

Csapó János – Albert Csilla – Csapóné Kiss Zsuzsanna

ÉLELMISZERHAMISÍTÁS

Lektorálta:

Prof. Dr. Szakál Pál, egyetemi tanár

Dr. Sipos Péter, egyetemi docens



**Debreceni Egyetem,
Mezőgazdaság-, Élelmiszer-tudományi és
Környezetgazdálkodási Kar,
Élelmiszer-technológiai Intézet**

ÉLELMISZERHAMISÍTÁS

Csapó János – Albert Csilla – Csapóné Kiss Zsuzsanna

Debrecen

2016

Lektorálta:

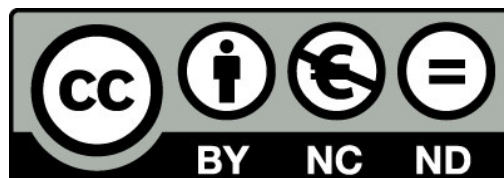
Prof. Dr. Szakál Pál, egyetemi tanár

Dr. Sipos Péter, egyetemi docens

ISBN 978-963-473-936-4



© Debreceeni Egyetemi Kiadó Debreceeni University Press,



Kiadta a Debreceeni Egyetemi Kiadó Debreceeni University Press

www.dupress.hu

Felelős kiadó: Karácsony Gyöngyi

Tartalomjegyzék

	Oldal
Bevezetés	10
1. Az élelmiszerhamisításról általában	15
1.1. Hamisítják-e napjainkban az élelmiszert?	15
1.2. Az élelmiszer hamisítás és annak jogi háttere	17
1.2.1. Mit jelent az élelmiszerhamisítás?	17
1.2.2. Hogyan lehet az élelmiszerhamisítás ellen küzdeni?	18
1.2.3. Milyen hatósági intézkedéseket lehet tenni az élelmiszerhamisítás felderítése esetén?	18
1.2.4. Milyen szankciókat lehet hozni az élelmiszerhamisítás esetén?	19
1.2.5. A hamisítás elleni országos szervezetek	19
1.2.6. A hamisítás elleni nemzeti stratégia	20
1.2.7. Milyen előnyei várhatóak az élelmiszerhamisítás elleni fellépésnek?	23
1.2.8. Egy-két példa az élelmiszerhamisítások témaköréből	23
1.2.9. Büntethető-e a hamisítás	25
2. Speciális élelmiszerhamisítási esetek és a hamisítások kimutatása	26
2.1. Tej és tejtermékek hamisítása	26
2.1.1. A különféle állatfajtáktól származó tejek és azok hamisítása	26
2.1.1.1. A bivalytej tehéntejjel történő hamisítása	29
2.1.1.2. Az anyatej hamisítása egyéb tejekkel	30
2.1.2. Szójatej a tehéntejben	30
2.1.3. A savó és az író kimutatása a tejből	37
2.1.4. Savófehérje a tejtermékekben	38
2.1.5. Tejporból előállított (újraalkotott) tej	39
2.1.6. A tej és tejtermék hamisítás egyéb lehetőségei	39
2.1.6.1. Egyéb zsiradékok a tejben, a vajban és a ghee-ben	40
2.1.6.2. A tej vizezése és annak kimutatása	50
2.1.7. A tej és tejtermékek hőkezeltségének meghatározása	52
2.1.7.1. A peroxidáz enzim kimutatása Storch-féle próbával	53
2.1.7.2. A foszfatáz enzim mennyiségi meghatározása a 2,6-dibrómkinon-klórimid-fenol reakció segítségével	53
2.1.7.3. A foszfatáz enzim kimutatása hidrogén-orto-krezolftalein foszfáttal	54
2.1.8. A gyulladáscsökkentőből származó kóros összetételű tej kimutatása	54
2.1.9. A fogyasztásra alkalmatlan, romlott tej mennyiségének kimutatása alizarin teszttel	55
2.2. A hús és a húspari termékek hamisítása	56
2.2.1. A különböző fajok hújának azonosítása	58
2.2.1.1. Elektroforézis	58
2.2.1.2. Poliakrilamid gélelektroforézis	59
2.2.1.3. Poliakrilamid gélelektroforézis izoelektromos fókuszálás	59
2.2.1.4. Poliakrilamid gélelektroforézis nátrium dodecil szulfáttal	60
2.2.1.5. Immunológiai módszerek	60
2.2.2. Egyéb módszerek a húshamisítás kimutatására	63
2.2.2.1. Zsír- és zsírsavanalízis	69
2.2.2.2. Ásványi anyagok analízise	70
2.2.2.3. Biokémiai indexek alkalmazása a húshamisításban	70
2.2.3. A hús frissességének meghatározása	71
2.2.3.1. A fehérje bomlástermékeinek analízise	72
2.2.3.2. Az összes illékony bázis analízise	72
2.2.3.3. Az aminosav nitrogén és a szabad aminosavak meghatározása	73
2.2.3.4. Az aminok mérése	80

2.2.3.5. Az indol meghatározása	81
2.2.3.6. A zsír bomlástermékeinek analízise	81
2.2.3.7. Nukleinsav bomlástermékek	82
2.2.3.8. Egyéb módszerek a hús romlottságának kimutatására	83
2.2.4. A hús és a hal minőségének műszeres mérése	83
2.2.4. A hústartalmú ételek minősítése	84
2.2.4.1. A húsételek szennyezettségének kimutatása	85
2.2.4.2. A darált húsok minőségének meghatározása	86
2.2.5. Húsadalékok és kiegészítők	86
2.3. Gabonafélék, szennyeződések és hamisítások kimutatása	87
2.3.1. Szennyeződések a gabonában	90
2.3.1.1. A különféle gabonakeverékek és azok hatása a tulajdonságokra	91
2.3.2. A különféle rizsfajták megkülönböztetése	97
2.3.3. Gabonafélék, hüvelyesek és keverékeik	97
2.3.4. A minőséget befolyásoló indexek a búza- és egyéb liszteknel	97
2.3.4. A gabonafélék és a belőlük készített termékek mikrobiológiai minősítésére szolgáló módszerek	98
2.4. Zöldségek, gyümölcsök és belőlük készült élelmiszerek	100
2.4.1. A gyümölcs és zöldséglevék minősítésére alkalmas vizsgálatok	102
2.4.1.1. Szerves savak és más egyéb kiegészítők	106
2.4.2. Héj homogenizátum kimutatása citrom- és narancsfélék levéből	108
2.4.3. A gyümölcslevek vízzel való hígítása	108
2.4.4. Vitaminok	110
2.4.5. Stabil izotópok analízise	115
2.4.6. Gyümölcslevek egymáshoz keverésének kimutatása	116
2.4.7. Gyümölcsök és zöldségek érettségi és romlottsági fokára utaló paraméterek	120
2.5. Étkezési olajok és zsírok	121
2.5.1. A tárolás során lejátszódó változások mérésére alkalmas indikátorok	122
2.5.2. A hőkezelt olajok kimutatására alkalmas indikátorok	123
2.5.3. Toxikus szennyeződések és összetevők	125
2.5.4. Módszerek a különféle egymáshoz kevert olajok kimutatására	126
2.5.5. A növényi olajok valamint a tengeri származású és állati zsírok elegyítésének kimutatása	129
2.5.6. A zsírok és olajok egyéb szennyezőanyagai	130
2.5.7. Egyéb speciális komponensek az egyes olajok kimutatására	130
2.5.8. Az egymáshoz kevert állati zsiradékok analízise	131
2.6. Az élelmiszerek minőségében bekövetkező változások nyomon követése az előállítás során	131
2.6.1. A hőkezelés hatása az élelmiszer összetételére	132
2.6.2. Kémiai markerek a hőkezelés kimutatására	136
2.6.3. A friss és a fagyasztott majd kiengedett élelmiszerek megkülönböztetése	137
2.6.4. A tárolás során bekövetkező változások becslésére alkalmas indexek	138
2.6.5. Az élelmiszerek besugárzását jelző indikátorok	139
2.7. Példák a közelmúltból az élelmiszerek hamisítására	143
2.7.1. Csecsemőtápszerek hamisítása melaminnal és a hamisítás kimutatása	143
2.7.2. A taumatin édesítőszer hamisítása és annak kimutatására alkalmas módszerek	146
2.7.3. Az élelmiszerek dioxintartalma és hatása az emberi szervezetre; a dioxin kimutatása	152
2.7.4. A méz hamisítása és annak kimutatása	155
2.8. A bor és annak hamisítása	163
2.8.1. A szőlő, a must és a bor kémiai összetétele	163
2.8.1.1. A szőlő érésének biokémiája	163

2.8.1.2. A must kémiai összetétele	167
2.8.1.3. Az erjedés biokémiája	177
2.8.1.4. A bor kémiai összetétele	179
2.8.1.5. A bor fejlődésének kémiája	189
2.8.7. Borhamisítás	190
2.8.2.1. A borhamisítás definíciója	190
2.8.2.2. A borhamisítás történeti áttekintése	190
2.8.2.3. A borhamisítás leleplezésére alkalmas korabeli módszerek	191
2.8.2.4. A borhamisítás jelenlegi helyzete	192
2.8.2.5. Néhány példa a bor hamisításának kimutatására nagyműszeres analitikai kémiai technikákkal	195
2.9. A pálinka és annak hamisítása	196
2.9.1. A pálinka definíciója	196
2.9.2. A pálinka története	196
2.9.3. A pálinkafajták csoportosítása	198
2.9.4. A pálinka nyersanyagai, minőségi követelmények	198
2.9.5. A pálinka készítés technológiája	200
2.9.5.1. Az alapanyagok átvétele és minősítése	200
2.9.5.2. A cefrézés	201
2.9.5.3. Lepárlás	203
2.9.5.4. A pálinka tárolása, érlelése, házasítása	206
2.9.5.5. A pálinka íz és illatszerkezetének kialakítása, a pálinkaaromák	207
2.9.6. Eredetvédett pálinkák, különféle pálinkafajták	209
2.9.7. A pálinka minősége, a hamisítás lehetősége	210
2.9.7.1. A pálinka metil-alkohol tartalma	211
2.9.7.2. A pálinka etil-karbamát tartalma	212
2.9.7.3. Egyéb, egészségre ártalmas anyagok a pálinkában	214
Felhasznált irodalom	215

Contents

	Page
Introduction	10
1. In general about food falsification	15
1.1. Are the foods sophisticated nowadays?	15
1.2. Food sophistication and its legal background	17
1.2.1. What is food sophistication?	17
1.2.2. How can food falsification be overcome?	18
1.2.3. What kind of official measures may be taken at the discovery of food sophistication?	18
1.2.4. What kind of penalties may be taken in the case of food sophistication?	19
1.2.5. National organizations against food sophistication	19
1.2.6. National strategy against food sophistication	20
1.2.7. What kind of advantages can be expected against food sophisticated actions?	23
1.2.8. Some examples from the topic of food sophistication	23
1.2.9. Can food sophistication be punished?	25
2. Special food sophistication cases and the demonstration of the sophistication	26
2.1. Sophistication of milk and dairy products	26
2.1.1. Milk from different animals and their sophistication	26
2.1.1.1. Sophistication of buffalo milk with cow milk	29
2.1.1.2. Sophistication of mother's milk with different type of milks	30
2.1.2. Soy milk in cow's milk	30
2.1.3. Demonstration of the whey and buttermilk	37
2.1.4. Whey protein in dairy products	38
2.1.5. Reconstituted milk from milk powder	39
2.1.6. Other possibilities of adulteration of milk and dairy products	39
2.1.6.1. Other fats in milk, butter and ghee	40
2.1.6.2. Demonstration of the dilution of milk with water	50
2.1.7. Determination of heat treatment of milk and dairy products	52
2.1.7.1. Demonstration of the peroxidase enzyme by Storch trial	53
2.1.7.2. Determination of the quantity of phosphatase enzyme by the reaction of 2,6,-dibromochinone-chlorimid-phenol reaction	53
2.1.7.3. Demonstration of the phosphatase enzyme by hydrogene-orto-krezolphtalein-phosphate	54
2.1.8. Determination of the quantity of milk from inflamed udder	54
2.1.9. Demonstration of the decayed milk which is unsuitable for consumption	55
2.2. Sophistication of meat and meat products	56
2.2.1. Identification of the meat from different species	58
2.2.1.1. Electrophoresis	58
2.2.1.2. Polyacrilamid-gelelectrophoresis	59
2.2.1.3. Polyacrilamid-gelelectrophoresis isoelectric phocusing	59
2.2.1.4. Polyacrilamid-gelelectrophoresis with sodium-dodecil-sulphate	60
2.2.1.5. Immunological methods	60
2.2.2. Other methods for the demonstration of meat sophistication	63
2.2.2.1. Fat and fatty acid analysis	69
2.2.2.2. Analysis of minerals	70
2.2.2.3. Using biochemical indexes in meat sophistication	70
2.2.3. Determination of the freshness of meat	71
2.2.3.1. Analysis of the decomposition products of protein	72
2.2.3.2. Analysis of the volatile basis	72
2.2.3.3. Determination of the amino nitrogen and free amino acids	73
2.2.3.4. Measurements of amines	80
2.2.3.5. Determination of the indole	81

