Hollanda Dénes

A forgácsolás alapjai. 2008.

Márton Lőrinc

Irányítástechnika. 2009.

Nótári Tamás

Római köz- és magánjog. 2011.

Csapó János (szerk.)–Fenyvessy József–Csanádi József–Csapóné Kiss Zsuzsanna

Tejipari technológia. Tej és tejtermékek a táplálkozásban. 2014.

Csapó János–Albert Csilla–Csapóné Kiss Zsuzsanna

Élelmiszer-hamisítás és kimutatása. 2016.

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

Korrektúra:

Szenkovics Enikő

Műszaki szerkesztés:

Dobos Piroska

Tipográfia:

Könczey Elemér

Készült a kolozsvári Idea nyomdában

100 példányban

Igazgató: Nagy Péter

s a p i e n t i a
t a n k ö n y v e k

ISBN 978-606-975-001-8