2.2.3.6. Analysis of the decomposition products of fat	81
2.2.3.7. Decomposition products of nucleic acids	82
2.2.3.8. Other methods for demonstration of the rankness of meat	83
2.2.4. Instrumental analysis of the quality of meat and fish	83
2.2.4. Qualifying the foods made from meat	84
2.2.4.1. Demonstration of the contaminants in flesh foods	85
2.2.4.2. Determination of the quality of minced meat	86
2.2.5. Meat additives and accessories	86
2.3. Food grains, contaminants and demonstration of sophistication	87
2.3.1. Contaminants in grain	90
2.3.1.1. Different mixed grains	91
2.3.2. Differentiation of the rice varieties	97
2.3.3. Grains, legumes and their blends	97
2.3.4. Qualifying indices at wheat and other flours	97
2.3.4. Methods for determination of the microbial quality of grains and grain products	98
2.4. Fruits, vegetables and their products	100
2.4.1. Examinations for qualification of fruit and vegetable juices	102
2.4.1.1. Organic acids and other accessories	106
2.4.2. Demonstration of shell homogenizate from lemon and orange juices	108
2.4.3. Dilution of the fruit juices with water	108
2.4.4. Vitamins	110
2.4.5. Analysis of stabile isotopes	115
2.4.6. Demonstration of the mixing of different fruit juices	116
2.4.7. Parameters indicating the degree of maturation and depravity of fruits	120
2.5. Edible oils and fats	121
2.5.1. Indicators measuring changes during storage	122
2.5.2. Indicators demonstrating the heat treatment of oils	123
2.5.3. Toxic contaminants and adulterants	125
2.5.4. Methods for demonstration of the admixtures, blends, contaminants and adulterants of one fat in another	126
2.5.5. Demonstration of the blends of vegetable oils and fats from marine and animal origin	129
2.5.6. Other contaminants in fats and oils	130
2.5.7. Special components for demonstrating the each oil	130
2.5.8. Analysis of the blend's animal fats	131
2.6. Investigation of the changes in the quality during food processing	131
2.6.1. The effect of heat treatment for the composition of food	132
2.6.2. Chemical markers for the demonstration of heat treatment	136
2.6.3. Differentiation of the frozen and thawed foods	137
2.6.4. Indices for the demonstration of the changes during storage	138
2.6.5. Indices for marking the irradiation of the foods	139
2.7. Examples for food adulteration from the recent years	143
2.7.1. Adulteration of the baby formulas with melamine and its demonstration	143
2.7.2. Adulteration of the taumatin sweetener and the methods capable for demonstration	146
2.7.3. Effect of the dioxin content of foods for the human body and its demonstration	152
2.7.4. Adulteration of the honey, and its demonstration	155
2.8. The wine and the adulteration of the wine	163
2.8.1. Chemical composition of the grape, must and wine	163
2.8.1.1. Biochemistry of the maturation of grape	163
2.8.1.2. Chemical composition of the must	167
2.8.1.3. Biochemistry of fermentation	177
2.8.1.4. The chemical composition of the wine	179
2.8.1.5. Chemistry of wine development	189

2.8.7. Adulteration of the wine	190
2.8.2.1. Definition of wine adulteration	190
2.8.2.2. Historic overview of wine adulteration	190
2.8.2.3. Contemporary methods for unveiling a wine	191
2.8.2.4. The current position of wine adulteration	192
2.8.2.5. Some methods for the demonstration of wine adulteration by instrumental analytical chemical methods	195
2.9. The schnaps and the adulteration of the schnaps	196
2.9.1. Definition of the schnaps	196
2.9.2. History of the schnaps	196
2.9.3. Grouping of the ardent spirits	198
2.9.4. Raw material of the schnaps, quality requirements	198
2.9.5. Technology of schnaps making	200
2.9.5.1. Taking over and qualification of basic materials	200
2.9.5.2. Cefr�z�s	200
2.9.5.3. Distillation	203
2.9.5.4. Tankage, maturation and blending of schnaps	206
2.9.5.5 Design of flavour and scent content of schnaps, savour of schnaps	207
2.9.6. Controlled appellations schnaps, different ardent spirits	209
2.9.7. Quality of schnaps, option of adulteration	210
2.9.7.1. Methanol content of schnaps	211
2.9.7.2. Ethyl-carbamate content of schnaps	212
2.9.7.3. Other, harmful to health materials in schnaps	214
Literature	215

A könyv szerzői

Dr. Albert Csilla gyógyszerész, 2001-ben végzett a Marosvásárhelyi Orvosi és Gyógyszerészeti Egyetemen. Két éves 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 gyógyszeripari biotechnológa, a klasszikus és a műszeres analitika 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. Jelenleg funkcionális tejtermékek fejlesztésével, kutatócsoport vezetőjeként pedig a fehérje lizinnel történő kiegészítésével 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. Ezernél több publikációjára több mint 1200 hivatkozást kapott. A graduális és posztgraduális valamint a doktori képzésben oktatja a Biokémia, az Élelmiszer-kémia, a Mezőgazdasági kémia, a Tej és tejtermékek a táplálkozásban, az Élelmiszer- és takarmányfehérjék minősítése, a Tejipari technológia, 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. Angol nyelvű kurzusai. Biochemistry, Food chemistry, Analytical chemistry, Food and feed analysis.

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.

Bevezetés

Amióta az emberiség elkezdett élelmiszereket termelni, az élelmiszertermeléssel együtt megjelent az élelmiszer-hamisítás. Az élelmiszer-hamisítás legelső írásos emlékei az ókorból maradtak ránk, amikor is Hammurábi törvényei tiltják a gyenge minőségű vagy a túlzottan drága sörök árusítását, és aki ezeket a törvényeket megszegte, komoly büntetésre számíthatott; ez a tevékenység akár az életébe is kerülhetett. Írásos emlékeink vannak arról, hogy a Római Birodalomban hamisították, elsősorban vizezték a bort, amit ugyancsak szigorúan büntettek. Napjainkban a lelketlen élelmiszer-termelők és -kereskedők szinte mindent hamisítanak, ezért a hamisítással párhuzamosan kidolgoztak olyan eljárásokat, amelyek alkalmasak hamis élelmiszerek kimutatására, a hamisítás tényéről adnak információt.

Az újabb korokban hamisították például a tejet, hisz annak a vizezése, a víz olcsó és könnyen elérhető volta miatt, egyszerűen megvalósítható. Angliában az 1800-as éveket megelőzően a tej kútvízzel történő hamisítása napi gyakorlat volt, ami csak akkor szorult vissza, amikor az 1800-as évek végén olyan kémiai módszereket dolgoztak ki, amelyekkel a tejhamisítást ki tudták mutatni. A tejhamisítás ma sem szünetel, hisz ismereteink szerint bizonyos országokban és vidékeken napi gyakorlat a vizezés elfedése só hozzáadásával, esetenként étolajat és detergenset adnak a tejhez zsírtartalmának megnövelésére.

Ugyancsak jelentős mennyiségben hamisítják a tejből készült és rendkívül drága sajtokat. Az első hamisításra az Egyesült Államokban az 1870-es években került sor, amikor rájöttek, hogy a jó minőségű wisconsini sajtokat olcsó zsírokkal, például disznózsírral hamisították, azok tömegének megnövelése céljából. Mióta a hamisítás ténye kiderült, az ilyen sajtok exportja visszaesett, elveszítették jó hírüket, melynek visszaszerzése hosszú évtizedeket vett igénybe. A hamisítás ténye ma sem szűnt meg, hisz a nagyon drága sajtokat ma is próbálják utánozni, holott ezek minősége meg sem közelíti az esetenként több évig érlelt, kiváló minőségű, éppen ezért keresett és nagyon drága sajtokat.

Az „Élelmiszerhamisítás” könyvünk a Debreceni Egyetem, Mezőgazdaság-, Élelmiszer-tudományi és Környezetgazdálkodási Kar hallgatói számára készült. Reményeink szerint e könyvet a leendő élelmiszermérnökök 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 a karon kialakult hagyományokra, hogy a könyvben szereplő analitikai módszerek kapcsolódjanak az egyéb tárgyak keretében oktatott anyaghoz, ezért egy olyan könyvet szerettünk volna írni, melyet a hallgatók több tárgy gyakorlati oktatása során is hasznosítani tudnak.

A könyv a leggyakrabban előforduló élelmiszerek hamisításával, és a hamisítás kimutatásainak lehetőségeivel foglalkozik. Az általános fejezetben tárgyalásra kerülnek az élelmiszer hamisítás és annak jogi háttere, hogy milyen hatósági intézkedéseket lehet tenni az élelmiszerhamisítás esetén, a hamisítás elleni országos szervezetek, a hamisítás elleni nemzeti stratégia, hogy milyen előnyei várhatóak az élelmiszerhamisítás elleni fellépésnek, és hogy büntethető-e a hamisítás. Ezt követően speciális élelmiszerhamisítási esetek és a hamisítások kerülnek ismertetésre. Írunk a tej és tejtermékek hamisításáról, ezen belül a különféle állatfajtáktól származó tejelekről és azok hamisításáról, az anyatej hamisításáról egyéb tejekkel, a szójatejről a tehéntejben, a savó és az író kimutatásáról, a tej vizezéséről és annak kimutatásáról, a tej és tejtermékek hőkezeltségének meghatározásáról, és a gyulladáscsökkentőből származó kóros összetételű tej, valamint a fogyasztásra alkalmatlan, romlott tej mennyiségének kimutatásáról.

A következő fejezetben a hús és a húspari termékek hamisításáról, ezen belül többek között a különböző fajok húsának azonosításáról, a hús frissességének meghatározásáról, a hús és a hal műszeres minőségének méréséről, a hústartalmú ételek minőségéről, a húselektromos szennyezettségének kimutatásáról, a darált húsok minőségének meghatározásáról, és a húsadalékokról és kiegészítőkről van szó. A gabonafélék szennyeződéseinek és hamisításának kimutatása során a gabonában előforduló szennyeződésekre, a különféle gabonakeverékekre és azok hatásáról a tulajdonságokra, a különféle rizsfajták megkülönböztetésére, a gabonafélék, hüvelyesek és keverékeik hamisítására, a búza és a lisztek minőségét befolyásoló indexekre, és a gabonafélék és a belőlük készített termékek mikrobiológiai minősítésére szolgáló módszerekre térünk ki.

A zöldségek, gyümölcsök és belőlük készült élelmiszerek hamisítási lehetőségeinek ismertetése során tárgyaljuk a gyümölcs és zöldséglevelek minősítésére alkalmas vizsgálatokat, a gyümölcslevelek egymáshoz keverésének kimutatását, és a gyümölcsök és zöldségek érettségi és romlottsági fokára utaló paramétereket. Ezt követi az étkezési olajok és zsírok hamisításának lehetőségeit tárgyaló fejezet, majd a technológia hatását tárgyaljuk az élelmiszerek összetételére. A könyv egy olyan fejezettel zárul, mely a közelmúlt nagy botrányt keverő élelmiszerhamisításait tárgyalja, melynek során ismertetésre kerülnek a csecsemőtápszerek hamisítása melaminnal és a hamisítás kimutatása, a taumatin édesítőszer hamisítása és annak kimutatására alkalmas módszerek, az élelmiszerek dioxintartalma, hatása az emberi szervezetre és a dioxin kimutatása, valamint a méz hamisítása és annak kimutatása. Nemzeti italunk, a bor hamisítása kapcsán az olvasó megismerkedhet a szőlő, a must és a bor kémiai összetételével, a borkészítés során lezajló biokémiai változásokkal, a bor fejlődésének kémiájával, tárgyaljuk a borhamisítás leleplezésére alkalmazott korabeli módszereket, a borhamisítás jelenlegi helyzetét, és ismertetünk néhány példát hamisításának kimutatására nagyműszeres analitikai kémiai technikákkal. A fejezetet a pálinka

előállításával, és a pálinka hamisításának kimutatására alkalmas analitikai módszerek ismertetésével zárul.

A könyv írása során igyekeztünk a fejezeteket úgy összeállítani, hogy azok megismerésére és végzésére az Élelmiszer-tudományi- és az Élelmiszer-technológiai Intézet műszereire és eszközeire alapozva a hallgatóknak lehetőségük legyen. A fejezetek egy részében röviden szólunk azokról az analitikai módszerekről, mellyel a hamisítás ténye kimutatható. A fejezeteket próbáltuk úgy egymásra építeni, hogy a hallgató az egyszerűbb vizsgálatoktól folyamatosan jusson el a bonyolultabb vizsgálatokig, megismerve a hamisított élelmiszerek felderítésének legfontosabb lépéseit.

Végül hálás köszönetemet szeretnék kifejezni Lektorainknak, prof. Dr. Szakál Pál egyetemi tanárnak és Dr. Sipos Péter egyetemi docensnek, és a szerkesztőknek lelkiismeretes munkájukért. A jegyzetben maradt hibák kizárólag a szerzők "érdemei". Kérjük az Olvasókat, szíveskedjenek ezekre a figyelmet felhívni.

Debrecen, 2016. május 5.

Csapóné Dr. Kiss Zsuzsanna
okleveles vegyész

Dr. Albert Csilla
egyetemi adjunktus

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

ABSTRACT

This "Food adulteration" book was written for the students of the University of Debrecen, Faculty of Agricultural and Food Science and Environmental Management, Institute of Food Technology. The authors hope that this book will be used also by the students of the prospective branch for foodstuff and environmental engineering, and even it may also provide help for the students of the new branches during their studies. When writing this book the authors had to take into account the traditions of the faculty, so the analytical methods contained in this book are associated with the materials taught in the framework of other subjects. Thus, the authors' intention was to write such book to the students which could be uses during the practical teaching of several subjects.

In the first part of the book the authors deal with the food falsification in general, the foods sophistication nowadays, food sophistication and its legal background, the national organizations and the strategy against food sophistication. Following this special food sophistication cases and the demonstration of the sophistication are discussed. This part deals with the sophistication of milk and dairy products, milk from different animals and their sophistication, soy milk in cow's milk, other possibilities of adulteration of milk and dairy products and the determination of heat treatment of milk and dairy products. Thereafter the sophistication of meat and meat products is debated including the identification of the meat from different species by electrophoresis and immunological methods, fat and fatty acid analysis and using biochemical indexes. In addition the determination of the freshness of meat, instrumental analysis of the quality of meat and fish, the qualifying of the foods made from meat and meat additives and accessories is discussed. Thereafter the food grains, contaminants and demonstration of sophistication is explained including contaminants in grain, differentiation of the rice varieties, the grains, legumes and their blends, qualifying indices at wheat and other flours and methods for the determination of the microbial quality of grains and grain products is discussed.

Subsequently the fruits, vegetables and their products, the examinations for the qualification of fruit and vegetable juices, the demonstration of shell homogenizate from lemon and orange juices, the dilution of the fruit juices with water, the analysis of stabile isotopes, the demonstration of the mixing of different fruit juices and the parameters indicating the degree of maturation and depravity of fruits is described. Then the edible oils and fats, the indicators measuring changes during storage and the demonstrating of the heat treatment of oils, the toxic contaminants and adulterants, the methods for the demonstration of the admixtures, blends, contaminants and adulterants of one fat in another, the blends of vegetable oils and analysis of the blends animal fats is discussed. Thereafter the investigation for the changes in the quality during the food processing, the effect of heat treatment for the composition of food, the chemical markers and indices for the demonstration of the changes during storage and for marking the irradiation of the foods is

negotiated. At the end of the book some examples for food adulteration from the recent years including adulteration of the baby formulas with melamine and its demonstration, adulteration of the taumatin sweetener and the methods capable for the demonstration, effect of the dioxin content of foods for the human body and its demonstration, the adulteration of the honey, and its demonstration, and at last the adulteration of wine and schnaps is negotiated.

During the course of the writing of this book the authors tried to compile the chapters so that the students also have the possibility to carry out the discussed examinations based on the instruments of the Department of Foodstuff Science. The authors tried to build the individual chapters upon each other so that the students can get stepwise from the simpler examinations to the more complicated ones, obtaining knowledge on the most important steps of the foodstuff analysis and the identification of the falsification of food.

Debrecen, 1st of October, 2015

Zsuzsanna Csapó-Kiss dr.
Research fellow

Dr. Csilla Albert
Assistant lecturer

Dr. János Csapó
Doctor of the HAS, university professor

1. Az élelmiszerhamisításról általában

Amióta az emberiség elkezdett élelmiszereket termelni, az élelmiszertermeléssel együtt **megjelent az élelmiszer-hamisítás**. Az élelmiszer-hamisítás legelső írásos emlékei az Ókorból maradtak ránk, amikor is Hammurábi törvényei tiltják a gyenge minőségű vagy a túlzottan drága sörök árusítását, és aki ezeket a törvényeket megszegte, komoly büntetésre számíthatott; ez a tevékenység akár az életébe is kerülhetett. Írásos emlékeink vannak arról, hogy a **Római Birodalomban hamisították**, elsősorban vizezték a **bort**, amit ugyancsak szigorúan büntettek. Napjainkban a lelketlen kereskedők szinte mindent hamisítanak, ezért a hamisítással párhuzamosan kidolgoztak olyan eljárásokat, amelyek alkalmasak a hamis élelmiszerek kimutatására, a hamisítás tényéről adnak információt.

Az újabb korokban hamisították például a tejet, hisz annak a vizezése, a víz olcsó és könnyen elérhető volta miatt, egyszerűen megvalósítható. Angliában az 1800-as éveket megelőzően a tej kútvízzel történő hamisítása napi gyakorlat volt, ami csak akkor szorult vissza, amikor az 1800-as évek végén olyan kémiai módszereket dolgoztak ki, amelyekkel a tejhamisítást ki tudták mutatni. A tejhamisítás ma sem szünetel, hisz ismereteim szerint bizonyos országokban és vidékeken napi gyakorlat a vizezés elfedése só hozzáadásával, esetenként étolajat és detergenset adnak a tejhez zsírtartalmának megnövelésére.

Ugyancsak jelentős mennyiségben **hamisítják** a tejből készült és rendkívül **drága sajtokat**. Az első hamisításra az Egyesült Államokban az 1870-es években került sor, amikor rájöttek, hogy a jó minőségű wisconsini sajtokat olcsó zsírokkal, például disznózsírral hamisították, azok tömegének megnövelése céljából. Mióta a hamisítás ténye kiderült, az ilyen sajtok exportja visszaesett, elveszítették jó hírüket, melynek visszaszerzése hosszú évtizedeket vett igénybe. **A hamisítás ténye ma sem szűnt meg**, hisz a nagyon drága sajtokat ma is próbálják utánozni, holott ezek minősége meg sem közelíti az esetenként több évig érlelt, kiváló minőségű, éppen ezért keresett és nagyon drága sajtokat.

1.1. Hamisítják-e napjainkban az élelmiszereket?

A válasz egyértelműen igen, hisz szinte naponta, de inkább rendszeresen bukkannak fel élelmiszer-hamisításról hírek a médiában, gondoljunk csak a legutóbbi idők botrányaira, amikor a mézet nagy fruktóz tartalmú kukoricakeményítő hidrolizátummal hamisították mindaddig, amíg ki nem dolgoztak módszert az ilyen idegen anyag mézből való kimutatására. A borokkal kapcsolatban két hamisítási botrányra derült fény az utóbbi időben. Ausztriában **etilén-glikol tartalmú fagyállóval** akartak testesebb borokat előállítani, melynek következtében egy olyan

anyagot vittek be az élelmiszerbe, mely a szervezetbe jutva súlyos mérgezést okozhat. A következmény az lett, hogy az európai szupermarketek polcairól az osztrák borok eltűntek.

Sajnos ugyanez a botrány megisméltódott Magyarországon is, amikor az Egri bikavért **glicerinnel próbálták feljavítani**, ami ugyan nem mérgező az emberi szervezetre, és a borban eredetileg is megtalálható, de egy megengedett tűrési határon túl jelenléte már hamisításnak számít. Nagyon könnyen lehet hamisítani a különböző italféleségeket, melyeket rendszerint koncentrátumokból állítanak elő megfelelő mennyiségű vízzel hígítva. Mivel a koncentrátumok árát elsősorban a cukortartalom szabja meg, ezeket különböző cukrok hozzáadásával szokták hamisítani. A narancslében például a glükóz, a szacharóz és a fruktóz aránya 1:2:1, ezért ezt az élelmiszert a cukorrépából kivont invertcukorral hamisítják, melyben a cukrok aránya ugyanaz, mint a narancslében. A cukor mellé a megfelelő sav-cukor arány fenntartása érdekében különféle szerves savakat is kevernek az élelmiszerekhez.

Természetesen a hamisítással párhuzamosan jelentős számban dolgoztak ki olyan módszereket, melyek a hamisítás tényét is ki tudják mutatni. Rájöttek ebben az esetben arra, hogy az invertcukor **triszacharidot** is tartalmaz, mely **az egyik jelzőanyaga a hamisításnak**. A sav arány beállítására szolgáló almasav az ipari előállítás következtében DL változatban kapható, míg a narancslében csak a természetes L-változat fordul elő. A szintetikus készítményekben a D:L aránya 1:1, ezért ha ilyen mesterséges almalevet kevernek a narancsléhez, a D-almasav jelenléte jelzi a hamisítást. A D sztereo-izomer almasavat pedig ma már mind enzimes módszerekkel, mind pl. nagyhatékonyságú folyadékkromatográfiával könnyen ki lehet mutatni.

Hasonló hamisítási eljárásokat nagyon sokat lehetne ismertetni, de erre majd a könyv következő fejezeteiben kerül sor. Az előzőekből azonban látható, hogy a világon szinte minden élelmiszert hamisíthatnak, és köztük lehetnek olyan nagyobb, durva esetek is, amikor a hamisításra használt anyagok rendkívül módon veszélyesek az emberi szervezetre, sőt halálosak is lehetnek. Ilyen volt például a magyar paprika hamisítása ólomoxiddal, hogy annak színét kívánatosabbá tegyék, vagy a csecsemőtápszerek hamisítása Kínában melaminnal, amivel annak nyersfehérje tartalmát tudták megnövelni, és amely több csecsemő halálát is okozta.

A könyv következő fejezeteiben ezekről a hamisításokról, illetve a hamisítások felfedésére kidolgozott analitikai módszerekről lesz szó. A fejezetek első fele a hamisításokkal kapcsolatos jogszabályi háttérrel foglalkozik, a második részben pedig a leggyakrabban hamisított élelmiszereket, illetve a hamisítás technikáját írjuk le.

1.2. Az élelmiszer-hamisítás és annak jogi háttere

1.2.1. Mit jelent az élelmiszer-hamisítás?

- Hamis élelmiszernek minősül az, amelyet nem az előírásokban vagy a gyártmánylapban meghatározott minőségű előírásoknak megfelelően állítanak elő,
- amelyeket nem engedélyeztek, illetve nem nyilvántartott módon állítottak elő, vagy hoztak forgalomba,
- amelyek előállításánál nem megengedett összetevőket használtak fel,
- amelyeket jogsértő módon átcímkezték vagy átcsomagoltak,
- amelyek minőség-megőrzési vagy fogyaszthatósági idejét jogellenesen meghosszabbították, vagy amelyeket egészben vagy részben lejárt minőség-megőrzési, illetve fogyaszthatósági idejű anyagokból állítottak elő,
- amelyek előállításánál nem emberi fogyasztásra szánt anyagokat használtak, illetve emberi fogyasztásra alkalmatlan élelmiszert emberi fogyasztás céljából hoztak forgalomba.

A hamis élelmiszer fogalmát az alábbi példákon talán még jobban meg lehet érteni. **Hamis az az élelmiszer, amelyet:**

- lejárt alapanyagokból állítottak elő,
- olcsó terméket a drágább termék csomagolásával és árával hoztak forgalomba (jó példa erre az, amikor a szója olajat színezékekkel kezelve extra szűz olíva olajként értékesítik, vagy amikor az olcsó étolajat jó minőségű étolajként hoznak forgalomba),
- nem engedélyezett összetevőket használnak fel (nem engedélyezett színezékek, tartósítószer, édesítő anyagok),
- eredetvédett termékeket hamisítanak (például Parmezán vagy Feta sajt-ként hoznak forgalomba más technológiával készült, hasonló termékeket, vagy hamisítják például a Párizsi sonkát más helyről származó húskészítménnyel),
- nem bioterméket biotermékként hoznak forgalomba,
- növényi zsírt tartalmazó tejtermékeket állítanak elő (a tejhez étolajat vagy margarint kevernek, és ilyen tejből magas zsírtartalmú sajtokat állítanak elő),
- növényi zsírt tartalmazó csokoládétermékeket állítanak elő; kakaóvaját növényi zsírokkal pótolják,
- mesterséges műmézet állítanak elő cukorszirup, szerves savak, C-vitamin és különféle enzimek felhasználásával,
- a termék megnevezése nem felel meg a jogszabályokban foglaltaknak, vagy a termék közismert megnevezése mellett a jogszabályokban előírt és a fogyasztók által elvárt

minőség nem jelenik meg a termékben (a 4 tojásosnak nevezett tészta nem tartalmaz tojást, a szalámi elnevezésű termék nem felel meg az ilyen termékre vonatkozó minőségi előírásoknak),

- a külföldről behozott termékek hazaként történő árusítása (szezonális gyümölcsök, eper, cseresznye magyar termékként történő árusítása márciusban, áprilisban).

1.2.2. Hogyan lehet az élelmiszerhamisítás ellen küzdeni?

Az **élelmiszerhamisítás** minden korban és minden társadalomban **bűncselekménynek számított**. Magyarországon már 1896-ban törvény rendelkezett az élelmiszer-hamisításról. Napjainkban az élelmiszer-hamisítás nemzetközi mértékűvé vált, amely a gazdasági kártételén túl közvetlen egészségügyi és élelmiszerbiztonsági kockázatot jelent a fogyasztó számára. Magyarországon az illegális élelmiszer-hamisítás elleni küzdelem legfőbb szerve az **Élelmiszerlánc Felügyeleti Hatóság**, amely különféle társhatóságokkal együttműködve, meghatározott gyakorisággal, hatósági ellenőrzési terv vagy, fogyasztói bejelentések alapján, illetve gyanú esetén végez ellenőrzéseket.

Az illegális élelmiszerhamisításokat az élelmiszer-előállítás és forgalmazás teljes területén felügyelete alatt tartja, nyomkövetési vizsgálatok biztosítása révén próbálja elejét venni a hamisításoknak. Ezen vizsgálatok célja többek között az illegális tevékenységből származó jövedelmek felderítése, valamint a legális tevékenységet végző előállítók, forgalmazók, illetve fogyasztók érdekeinek védelme. A jogszabályi háttért ezen vizsgálatokhoz „**Az élelmiszerláncról és hatósági felügyeletről szóló 2008. évi törvény**” (nyilvános adatbázis az élelmiszerláncban történt jogsértésekről és a 3/2010. VM rendelet az élelmiszer előállítással és forgalmazással kapcsolatos adatszolgáltatásról és nyomon követhetőségről) adja.

1.2.3. Milyen hatósági intézkedéseket lehet tenni a hamisítás felderítése esetén?

Korlátozni vagy megtiltani lehet a forgalomba hozatalt, a behozatalt, vagy a kivitel; a terméket a forgalomból ki lehet vonni, visszahívása megsemmisítése vagy ártalmatlanítása megtörténhet; az élelmiszer előállító tevékenység végzését határozott időre teljesen vagy részlegesen fel lehet függeszteni, korlátozni lehet, vagy a működést teljes mértékben be lehet tiltani; az újbóli működést szigorú feltételekhez lehet kötni, a létesítmények engedélyezését fel lehet függeszteni vagy vissza lehet vonni.

1.2.4. Milyen szankciókat lehet hozni az élelmiszerhamisítás esetén?

A szankciók lehetnek élelmiszer-ellenőrzési bírság, élelmiszerlánc felügyeleti bírság, eljárási bírság, illetve szabálysértési bírság. Élelmiszer-hamisítás esetén figyelmeztetés, szankció nem alkalmazható, a szankciónak szigorú erkölcsi és anyagi következményének kell lenni.

Büntető eljárást kell indítani a következő esetekben:

- egyedi azonosító jel meghamisítása,
- egészségre ártalmas közfogyasztási cikkel való visszaélés,
- rossz minőségű termék forgalomba hozatala,
- hamis minőségi tanúsítvány kiállítása,
- az élelmiszer hamis megjelölése, a fogyasztók szándékos megtévesztése, az élelmiszervásárló megkárosítása.

A legutóbbi években Magyarországon az alábbi élelmiszer-hamisítási eseteket derítették ki:

Tejporból növényi zsírt mutattak ki.

A mézhez idegen cukrot kevertek.

Porcukorhoz édesítőszert adtak, rosszul tüntették fel a minőség-megőrzési időt.

Baromfi húsból készült húskészítményeket hamisan címkéztek.

Be nem jelentett módon gyártottak sütőipari termékeket, illetve állítottak elő ásványvizet.

Engedély nélkül gyártottak nyerstejet, füstölt késztermékeket.

Nem engedélyezett helyen való vágás után tiltott módon hoztak forgalomba közfogyasztásra élelmiszereket.

1.2.5. A hamisítás elleni országos szervezetek

A **Hamisítás Elleni Nemzeti Testület** 2008-ban a hamisítás elleni hatékony fellépés érdekében hozták létre. A hamisítás elleni küzdelemben javaslattevő, véleményező és tanácsadói feladatokkal felruházott szervezet, a szellemi tulajdonnal összefüggő feladat- és hatáskörrel rendelkező állami szervek, valamint a szellemi tulajdon védelmével érintett társadalmi és gazdasági érdekvédelmi szervezetek képviselőit fogja össze. **A testület legfontosabb feladata** a szellemi tulajdonjogok megsértésének és **a különféle hamisítások kiszorítása**. A testület legfontosabb feladatai a következők:

- A hamisítás elleni nemzeti stratégia és a különféle intézkedési tervek kidolgozása, ezek végrehajtásának összehangolása.
- A hamisítás elleni nemzetközi, főként európai uniós kezdeményezésekkel kapcsolatos kormányzati tevékenység összehangolása és támogatása.

- A hamisításra vonatkozó statisztikai adatok rendszerezése és elemzése.
- A tudatosság növelő, felvilágosító programok, kampányok kezdeményezése, összehangolása, végrehajtásuk figyelemmel kísérése.
- A hamisítás ellen fellépő rendészeti és igazságügyi szervek munkatársainak továbbképzése, javaslattétel a hamisítás elleni tevékenység jogszabályi hátterének megteremtésére és módosítására.

A testület célja összefoglalóan, hogy kezdeményezései a szellemi tulajdonjogok védelmének megerősítése révén előmozdítsák az innovációt és növeljék a kis- és középvállalkozások versenyképességét. Tevékenységük során csökkenhet a feketegazdaság aránya, nőhet a foglalkoztatás törvényessége és **a hamisításból származó illegális jövedelmek** gazdaságba történő visszaforgatása. Munkájuk biztosíthatja a fogyasztók fokozottabb védelmét, és elősegítheti, hogy a fogyasztók egészségét veszélyeztető hamis termékek kiszoruljanak a piacról. A testület tagjai állami igazgatási szervek, köztük különféle minisztériumok és olyan nem állami igazgatású szervek, mint a Fogyasztóvédelmi Egyesületek Országos Szövetsége, a Magyar Iparvédelmi Szerzői Jogi Egyesület vagy a Magyar Márkaszövetség.

1.2.6. A hamisítás elleni nemzeti stratégia

Az előzőekben ismertetett Hamisítás Elleni Nemzeti Testület (HENT) felállításáról egy kormányhatározat döntött 2007-ben, és egy kormánybiztos elnökletével megalakult egy javaslattevő, véleményező és tanácsadói feladatokkal felruházott testület, melynek legfontosabb feladata **a feketegazdaság visszaszorítása, a szellemi tulajdonjogok megsértése elleni küzdelem, a szellemi tulajdonnal összefüggő feladat- és hatáskörrel rendelkező állami szervek, valamint a szellemi tulajdon védelmével érintett társadalmi és gazdasági érdekképviseleti szervezetek képviselőinek összefogása.**

Egy 2008-as kormányhatározat a hamisítás elleni összehangolt fellépés érdekében a **hamisítás elleni nemzeti stratégia** kidolgozását tűzte ki feladatul. A HENT közreműködésével elkészült hamisítás elleni nemzeti stratégiát a kormány kormányhatározattal fogadott el. A stratégia bemutatja a hazai jogi és intézményi hátteret, a szellemi tulajdonjogok érvényesítésének helyzetét, helyzetképet ad a szellemi tulajdonjogok hazai jellemzőiről, a jogsértések hatásairól és a szellemi tulajdonjogok megsértése elleni nemzetközi fellépésről. **A stratégia meghatározza a hamisítások elleni fellépés fő szempontjait,** a cselekvési irányokat, az eszközrendszereket, a végrehajtás monitorozását és a hatékonyság vizsgálatát. A stratégia célja:

- a szellemi tulajdonjogok megsértésének mértéke számottevően csökkenjen,
- a jogsértések elleni fellépés hatékonyabbá váljon, eszközrendszere javuljon,

- a szellemi tulajdonjogok védelmének fontosságára és megsértésének következményeire vonatkozó tudatosság fokozódjék.

A stratégia három fő pillére a statisztika, a tudatosság növelése és a jogérvényesítés. A fő cselekvési irányba tartozik a hamisítással összefüggő jogsértésekre vonatkozó statisztikai adatok összegyűjtése, a statisztikai adatgyűjtés és értékelés módszertanának kidolgozása, egy mindenki számára hozzáférhető adatbázis összeállítása és a hamisítások gazdasági következményeinek, a hamisítás által okozott károk becsült értékének meghatározása, és az ezeket a szempontokat segítő eljárások kidolgozása. A hamisításokra vonatkozó statisztikai adatok rendszerbe foglalása biztosítja, hogy **a hamisítások hazai mértékéről és jellemzőiről valós és pontos, módszertanilag megalapozott helyzetkép készüljön.** Segítséget nyújthat ezen túl ahhoz, hogy hazánk eleget tegyen a szellemi tulajdonjogok érvényesítéséről szóló Európai Parlamenti és Tanácsi irányelvekben előírt (2004/48/EK) jelentéstételi kötelezettségeinek és, hogy felmérhesse **a hamisítások gazdaságra gyakorolt következményeit.**

A tudatosság növelése fő célkitűzése a hamisítás elleni és a jogérvényesítéssel kapcsolatos szemléletformáló intézkedéseknek, kezdeményezéseknek és végrehajtásnak. Ennek kapcsán biztosítani kell a hamisítás elleni küzdelemben résztvevő állami szervek munkatársainak célzott továbbképzését, és ki kell dolgozni a társadalom különböző célcsoportjai számára a hamisítás ellen szóló információs és oktatási programokat, valamint kampányokat.

A jogérvényesítés keretében az ezzel összefüggő jogszabályi környezet, a jogalkalmazás kérdéseinek, valamint a jogosultakat segítő intézkedéseknek és eszközöknek az áttekintése a cél, valamint a szükséges módosítások, új eszközök és intézkedések kezdeményezése valósul meg. A jogérvényesítés jogszabályi háttérének biztosítása mellett gondoskodni kell arról, hogy a hazai joggyakorlat is olyan irányban fejlődjön, amely a jogosultak érdekeinek minél hatékonyabb védelmét szolgálja. Olyan intézkedéseket kell kezdeményezni, amelyek a potenciális jogi lehetőségeken túlmenően ténylegesen lehetőséget adnak az arra jogosultnak, hogy **jogaiknak érvényt tudjanak szerezni a jogsértőkkel szemben.** Javítani kell a jogsértések elkerülését, megelőzését, felismerését, a jogérvényesítés elősegítését célzó eszközök, technológiák és szolgáltatások alkalmazhatóságának lehetőségét.

A hamisítás társadalmi-egészségügyi következményei, a hamisítási tevékenység intenzitása, valamint a hazai iparági érdekekre figyelemmel az élelmiszeripar kiemelt figyelmet kap e stratégiában. **Az élelmiszeriparral kapcsolatban felmerült szükséges intézkedések a következők:**

Az élelmiszer-hamisítás területét érintő jogszabályok áttekintése a jogalkotó hatóságok gyakorlati tapasztalatai alapján,

a hamisítások felderítéséhez szükséges eszközök fejlesztése,

az élelmiszerhamisítási adatokból naprakész, folyamatosan karbantartott, nyilvánosság számára hozzáférhető adatbázis kiépítése.

A tudatosság növelése keretében az élelmiszer-hamisítás fogyasztóvédelmi vonatkozásait középpontba állító kommunikációs kampány kezdeményezése, egy jogsegély szolgálat kialakítása, valamint a hatósági szakemberek képzése és oktatása.

A stratégia végrehajtása a stratégia mellékletét képező intézkedési terv útján valósul meg. Az intézkedési terv éves bontásban határozza meg a felelősöket, a felkért közreműködőket és a végrehajtáshoz szükséges forrásokat. A stratégiát a partneresség, a hosszú távú szemlélet, az átláthatóság és az ellenőrizhetőség alapelveit szem előtt tartva kell végrehajtani. A stratégia végrehajtásának ellenőrzése a HENT feladata, melynek során megállapítja a stratégia végrehajtásának és hatásának tapasztalatait, a végrehajtás során végbemenő nehézségeket. **A HENT évente ellenőrzi a stratégia végrehajtását és megvalósulását, megtárgyalja az élelmiszerhamisítás hazai helyzetében bekövetkező változásokat.** A stratégiában foglalt intézkedési terv végrehajtásáról beszámol a kormánynak.

Mik a stratégia végrehajtásának várható gazdasági, költségvetési, társadalmi, egészségi, környezeti és egyéb hatásai, illetve következményei?

- Előmozdítja az innovációt és növeli a vállalkozások versenyképességét,
- ösztönzőleg hat a szellemi tulajdonjogi védelemre alkalmas műveket, műszaki alkotásokat létrehozó feltalálókra, csökkenti a feketegazdaság arányát, növeli a költségvetési bevételeket, megakadályozza a hamisításból származó illegális jövedelmek gazdaságba történő visszaforgatását,
- biztosítja a fogyasztó fokozottabb védelmét, elősegíti, hogy a fogyasztók egészségét is veszélyeztető hamis termékek kiszoruljanak a piacról,
- előmozdítja a működő tőke beáramlását,
- erősíti a befektetői bizalmat és hazánk kedvező nemzetközi megítélését a jogérvényesítés terén.

A 2011-2015. időszakra vonatkozó hamisítás elleni akcióterv élelmiszerekre vonatkozó része az alábbi fő pontokat tartalmazza:

- Az élelmiszer-hamisítás elleni hatósági beavatkozás hatékonyságát biztosító jogszabályi rendelkezések áttekintése, szükség esetén módosítása,
- a földrajzi árujelzés használatának ellenőrzésére vonatkozó joggyakorlat figyelemmel kísérése,

- az élelmiszer-hamisítás elleni küzdelemben hatáskörrel rendelkező hatóságok, egyéb érintett szakmai szervezetek közötti együttműködés és tapasztalatcsere előmozdítása, ennek érdekében szakmai rendezvények, konzultációk szervezése,
- lakossági felvilágosítás a közmédia és egyéb tájékoztatási formák segítségével, valamint az iskolai képzés útján,
- az élelmiszer-hamisítás fogalmának definiálása, a hozzá kapcsolódó szankcionálási rendszer létrehozása,
- a laboratóriumi vizsgálatokhoz szükséges eszközök fejlesztése.

1.2.7. Milyen előnyei várhatók az élelmiszer-hamisítás elleni fellépésnek?

A védjeggyel ellátott, illetve eredetvédett élelmiszereket hamisító, valamint a valótlan információval jelölt élelmiszerek forgalomba hozatala elleni hatékonyabb fellépés, az eredeti jó minőséget garantáló termékek térnyerését segíti elő. A piac megtisztítása, elrettentő hatás kifejtése az elkövetőkre, a feketegazdaság kifehéritése és a fogyasztók megvédése a hamis, veszélyes termékektől, végső soron az élelmiszerbiztonság javulása.

1.2.8. Egy-két példa az élelmiszer-hamisítások témaköréből

A leggyakrabban hamisított élelmiszerek közé tartoznak az olívaolaj, a tej, a méz, a sáfrány, a narancslé, a kávé és az almalé. Ezeket az élelmiszereket hamisítják, azaz a bennük lévő **komponenseket szándékosan kicserélik, helyettesítik, hozzátesznek, vagy elvesznek valamit az összetevőkből** anélkül, hogy azt a vásárlók tudomására hoznák. A hamisítás oka minden esetben az anyagi haszonszerzés. A hamis összetevők gyakran ismeretlenek, ezért sokszor nagyon nehéz őket felfedezni.

A melamint egészen 2007-ig sem szennyezőanyagként, sem hamisításra használt anyagként nem tartották számon, mielőtt kutyatápokból kimutatták, illetve mielőtt 2008-ban csecsemőtápszerekbe és más tejkészítményekbe keverték volna. Utóbb kiderült, hogy a melamint már 1979. óta használták hamisításra a nagyobb fehérjetartalom elérése érdekében, ami egészen 2007-ig rejtve maradt. Nem gyanakodtak a melaminnal történő hamisításra, mert a melamin tesztelése nem volt része a rutin minőségellenőrzésnek. **Az élelmiszerek hamisítását jelző rendszert arra nem tervezhetik, hogy a gyakorlatilag végtelen számú lehetséges hamisító összetevőt kimutassa**, mert arra a világ analitikai kapacitása sem lenne elég. Az adalékanyagok azért jelentenek nagy kockázatot, mert sok élelmiszerben használják őket, nincsenek feltűnő tulajdonságaik, és semmiféle funkcionális tulajdonságuk sincs, amivel könnyen megkülönböztethetők lennének más összetevőktől.

A glicerin például, amellyel az utóbbi időben a magyar vörösborok egy részét próbálták feljavítani, édes, színtelen folyadék, nehezen különböztethető meg más hasonlóan édes, színtelen folyadékoktól, mint amilyen például a toxikus dietilén-glikol, amelyet korábban a glicerin helyettesítéseként ugyancsak hozzáadtak a vörösborhoz, ami halálos következménnyel járt. A csalás felderítése azért is nagyon nehéz, mert a csalások 95%-ában a hamisított anyagot egy kevésbé költséges, hasonló komponenssel cserélik fel, amelyet csak akkor lehet felderíteni, ha tudják, hogy mit keresnek. A helyettesítési csalásra példa az olívaolaj mogyoróolajjal való részbeni helyettesítése, vagy a gyenge minőségű pirospaprika részbeni helyettesítése ólom-tetraoxiddal vagy ólom-kromáttal.

Fentiek miatt célszerűbb egy élelmiszer esetében azt megnézni, hogy minek kellene benne lenni, és milyen mennyiségben, és nem azt, hogy minek nem lenne szabad benne lenni. Jobban véd az élelmiszer-hamisítások ellen, ha folyamatosan ellenőrizzük azokat a komponenseket, amelyeknek mindenképpen benne kell lenni a garantált, jó minőségű élelmiszerben. Egy jól megtervezett elemzés képes felderíteni mind az ismert, mind az ismeretlen hamisító összetevőit, amely nagy előny egy olyan környezetben, ahol nem lehet tudni, milyen veszélyes hamisítvánnyal fogunk találkozni a jövőben.

Hogy az élelmiszer-hamisítás mily mértékben elterjedt, és milyen károkat okoz a Föld népességének, arra jó példa az Interpol és az Europol közös akciója, melyet 2012. december első hetében 29 ország hatósági szervei segítségével végeztek. A vizsgálatok eredményeként 135 tonna potenciálisan veszélyes, további 100 tonna megtévesztő és potenciálisan veszélyes élelmiszert foglaltak le. **A hamisítványok között megtalálható volt a kávé, a leveskocka, az olívaolaj, valamint a luxus termékek közül a kaviár is.** Az egy hétig tartó ellenőrzések során 385.000 liter hamis folyadékot, vodkát, bort, szójaszószt és narancslevet is találtak. Ezen túl emberi fogyasztásra alkalmatlan halak, húsok, valamint édességek és fűszerek is előkerültek. A vizsgálatok eredményeképpen hangsúlyozták, hogy a hamis és kétes minőségű élelmiszereket és italokat minőségi előírások és higiéniai követelmények betartása nélkül gyártják, szállítják, tárolják és forgalmazzák. Ezek fogyasztása a vásárlókra nézve komoly egészségügyi kockázatot jelent, gyártásuk és terjesztésük viszont **rendkívül jövedelmező üzlet a hamisítók számára.**

2009. évi adatok szerint a világon évente mintegy 50 milliárd dollár értékű hamis élelmiszer kerül forgalomba, mely többségében tejpor, gyermektápszer, instant kávé, üdítő vagy alkoholtartalmú ital. Az alkoholtartalmú italokat különösen nagy arányban hamisítják a magas adók elkerülése és a nagyobb bevétel reményében. Összességében tehát a világon eladott hamisítványok kb. 10%-át teszik ki hamis élelmiszerek, de az élelmiszerárak emelkedésével párhuzamosan ez az arány

valószínűleg növekedni fog. A hamis ételek és italok fogyasztása komoly egészségügyi kockázattal jár, mely nem egy esetben halálos is lehet. Ha a csecsemőket például felvizezett tápszerrel etetik, alultápláltak lesznek, és meg is halhatnak, ha az étel nem ellenőrzött helyről származó összetevőket tartalmaz, akkor veszélyes mérgezőanyagok juthatnak a szervezetbe.

A hamisítót nem érdekli és esetenként nincsenek is tisztában azzal, hogy milyen következményekkel járhat a termékek elfogyasztása, **egyedüli céljuk a minél nagyobb profit elérése**. Az összes élelmiszert természetesen nem lehet ellenőrizni, hisz arra nincs élelmiszer-analitikai kapacitás. Az Egyesült Államokba például évente mintegy 10 millió élelmiszerkészítmény érkezik, de ennek csak 1%-át ellenőrzik, és csak 0,3%-ából vesznek mintát. Az importált élelmiszerek mennyisége olyan óriási, hogy ennél többet még egy ilyen gazdag ország sem képes ellenőrizni, ezért főként a nagyobb kockázatot jelentő tényezőkre koncentrálnak. Olyan rendszert szeretnének kidolgozni, amellyel könnyen **ki lehetne szűrni a legnagyobb kockázatot jelentő szállítmányokat**.

A legutóbbi időkben a szeszesitalokkal kapcsolatos hamisítások döbbsentették meg a közvéleményt. 2008-ban Angliában olyan **hamis vodka** került forgalomba, melynek rendkívül magas volt a metanol tartalma, amely már maradandó vakságot is okozhatott. A forgalomba hozott szeszesital címkéje jól utánozta az eredeti, jó minőségű vodkát, tehát megtévesztve a fogyasztót, a hamisítvány felbontása után viszont kellemetlen, vegyszer jellegű szagot lehetett érezni, ami jelezte, hogy nincs minden rendben. Hasonló jellegű mérgezésről számoltak be Oroszországban, ahol 2006-ban szükségállapotot vezettek be Szibéria körzetében a hamis vodka okozta tömeges mérgezések miatt.

2008-ban Indiában több mint 60 ember halálát okozta hamisított ital fogyasztása, és a magyar hatóságok is gyakorta foglalnak le a zárjegy nélkül árusított szeszesitalokat, és fedeztek fel korábban illegális szeszfőzdeket. 2007-ben hazánkban 600 ezer liter ablakmosó folyadékból csaknem 2 millió liter szeszesitalt állítottak elő. 2008-ban pedig 1200 liter engedély nélkül előállított alkoholt találtak a vámosok, több, engedély nélkül üzemelő szeszüzemre bukkantak, és egy családi házban az illegálisan üzemeltetett pálinkafőző is felrobbant.

1.2.9. Büntethető-e a hamisítás?

A Büntető Törvénykönyv 1978. évi IV. törvénye szabályozza a szellemi tulajdonjogok megsértésével (hamisítással) kapcsolatos büntetőjogi tényállásokat. Megállapítja, hogy **a hamisítás bűncselekmény**, elkövetése szabadságvesztés büntetésének kiszabását

eredményezheti. A 2013.07.01-én hatályba lépett új Büntető Törvénykönyv különösen szigorúan bünteti a hamisítást és az üzletszerűen elkövetett, más szellemi tulajdonjogi jogsértéseket.

2. Speciális élelmiszerhamisítási esetek és a hamisítások kimutatása

2.1. Tej és tejtermék hamisítása

A jó minőségű tej és tejtermék mentes a szennyeződésektől, az antibiotikumoktól, a kellemetlen szagtól és íztől, a patogén mikroorganizmusoktól, szomatikus sejtszáma és összcsíraszama alacsony, **nem tettek hozzá vizet, nem vettek el belőle zsírt, semmiféle egyéb anyagot nem keverték hozzá**, jó az illata és a tejure jellemző íze van, és összetétele megfelel a normális tej összetételének. A tejnél a bakteriológia állapotra, a tejtermékeknél pedig inkább az íz és aromaanyagokra kell legjobban odafigyelni.

Hamisításnak számít, ha a nagyobb haszon elérése érdekében a tejhez bármit, elsősorban vizet **hozzátesznek, vagy belőle bármit,** elsősorban zsírt **elvesznek.** Legtöbbször vizet vagy fölözött tejet adnak a tejhez, és elvonják eredeti zsírtartalmának jelentős részét, melyet sűrűségméréssel, fagyáspont ellenőrzéssel vagy a zsírtartalom meghatározásával lehet ellenőrizni. A piszkos víz, a mosószerek, a növényi sejtek, a szőr, a háztartási por és piszok, az állati vizelet és bélsár szemmel is jól látható, szagolható és taszító szennyezői a tejnek. Az egyéb, szemmel nem látható és orral nem érzékelhető hamisítások kiderítése javítja a kereskedelmi tej és tejtermékek minőségét, ezért ezen módszerek ismerete fontos mind a vásárlók, mind a minőség ellenőrzéssel foglalkozók számára. Több országban olyan pontrendszert vezettek be, mely **bünteti a tej minőségét rontó tényezőket,** és kisebb jövedelemhez juttatja a nem megfelelő tejet termelő farmereket. Különösen nagy figyelmet fordítanak a tej antibiotikumokkal, radioaktív anyagokkal, klórozott szénhidrogénnel és nehézfémekkel való szennyezésére.

2.1.1. A különféle állatfajtáktól származó tejek és azok hamisítása

A tehéntej és a bivalytej, a tehén- és a kecske- valamint a juhtej elegyítése, akár hamisítás céljából, az egész világon előfordul. Különösen a kecsketejet használják előszeretettel a tehéntej hamisítására, bár nagyon sokszor előfordul az egyébként kiváló minőségű kecsketej vízzel vagy tehéntejjel történő hamisítása a nagyobb haszon elérése céljából. Amennyiben a **kecsketejet tehéntejjel hamisítják,** annak tápértéke nem változik meg, sőt amennyiben a hozzáadott tehéntej mennyisége a 15%-ot nem haladja meg, a **kimutatása is nagyon nehéz.** Ez a helyzet különösen a sajt előállításánál okoz problémát, mert a különböző tejfélések más aromát és ízt

kölcsönöznek a sajtnak, sőt **az idegen faj teje allergiás reakciót is kiválthat** a fogyasztó szervezetében.

Több módszert is kidolgoztak az ilyen típusú hamisítás leleplezésére. **Immunológiai és nem immunológiai gélelektroforézist** alkalmaztak a különböző fajok tejeinek egymástól való elkülönítésére, és különösen az izoelektromos fókuszálást tudták jó hatásfokkal alkalmazni a fehérjékre, a gázkromatográfiát és a nagyhatékonyságú folyadékkromatográfiát pedig a kezeino makropeptidekre és a zsírsavakra. A kémiai összetétele és az UV spektruma is más az ilyen tejeknek, ami ugyancsak lehetőséget ad az azonosításra. **A tehéntej és a kecsketej eltérő zsírsavösszetétele**, a zsírsavakból számolt indexek különbözősége ugyancsak lehetőséget ad az azonosításra.

Különösen alkalmasak erre a rövid szénláncú zsírsavak, ill. az azok koncentrációjából számolt indexek, és a gázkromatográfiás analízis azt is bizonyította, hogy a kecske és juhtejből készült sajtok más rövid szénláncú zsírsav mintázattal jellemezhetők, mint a tehéntej, ezért ennek alapján a sajtok megkülönböztethetők egymástól. A laurinsav:kaprinsav arány a tehéntejből készült sajtnak átlagosan 1,16, míg a kecskesajtnak 0,46, a juhsajtnak pedig 0,58. Ez az arány alkalmas arra, hogy információt adjon a **kecske és juhsajtnak lévő tehéntej mennyiségéről**. A tehéntej kecsketejhez történő keverését a β -karotin tartalom alapján is ki lehet mutatni, ugyanis a kecsketejben ez a vegyület nem található meg. 20% kecsketej tehéntejhez történő keverése az UV spektrum alapján is kimutatható.

Enzimatisz módszereket is kidolgoztak a juhtejhez kevert tehéntej kimutatására, a tehéntej lényegesen nagyobb riboflavin tartalma és xantin oxidáz aktivitása alapján, mely szerint 2% tehéntej a juhtejben már kimutatható ezzel a módszerrel. A módszer hibája, hogy mivel a hőkezelés az enzimaktivitást tönkretesz, nem alkalmazható hőkezelt tejek esetében.

A juh, a kecske és a tehéntej ásványi anyag tartalma viszonylag állandó, de a különböző elemek aránya a különböző tejekben nagyon is eltérő. Az ásványi anyagok mennyiségét befolyásolja még a technológiai is, amikor pl. különféle sajtokat készítenek a tejekből, ennek ellenére határozott különbségek vannak a különböző tejekből készült sajtok között. A kalcium és a magnézium aránya pl. a tehéntejben 23,3, a juhtejben pedig 17,2, ami alapján a két tejből készült tejtermék egymástól megkülönböztethető. Különbségeket találtak a három faj között pl. tejük K/Mg, Na/Ca, Cu/Zn és Cu/Na arányában, és multivariációs analízissel a nyomelemeket (Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Mo, Cd és Pb) a különböző fajok tejeinek egymástól való elkülönítésére tudták használni.

A különböző fajok tejéből készült sajtokat el tudták különíteni pl. elektroforézissel, a **különböző kazein frakciók** (elsősorban a κ -kazein) **eltérő mozgékonyasága alapján**, és hasznosnak bizonyultak ebben az esetben a savófehérje frakciók is. Mivel a tehéntej α -kazein és β -laktoglobulin frakcióinak mozgékonyasága lényegesen nagyobb, mint a kecsketejéé, ezek a frakciók is alkalmasak a hamisítás kimutatására. A tehéntej α ₁-kazein frakciója alapján 5-10% tehéntej kecsketejhez keverése kimutatható, és ugyanez elmondható a **β -laktoglobulin frakcióra** is. Sajt esetében a α -kazein frakció lényegesen érzékenyebb, mint a β -laktoglobulin, mivel ez egyrészt távozik a sajt készítés során, ezért koncentrációja alacsony, másrészt hajlamos a kicsapódásra, ami ugyan csak csökkenti mennyiségét. Az **α -kazeinnel** kapcsolatos vizsgálatok azon a feltételezésen alapulnak, hogy koncentrációja viszonylag állandó a tehéntejben, bár egyes vizsgálatok szerint nagyok lehetnek az egyedi eltérések, amelyek a koagulációt is befolyásolják, ami nehezzé teszi 5%-nál kevesebb tehéntej kimutatását a kecskesajtból.

A sajtok karbamidos extrakcióját követő izoelektromos fókuszálás a **para- κ -kazein tartalom alapján** a tehéntej mennyiségének nagyon pontos meghatározását teszi lehetővé kecske és juhsajtokból. Ezzel a módszerrel, denzitometriás kiértékelést alkalmazva, 1-2 % tehéntej a juhtejből és a juhsajtokból kimutatható.

A **nagyhatékonyságú folyadékkromatográfia** (HPLC) szintén alkalmas a kecske vagy juhtejhez kevert minimum 2% tehéntej kimutatására, és mennyiségi meghatározására. **Immunodiffúziós módszerekkel és immunoelektroforézissel** is ki lehet mutatni legalább 2,5% tehéntejet a juh- és kecsketejéből. Ezek a módszerek alkalmasak a sajt tehéntejből származó arányának a meghatározására is, amennyiben az legalább a 10%-ot eléri. A radiális immunodiffúziót is alkalmazták a tehéntej juh és kecsketejéből történő kimutatására, ez a technika azonban nem terjedt el a gyakorlatban. A rakéta immunoelektroforézissel ugyancsak jó hatásfokkal mutatható ki a tehéntej a másik két faj tejéből, mert a keresztreakció az antitest és a kecsketej között kizárt, és ezzel a módszerrel 1-5% tehéntej kecsketejhez történő keverése kimutatható. A módszer mind a hőkezelt, mind a homogénezett, mind a nyerstej esetében alkalmazható.

Az ELISA módszert is jó hatékonysággal alkalmazták a tehéntej juhtejből, ill. juhsajtból történő kimutatására, bár a kíméletesen és az ultra magas hőmérsékleten pasztörözött tej, valamint a sterilizált tej gyengébb immunválaszt ad a valószínű precipitáció miatt.

A módszereket összehasonlítva megállapítható, hogy az elektroforézis, különösen a **poliakrilamid-gélelektroforézis** (PAGE) pontosabb és megbízhatóbb eredményeket ad, mint akár az immunoelektroforézis, akár a radiális immunodiffúzió. Az elektroforézissel az 5% kecsketej juhtejhez történő keverése nagy biztonsággal kimutatható.

2.1.1.1. A bivalytej tehéntejjel történő hamisítása

Alacsony ára miatt a vízibivaly tejét a mozzarella, tipikus olasz sajt, előállításánál gyakran hamisítják tehéntejjel. Az elektroforetikus mobilitás alapján az elektroforézist előszeretettel alkalmazzák a bivalytejhez kevert tehéntej kimutatására. Erre leginkább az α - és a β -kazein alkalmas, hisz ezek mozgékonyasága tér el leginkább egymásétól. A kazeinfrakciók közül is az α_1 -kazein adta a legjobb eredményt mind a poliakrilamid-gél-, mind az agarózgél elektroforézisnél. Minden kazeinfrakciónak meg van a megfelelő párja a tehéntejben és a bivalytejben is, melyek **izoelektromos fókuszálással** (IEF) egymástól szétválaszthatók.

Próbálkoztak a proteolitikus enzimek alkalmazásával, és azt követően a frakciók szétválasztásával is a két tej megkülönböztetésére. A kapott frakciók elektroforetikus mozgékonyasága különböző volt, ami ugyancsak jól hasznosítható a tehéntej bivalytejből történő kimutatására. Kísérletek történtek a γ_2 és a γ_3 kazein frakció elemzésére plazmin adagolás után, PAGE és IEF alkalmazásával, mely módszer alkalmasnak bizonyult 1% mennyiségű tej kimutatására a másik fajéból. A módszer nemcsak a kimutatásra, de a mennyiségi meghatározásra is alkalmas a nevezett kazein frakciók alkalmazásával.

Próbálkoztak az elektromos vezetőképesség alkalmazásával is, mely azon az elven alapul, hogy a bivalytej elektromos vezetőképessége a tehéntej hozzáadásával arányosan nő. Próbálkoztak a zsír zsírsavösszetételének meghatározásával azon az alapon, hogy a bivalytej tejszírnak palmitinsav és olajsav tartalma a folyékony fázisban szignifikánsan nőtt tehéntej hozzáadásának hatására. E két zsírsav rendkívül érzékenyen reagál a tehéntejjel történő elegyítésre, és segítségével 5% tehéntej bivalytejhez keverése nagy biztonsággal kimutatható. Mivel a zsírsavösszetételt befolyásolja az évszak, a régió és az állatok takarmánya is, javasolható, hogy minden környezetben végezzék el az összehasonlítást a két faj zsírnak összetételét illetően, és a helyi sajátságoknak megfelelő becselő rendszert hozzanak létre a tehéntej részarányának meghatározására.

Dolgoztak ki módszert a bivaly kazein micellák által nyúlban termelt ellenanyag segítségével, és a karotintartalom alapján is, minek az az alapja, hogy a bivalytej karotintartalma lényegesen kisebb a tehéntejénél. A bivalytej több laktenint és kevesebb agglutinint tartalmaz, mint a tehéntej, ami ugyancsak lehet a megkülönböztetés alapja.

A különféle fajok teje a különféle illó komponensek alapján is megkülönböztethető egymástól. A dimetilszulfon pl. a tehén, a kecske és a juhtejben az összes illó komponens 25%-át teszi ki, míg

ez az arány a bivalytejben csak 4%, ami ugyancsak lehet a megkülönböztetés alapja. A 3-metilbutanal csak a bivalytejben található, a fenilacetaldehid és a benzaldehid nagy koncentrációban található meg a kecsketejben, míg a 2-metilketonok és az 1-oktén-3-ol a bivalytejben található meg nagyobb koncentrációban, a feniletanol pedig, ami a juh és kecsketejben egyáltalán nem található meg, százszor nagyobb koncentrációban található a bivalytejben, mint a tehéntejben. Fentiek mind egy potenciális analitikai módszer alapját jelenthetik.

2.1.1.2. Az anyatej hamisítása egyéb tejekkel

A **peyhasedési teszt** során a kalcium acetát megfelelő koncentrációjú oldata a kazein fehérjéket 37 °C-on, a savófehérjéket pedig 60 °C-on csapja ki, de nem reagál a humán kolosztrummal. Ha pelyhek csapódnak ki az anyatejből, akkor az tehéntejet is tartalmaz. Az anyatejhez kevert tehéntejet telített réz-szulfát oldattal és 0.4% kadmium-szulfát oldattal is ki lehet mutatni, melynek során, tehéntej jelenlétében, csapadék válik ki. Az anyatej vizezését a **fagyáspont növekedés alapján** lehet kimutatni, de nagyon óvatosan kell bánni ezzel a módszerrel, mert a fagyáspont személyről személyre, sőt ugyanannál az anyánál is változhat.

Az anyatejhez kevert tehéntejet viszonylag könnyű kimutatni az anyatej, ill. a tehéntej **fehérjefrakcióinak tulajdonságaiban fennálló különbségek alapján**. Mivel a **β -laktoglobulin az anyatejben nem fordul elő**, annak jelenléte az anyatejben egyértelműen a hamisításra utal. Alkalmos a hamisítás bizonyítására a savófehérje frakcióban található α -laktalbumin és a kazein frakcióban található κ -kazein is. Ezeknek a fehérjefrakcióknak a segítségével 1% tehéntej anyatejhez keverése kimutatható. Az alkalmazott módszer a PAGE és az IEF.

Az **anyatej szabadaminosav- és taurintartalma lényegesen nagyobb**, mint a tehéntejé. Míg az anyatej taurintartalma 33,5 $\mu\text{mol}/100\text{ ml}$, addig a tehéntejé csak 1,9 $\mu\text{mol}/100\text{ ml}$, a glutaminsav esetében pedig 262,7 $\mu\text{mol}/100\text{ ml}$, és 28,8 $\mu\text{mol}/100\text{ ml}$. Ezek az értékek is lehetőséget adnak az anyatejhez kevert tehéntej kimutatására, hisz az mind a taurin, mind a szabad glutaminsav mennyiségét jelentős mértékben csökkenti. Mind a taurint, mind a szabad glutaminsavat meg lehet határozni ioncserés oszlopkromatográfiával oszlop utáni ninhidrinnel való származékképzéssel, vagy nagyhatékonyságú folyadékkromatográfiával oszlop előtti származékképzéssel.

2.1.2. Szójatej a tehéntejben

Az utóbbi időben a szójatej és a szója fehérje nagy figyelmet kapott mind gazdasági, mint táplálkozási szempontból. Ez különösen igaz a fejlődő országokra, ahol hiány van jó minőségű állati eredeti fehérjéből, melynek helyettesítésére, annak kiváltására vagy kiegészítésére a

szójafehérje kiválóan alkalmazható. Ezen túl a **szójatej** és a belőle készült tejtermékszerű anyagok **ideális tápanyagok a vegetáriánusoknak és a tejfehérje allergiában szenvedőknek**. Nehéz olyan analitikai módszert találni, mellyel a tejhez kevert szójafehérje kimutatható lenne, mert 10-20% szójatej tejhez történő keverése nem változtatta meg sem a joghurt, sem a sajt organoleptikus tulajdonságait. 20% szójatej hozzáadás nem változtatta meg az alvadási időt, ennél több esetben azonban már hosszabb alvadási idővel kell számolni.

A szerkezetben lévő hasonlóságok sajátos probléma elé állítja az analitikusokat, mikor szójafehérjét kell kimutatni egy tejtermékből. Több módszert is kidolgoztak erre a célra: a nátrium-dodecil-szulfát poliakrilamid gélelektroforézist (SDS-PAGE), a szerológiai módszereket és a peptid analízist. Ezek az analízisek mind a szójatej és a tehéntej fehérje tartalmában fennálló különbségeken alapulnak. A PAGE-val, 8,6-os pH-jú tris puffer alkalmazásával a tehéntejből hat, a szójából pedig kilenc frakciót lehet elkülöníteni. A szója globulin frakcióinak elektroforetikus mozgékonyasága nagyobb, mint a vonatkozó tejfehérjéé, a κ -kazeiné, de kisebb, mint a γ -kazeiné. Ezzel a módszerrel 2% szójatej tehéntejhez történő keverése kimutatható. Ezen módszereken túl a PAGE, az SDS-PAGE és a HPLC is jól használható a szójafehérje kimutatására, mely módszerek segítségével 5%-os szójatej hozzáadás nagy biztonsággal kimutatható, és a mennyisége meghatározható.

Értékelve a HPLC analízis során kapott csúcsokat, hitelesítő egyenes segítségével, 1%-nál több szójatej a tehéntejben nagy biztonsággal kimutatható. Ezen módszerek hátránya, hogy drágák, képzett személyzetet és drága műszereket igényelnek, ezzel szemben az ELISA módszerek lényegesen olcsóbbak, és velük is lehetséges 1%-nál több szójatej kimutatása. A szójatej mellett ezekkel a módszerekkel a tejhez kevert kókusztej is kimutatható.

Az elektroforézis és az izoelektromos fókuszálás analitikai alkalmazása

Az elektroforézis olyan elválasztási folyamat, amelyben **a szeparálandó komponensek elektromos erőterben különböző sebességgel vándorolnak**. A részecske vándorlási sebességét az elektrolitoldatban főképpen annak töltése és az elektromos térerő szabja meg. Az elválasztandó molekulának magának is lehet töltése, vagy a töltést eredményezheti a molekula felületére adszorbeálódott ion. A töltéssel rendelkező részecskéknek a közegben való mozgását gátolja a súrlódási ellenállás, amely a részecske átmérőjével és az oldat viszkozitásával arányos. A mozgást gátolhatja még az elektrolitoldat, melynek az elválasztandó anyag molekuláival ellentétes előjelű ionjai burokszerűen körülveszik a részecskéket. Ez az ionfelhő hidrátburkot vonz magához, mely gátolja a részecskék mozgását. A fékezőerő annál nagyobb, minél nagyobb a

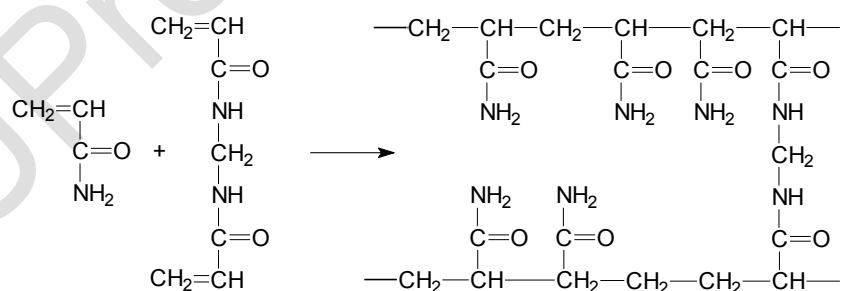
puffer ionerőssége, ezért a vizsgálandó molekula vándorlási sebessége elektromos erőterben az ionerősség növekedésével csökken.

Az elektroforézis valójában anyagkeverékek analitikai vagy preparatív elválasztására szolgáló eljárás, mely **az egyes komponensek elektroforetikus mozgékonyságának különbségén alapszik**. A mintaadagolás módja szerint lehet szakaszos vagy folyamatos üzemű, az elválasztáshoz alkalmazott közeg minősége szerint pedig megkülönböztethetünk szabad és szilárd hordozón végzett elektroforézist (a hordozó lehet papír, keményítő, agar, cellulóz-acetát, porózus üveg vagy poliakrilamid-gél). A használt feszültség nagysága alapján ismerünk kis-, közép- és nagyfeszültségű elválasztásokat.

Az analitikai eljárások közül a múlt század nyolcvanas éveig legelterjedtebb volt a papírelektroforézis, manapság azonban a poliakrilamid-gél elektroforézis (PAGE) szinte teljesen háttérbe szorította a többi módszert. A PAGE alkalmazásának legszembevetőbb oka nagy felbontóképessége, hisz míg a papírelektroforézissel a szérumfehérjéket csak 5–7 frakcióra, addig a PAGE-sel akár 50–60 frakcióra is szét lehet választani. Fentiek miatt a papír-, a cellulóz-acetát-membrán-, a keményítő- és az agargél elektroforézises technikákkal nem foglalkozunk, röviden ismertetjük viszont a PAGE alapjait.

A poliakrilamidgél-elektroforézis (PAGE)

A poliakrilamid, az akrilamid és az N,N'-metilén-bisz-akrilamid (BIS) térhálós szerkezetű polimerizációs terméke; a térhálósító BIS a poliakrilamid-láncokba beépülve szabad funkciós csoportjaival a szomszédos láncokkal is reagálni képes.



Az akrilamid és a BIS reakciója

A hálószerkezet kialakulásával polimer gélgomolyagok keletkeznek, melyekben a poliakrilamid-láncok a maximális entrópiának megfelelően szabálytalan alakot vesznek fel. Az akrilamid- és a BIS-koncentráció, valamint a polimerizáció foka megszabja az átlagos pórusnagyságot, a pórusnagyság pedig megszabja az azokon még átszűrődő molekulák maximális tömegét.

A poliakrilamid-gél előnye a kémiai stabilitás és indifferencia, a nagyfokú transzparencia, a tág határokon belül megválasztható pórusnagyság, az adszorpció és az elektrooszmózis hiánya, és a legtöbb oldószerben való oldhatatlanság. Fentiek miatt **a PAGE szinte valamennyi fehérje elválasztására és analízisére alkalmas**; jól szeparálhatók vele mind a neutrális, mind a bázikus, mind a savanyú karakterű fehérjék, mert a poliakrilamid-gél teljes mértékben inert, nem változtatja meg az elválasztandó fehérjemolekulák natív tulajdonságait. Ha a gél és a puffer összetételét jól választjuk meg, bármilyen molekulatömegű, illetve tulajdonságú fehérjét a legjobb felbontóképességgel tudunk elválasztani.

A poliakrilamidgél-elektroforézis folyamata a következők szerint összegezhető. A szétválasztani kívánt fehérjekeverék a mintagélbe kerül, amely nagypórusú, kis akrilamid-koncentrációjú gél. Az alatta levő réteg a gyűjtő- vagy elosztógél szintén nagypórusú, benne koncentrálnak az elektroforézis első fázisában az elválasztandó anyag. Az elválasztógél kisebb pórusú, melyben a fehérjemolekula-keverék frakcióira szeparálódik. A gélekben különböző pufferoldatok vannak, melyek a vezető-, illetve követőionokat tartalmazzák. A különböző összetételű gél- és elektródpufferek következtében a fehérjemolekulákkal együtt kétféle ion vándorol az elektromos erőter hatására; a gélben lévő puffer vezető ionjai, az ún. vezetőionok, és az elektródpufferből származó ún. követőionok. Az elválasztás kezdetén a minta- és a gyűjtőgélben csak vezetőionok találhatók, a követőionok pedig kizárólag az elektródpufferben vannak. Az áram bekapcsolásakor a vezetőionok nagyobb mozgékonyaságuk következtében a gyűjtőgélben a fehérjék és a követőionok előtt mozognak, egy kisebb vezetőképességű zónát hagyva maguk mögött. Mivel a vezetőképesség és az elektromos térerő fordítva arányos, a kisebb vezetőképességű zóna nagyobb térerőt kap, ami a fehérjéket és a követő ionokat felgyorsítja, melyek a vezetőionok mögött azonos sebességgel vándorolnak. Amint a vándorló fehérjezóna a gyűjtő- és az elválasztógél határára ér, megváltozik a pH és a pórusnagyság. Az elválasztógél pH-jának hatására a követőionok disszociációja és így mozgékonyasága többszörösére növekszik, ezáltal sebességük majdnem eléri a vezetőionokét, meghaladja minden fehérjemolekula mozgékonyaságát, melynek következtében a követőionok a fehérjék előtt, a vezetőionok mögött fognak haladni.

A PAGE alapvető vegyületei az akrilamid és a bisz-akrilamid, a katalizátorok, amelyek a térhálós szerkezet kialakításáért felelősek, a különféle detergensok, melyek a PAGE alkalmazási lehetőségeit tovább bővítik és tökéletesítik, és a pufferoldatok, amik az elválasztásnál az optimális pH-t és a különböző ionokat szolgáltatják. A különböző gélkészítési technikák ismertetése nem tartozik szorosan a tárgyhoz, ezért ettől eltekintünk. Azt csak megemlítjük, hogy a korábban alkalmazott pálcikaalakú géleket a laptechnika szinte teljes egészében kiszorította, mert ez utóbbi

sok minta párhuzamos futtatására alkalmas, az elektroforézis folyamán keletkezett hő elvezetése biztosabb, kétdimenziós elválasztásra is lehetőséget ad, a denzitometriás kiértékelés pontosabb, a dokumentálás könnyebb és könnyen alkalmazható az autoradiográfiás módszer is.

A fehérjeminták előkészítése, géltre vitele és az elektroforézis folyamata

A mintafelvétel előtt meg **kell határozni a vizsgálandó anyag fehérjetartalmát**, hisz attól függően, hogy a minta hány komponenst tartalmaz, egy mintahelyre 10–100 μg fehérjét kell feljuttatni annak ellenére, hogy egyetlen fehérje 0,1 μg mennyiségben is jól detektálható. 30–50 vagy több komponenst tartalmazó minta esetén 200–400 μg fehérjét kell a géltre felvinni. Biológiai folyadékokat a fehérjekoncentrációtól függő mennyiségben akár közvetlenül is a géltre lehet vinni, élelmiszerfehérjék esetében azonban az analízist meg kell előzni jelentős mértékű tisztításnak. Az előkészítés során 10–100 μg fehérjét tartalmazó oldathoz 0,1 cm^3 puffert adunk, amelyben előzőleg 0,1%-os metanol–ecetsav (9:1)-ban oldott bróm-fenolkéket teszünk, ami jelzőfestékként a frontvonal haladását mutatja az elektroforézis folyamán. Ebből a keverékből lehetőleg 10–20 μl anyagot rétegzünk egy-egy mintahelyre. Nagy ionerősségű oldatok esetében az elektroforézist megelőzően feltétlenül dializálni kell a hígított gyűjtőgéllal, vagy a hígított elektódpufferrel szemben.

A minta felvitele után indíthatjuk az elválasztást. Alkalikus pufferrendszerekben a fehérje, negatív töltésének következtében, az anód felé vándorol. Az egyenáramú áramforrást úgy kell megválasztani, hogy a feszültség és az áramerősség állandó kontroll alatt maradjon. A mintát kisebb áramerősség mellett koncentráljuk (1mA/gél), majd 2–5 mA/gélre növelve végezzük a fehérjemolekulák szétválasztását. Minden eltérő gélméret és puffer esetében más az optimális feszültség és áramerősség, azt azonban figyelembe kell venni, hogy ha a feszültség és az áramerősség az optimálisnál kisebb, akkor az elválasztott zónák életlenek lesznek, ha viszont nagyobb, akkor a keletkezett hő rontja a szeparációt. A futtatást addig folytatjuk, amíg a jelzőfesték a gél szélétől 0,5–1 cm távolságra nem ér, amikor az áramforrást kikapcsoljuk, és a géleket kiszedjük. A géllapok eltávolítása a készülék konstrukciójától függ. Egyes esetekben vékony tűvel és vízszaggal lehet eltávolítani, majd az elvált géllapot ajánlatos azonnal fixálóoldatot tartalmazó edénybe helyezni. A fixálás megakadályozza a fehérje kidiffundálását a gélből, és a festőoldatot is kíméli. Fixálás után a fehérjezónákat festéssel tesszük láthatóvá, majd sor kerülhet a fehérjefrakciók minőségi és mennyiségi kiértékelésére. Festésre leggyakrabban az amidofeketét vagy a Coomassie-kéket használjuk, melyek gélen megkötődő feleslegét mosással kell eltávolítani.

A proteinogram kiértékelése festés nélkül is megvalósítható az UV fényabszorpció segítségével, de alkalmas erre a fluorimetriás értékelés is fluoreszcens festést követően. A gyakorlatban jobban elterjedt azonban a festett proteinogramok értékelése, amelynek során a festékek a fehérjemolekulák szerkezeti sajátosságai miatt különböző módon kötődnek. A megfestett frakciók kvantitatíve ezért csak ugyanazzal a fehérjével felvett kalibrációs görbe alapján értékelhetők. A mennyiségi értékelés követelménye a jó elválasztás, a denzitométer és az integrátor, illetve a számítógép szoftver. Ilyen esetben is rendkívüli óvatossággal kell eljárni, hisz a mennyiségi értékelést befolyásolhatja a csúcsok nem megfelelő elválása, és ha a detektor érzékenysége nem lineáris az abszorpcióval.

Az elkészült proteinogramot 7%-os ecetsavban hosszú ideig lehet tárolni a festés intenzitásának csökkenése nélkül. Géllapokat dehidratálással is lehet tartósítani.

Speciális alkalmazások az élelmiszerfehérje kutatásban

Az élelmiszerfehérjék analízisére a PAGE sikeresen alkalmazható, azonban figyelemmel kell lenni arra, hogy az elválasztással kapott frakciók száma nem mindig adja meg a mintában lévő különböző fehérjekomponensek valóságos számát. Ugyanaz a fehérje vagy enzim több csík formájában is megjelenhet a proteinogramon, mert az esetek egy részében különbség lehet az izomermolekulák méretében, melyet a töltésbeli különbség vagy a kisebb ligandumkötés okozhat, és a frakciók konformációja is különböző lehet. Előfordulhat azonban az is, hogy a frakciók heterogenitását az eljárás során elkövetett hiba okozza a puffer és a fehérjemolekulák közötti, valamint az egyes fehérjefrakciók közötti kölcsönhatások következtében. Így az adott fehérjemolekula részleges disszociációja következhet be, a fehérje aggregációja állhat elő, a konformációs izomerek közötti kapcsolódás jöhet létre, és a fehérjemolekulák közötti komplexképződés sem zárható ki az elválasztás folyamán.

A PAGE alkalmazható élelmiszerfehérjék molekulatömegének meghatározására is. A fehérjék Na-dodecil-szulfáttal (SDS) való kezelése a molekulákat azonos töltésű random láncokká alakítja, mely az SDS gél-elektroforézis molekulatömeg meghatározására történő alkalmazásának az alapja. A különféle módszerek a fehérjéket SDS-sel inkubálják, merkaptó-etanolal kezelik, majd detergenst tartalmazó gél- és pufferrendszert használnak, melynek során **az SDS-fehérjekomplex elektroforetikus vándorlása a molekulatömeggel lesz arányos.** A vizsgálandó fehérje mozgékonyágát ismert molekulatömegű fehérje mozgékonyágával összehasonlítva a molekulatömeg meghatározható. Kalibrációs görbe készítése céljából meghatározzuk különböző ismert molekulatömegű fehérjék mobilitását, majd rendszerint **a molekulatömeg logaritmusát a**

mobilitás függvényében ábrázolva olyan **hitelesítő görbét kapunk**, aminek segítségével a vizsgált fehérje molekulatömege a relatív mobilitás alapján meghatározható.

A PAGE jól használható **enzimek specifikus kimutatására, elválasztására és mennyiségi meghatározására** is. Ezen túl a PAGE alkalmazható az élelmiszerfehérje kutatásban különféle fehérjék szétválasztására. A többkötetnyi alkalmazás közül kiemelkedő, hogy a PAGE-t alkalmazták a bab oldható fehérjéinek izolálására, közeli rokonságban lévő növények rokonsági fokának meghatározására, állati eredetű fehérjék (tej, tojás, hús) fehérjefrakcióinak elemzésére és az izomszövet oldható fehérjéinek jellemzésére. Az utóbbi időben olyan bonyolultnak tűnő feladatokat is sikerült a PAGE-val megvalósítani, mint a különböző fajú állatok tejének megkülönböztetése és a keverési arány meghatározása.

Különféle fehérjék szétválasztása és meghatározása izoelektromos fókuszálással

Az elektroforézis konstans pH-jú gélek és pufferek segítségével történik, ezzel szemben az izoelektromos fókuszáláshoz (IEF) olyan **pH-gradienst hozunk létre, amely a katódtól az anódig folyamatosan változik**, így tulajdonképpen pH-gradiens segítségével végezzük az elektroforézist. A pH-gradiensben az egyes fehérjék töltésüknek megfelelően vagy a katód, vagy az anód irányába vándorolnak, ott azonban, ahol a pH az egyes molekulák izoelektromos pontjának megfelelő, megállnak, hisz ott töltéssel nem rendelkező, semleges molekulaként viselkednek. Összefoglalva tehát **a fehérjék abban a pontban fókuszálódnak, ahol a közeg pH-ja a fehérje pI-jével azonos**. A módszer kidolgozását az tette lehetővé, hogy előállították a vivő Ampholine-preparátumot, ami különböző poliamino- és polikarboxisavak keveréke, amellyel sikerült megvalósítani a folyamatosan változó pH-t, mely pH-gradiens a meghatározás során stabilis. Az alifás poliamino- és polikarboxisavak jól oldódnak vízben, pH-értékük különböző, az egyes komponensek pH-ja 3 és 10 között változik, de megfelelő módszerrel a pH-intervallum választható például 4 és 6, 5 és 8, 7 és 9 vagy 8 és 10 között. A vivő-amfoliteknek 280 nm-en van abszorpciója, ami kis fehérjekoncentráció esetében nagyobb hibát okozhat. Ha a fehérjetartalmat színreakcióval akarjuk meghatározni, akkor mindenképpen dialízist kell alkalmazni legalább 500-szoros térfogattal szemben, 72 órán át, az oldószert 10–12 óránként cserélve.

Az izoelektromos fókuszálást szacharóz gradienssel is kombinálhatjuk, melynek segítségével elsősorban **a fehérje izoelektromos pontját tudjuk megállapítani**. Napjainkban legnagyobb jelentősége a poliakrilamid-gélben végzett izoelektromos fókuszálásnak van, aminek segítségével többek között a tejfehérje genetikai variánsokat is szét lehet választani. Az izoelektromos fókuszálás alkalmas lehet arra is, hogy különféle fajok egymáshoz kevert, hasonló karakterű fehérjéit szét lehessen választani, és mennyiségüket meg lehessen határozni.

Az izoelektromos fókuszálással a kanca- és a tehéntejből készült elektroforetogramokat összehasonlítva feltűnő a két állatfaj tejfehérje szerkezetének különbsége, amely legmarkánsabban a tehéntej α_s -kazein komponenseinek helyzetével és azok intenzív tónusával jellemezhető. A kancatej ugyanezen a helyen nem tartalmaz fehérjekomponenseket, ezért ha a hasonló körülmények között végzett IEF során a kancatejmintában ebbe a tartományba eső fehérjék fordulnak elő, akkor biztosan állítható, hogy a kancatejet más, vélhetően tehéntejjel elegyítették. Ha az elektroforetogramról denzitogramot is készítünk, akkor a kontroll tejminták felhasználásával az elegyítés mennyiségi arányára is kaphatunk információt.

2.1.3. A savó és az író kimutatása a tejből

A megnövekedett sajtifogyasztás következtében megnőtt a savó mennyisége, melynek elhelyezése és felhasználása gondot okoz. A savóból készült savópor lényegesen olcsóbb a soványtejpornál, de felhasználásának, a magas tejcukor tartalom miatt, korlátai vannak. A soványtejpör, az előírások szerint, csak fölözött tejből készülhet, és nem tartalmazhat savóból vagy íróból származó szárazanyagot, és oltó enzim sem lehet benne. A világon sok helyen az édes tejszínből készült vaj gyártása után visszamaradt **írót por formájában a soványtejpörhöz keverik**, amelynek kimutatására több módszert is kidolgoztak. A hamisítás tényét nyomon lehet követni a savófehérje frakció mennyisége, a tejsav mennyisége alapján, mely pozitív, ha meghaladja a 150 mg/100g-ot, és a hamutartalom alapján, mely pozitív, ha több, mint 8%.

Az írópör kimutatására fel lehet még használni az elektronmikroszkópot, mert a részecskék felülete eltérő, ha sovány tejből vagy íróból készül a por. Fel lehet még használni a savas kicsapódási tesztet, melynek a során a kazein micellák, a savófehérjék és az íróban lévő nagymennyiségű zsírgolyócska membránok eltérő módon viselkednek.

A pasztőrözött tej hamisítása is nagy problémát jelent a különböző országokban. Mivel a savó ára alacsony, organoleptikus tulajdonságai nem térnek el jelentősen a tejétől, egyértelmű, hogy a tej hamisításával jelentős gazdasági haszonra lehet szert tenni. A savó mennyiségét a tejben ki lehet mutatni a kazein-savófehérje arány alapján. A kazeint meg lehet határozni annak 4,6-es pH-n történő kicsapása után, ami utána visszamarad, az a savófehérje. A kazeintartalom és a foszfortartalom nagyon szoros összefüggésben van egymással, mert csak a kazein képes a foszfátot észter kötéssel megkötni, így a foszfortartalomból a kazein tartalomra, abból pedig a tej savóval való hamisítására lehet következtetni.

2.1.4. Savófehérje a tejtermékekben

Nagyon fontos annak ismerete, hogy a különféle tejtermékek mennyi tejszárazanyagot, és ebben mennyi teljes tejpórt tartalmaznak. A fagyasztott tejtermékeknek legalább 10% zsírt és 20% szárazanyagot kellene tartalmazni, és tudni kellene azt is, hogy mennyi benne a savófehérje és a kazein aránya. A festékkötéses módszerek alkalmasak ugyan pl. jégkrémek fehérjetartalmának meghatározására, de némiképp más eredményt adnak, mint a hagyományos Kjeldahl módszer. Különválasztani a kazeint a savófehérjétől nagyon nehéz, mert a különféle hőkezelési eljárásokat követően együtt csapódnak ki, gyakorlatilag elválaszthatatlanok.

Ahhoz, hogy ezt a két fehérjét meg lehessen határozni, a komplexet szét kell roncsolni, vagy valami egyéb megoldást, pl. mint amilyen a foszfortartalom alapján való becslés, kell alkalmazni. Mivel a foszfor csak a kazeinhez kötődik, a **foszfor/nitrogén arány alapján a kazein mennyisége**, még egy olyan összetett mátrixban is, mint a jégkrém, **becsülhető**. Alkalmazható ezen túl még a radiális immunodiffúzió a kazein és savófehérje mennyiségének becslésére. A kazein mennyiségének meghatározása a foszfortartalom alapján jól használható a nátrium-kazeinát és feldolgozott tejtermékek esetében is. A savópor, írópor vagy kazeinát hozzáadása a főlözött tejhez a cisztein-cisztin (-S-S-) komplex, valamint a szialinsav alapján mutatható ki. **A cisztein és a cisztintartalom egy módosított ninhidrin reakció alapján, vagy ioncserés oszlopkromatográfiával mérhető**. Az SH-csoportok mennyisége a normál sovány tejpóban 86,4 µg/g fehérje, amely savó vagy savófehérje hozzáadásra lineáris emelkedést mutat. 10% **savófehérje** hozzáadása a soványtejpórhoz **az SH-csoportok koncentrációját szignifikáns mértékben megnöveli**, ezért e módszer alapján a hozzáadott savó vagy savófehérje mennyisége meghatározható. Amennyiben a cisztein/cisztin arány nagyobb, mint három, és a szialinsav mennyisége meghaladja a 3%-ot, a savófehérje kiegészítés bizonyított. Lehetőség van még a HPLC és a gélelektroforézis alkalmazására is, de ezek drága technikák.

Az aminosav összetétel alapján is meg lehet határozni a hozzáadott savófehérje mennyiségét, amennyiben az eléri vagy meghaladja a 10%-ot. Ezt a módszert nem befolyásolja, hogy denaturált vagy nem denaturált savófehérjéről van szó, illetve hogy történt e hőkezelés, vagy nem. Próbálkoztak a glikomakropeptidek HPLC-s vagy spektrofotometriás meghatározásával is, de a bakteriális szennyeződés miatt sok volt a fals eredmény. Jó eredményeket értek el a renninnel keletkezett savópor édes íróporhoz történő keverésének kimutatásával, de még jobbak voltak az eredmények a savanyú alvasztás esetében kapott savópornál.

A módszereket összehasonlítva megállapítható, hogy a HPLC módszer mind megbízhatóságban, mind érzékenységben felülmúlja az összes többi, és vele 0,5% édes savópor hozzákeverése kimutatható a fehérjefrakciók analizise alapján.

A sajtgyártás során keletkezett édes savópor több vízoldható molekulát tartalmaz, mint a tej, ezért magasabb a laktóz, nátrium-, kálium- és kloridtartalma. Ezért egyértelmű, hogy a tejporból készített tej fagyáspontja lényegesen alacsonyabb lesz, ha savóport adtak hozzá. A fagyáspont csökkenésből regressziós egyenletek alkalmazásával a hozzáadott savópor mennyisége meghatározható.

Más módszerek is ismertek a hozzáadott savópor meghatározására, ezek azonban bonyolult előkészítési műveleteket igényelnek, ezért nem terjedtek el a gyakorlatban. Az infravörös spektroszkópia Fourier transzformációval kombinálva alkalmas lehet a fehérjék megkülönböztetésére.

2.1.5. Tejporból előállított (újraalkotott) tej

A tejpör előállítás során a fehérjék egy része denaturálódik, amit fel lehet használni az újraalkotott tej kimutatására. A festékkötéses módszerek valamint a gélelektroforézis nem tudott különbséget kimutatni a normál és az újraalkotott tej között. **A β -kazein és az α -laktalbumin aránya alapján** azonban 25% újraalkotott tej normál tejhez történő keverése kimutatható.

Elektronmikroszkópos vizsgálat során kiderült, hogy az újraalkotott (rekonstruált) tej olyan 500 nm-nél nagyobb átmérőjű aggregátumokat tartalmaz, melyek a normál tejben nem fordulnak elő. Próbálkoztak a rezaurinnal is, mely más szint ad a két tej esetében, és a tej összes redukáló kapacitását is próbálták ebből a célból alkalmazni. Úgy gondolják, ha a sűrűség és a fagyáspont meg is felel az elvárható értéknek, az újraalkotott tejek nitráttartalma, az alkalmazott hígítóvíz nitráttartalma miatt, nagyobb lesz, mint a normál tejé, hisz **a normál tej nitráttartalma rendkívül alacsony**. Ha nitráttartalom 1 mg/kg-nál nagyobb, akkor gyanakodni lehet, hogy a tej újraalkotott tejet is tartalmaz. A meghatározás során a nitrátot nitritté konvertálják, mely kemilumineszcens eljárással nagyon pontosan mérhető.

2.1.6. A tej- és tejtermékhamisítás egyéb lehetőségei

Amennyiben a tej mangántartalma magas, borjútáppal való hamisításra gyanakodhatunk, ugyanis a borjútáp mangántartalma elérheti a 10-15 mg/kg-ot is, míg a tejé csak 0,021 mg/kg körüli. A

tiszta tej kiegészítése növényi fehérjéket tartalmazó tejjel a savófehérje nitrogéntartalmának mérésével mutatható ki, miután a kazeint kicsapatták

A nyers tej pasztörözött tejhez történő keverése a **foszfátáz enzim** aktivitásának mérésével mutatható ki. A mozzarella sajt valóságos skenning elektron mikroszkóppal ellenőrizhető, ugyanis a hamisítványokban olyan zsírgolyócskák találhatók, melyek az eredeti sajtokban nem mutathatók ki.

Glükózt, nádcukrot, karbamidot vagy ammónium-szulfátot azért adnak a tejhez, hogy a vízzel való hígítás tényét elfedjék. Ezekkel az anyagokkal még a fagyáspont növekedést is meg lehet akadályozni, tehát kifinomult analitikai módszerekre van szükség a csalás leleplezésére. **A tejhez hozzáadott cukrot** a tejben eredetileg is jelenlévő tejcukor miatt **csak kromatográfiai módszerekkel**, elsősorban HPLC-vel **lehet analizálni**, amikor is nem a cukrok összes mennyiségét, hanem a cukrokat egyenként határozzák meg. Gyors az a módszer, amikor a cukrokat invertáz enzimmel hidrolizálják, a keletkezett glükózt és fruktózt pedig enzimatikusan, glükóz oxidáz-peroxidáz teszttel határozzák meg.

A konyhasó tejhez történő hozzáadása 0,4%-ig nem okoz íz változást a tejben, de ezzel egy időben 13% vizet is lehet a tejhez adni anélkül, hogy fagyáspontja lényegesen megváltozna. A savasság csökkentésére ammónia oldatot is adnak a tejhez, esetenként nátrium-bikarbonátot vagy antibiotikumokat, hogy hosszabb ideig eltartható legyen. 0,3% nátrium-bikarbonát hozzáadás lehetővé teszi a tej 10%-kal való hígítását vízzel, a mérhető paraméterek jelentős változása nélkül.

2.1.6.1. Egyéb zsiradékok a tejben, a vajban és a ghee-ben

Mivel a zsiradékok közül a tejszír az egyik legdrágább, annak hamisítása más egyéb olcsó zsírokkal a világon szinte mindenhol előfordul. Leginkább a növényi olajokat, ezen belül is a **lenmagolajat, valamint a marhafaggyút használják a legnagyobb arányban a hamisításra**. A legtöbb országban többféle módszert dolgoztak ki a vaj hamisításának felderítésére. A módszerek többsége a trigliceridek szerkezetének megállapításán, a zsírsavösszetétel elemzésén, az el nem szappanosítható lipidek mérésén (szterinek, szterin észterek, tokoferolok, karbonil vegyületek), vagy a fizikai tulajdonságok elemzésén alapul.

A legígéretesebb módszer a trigliceridek elemzése, melynek során a különböző szénatomszámú triglicereid segítségével a tejszír a többi zsírtól jól elkülöníthető, és 5-10% idegen zsír hozzáadás nagy biztonsággal kimutatható. Különböző képleteket dolgoztak ki, melyek segítségével nemcsak a hamisítás tényét tudták feltárni, hanem azt is, hogy **milyen típusú zsiradékkal hamisították a tejszírt**. Ezek a módszerek azon alapulnak, hogy **csak a tejszír tartalmaz vajsavat**,

kapronsavat, kaprilsavat és kaprinsavat, ezért a többi zsírnál jóval nagyobb koncentrációban fordulnak elő kisebb szénatomszámú trigliceridek benne, mint a többi zsíradékban. Óvatosan kell azonban kezelni az így kapott eredményeket, mert nemcsak a zsírsavösszetétel, hanem a trigliceridek összetétele is változhat az évszak, a régió és a laktációs állapot szerint. A téli tej pl. több rövid és közepes szénláncú trigliceridet tartalmaz, mint a nyári tej. Az ultraibolya fényabszorpció nem hozott sikert a növényi olajok kimutatására a tejszírből, a vajsav koncentrációjának mérése viszont sikeresnek bizonyult. Igen sikeresnek bizonyult e célból a **gázkromatográfia** (GC), melynek segítségével, kapilláris oszlop alkalmazásával, nemcsak a zsírsavakat, de a különböző helyzeti izomereket (cisz, transz, cisz-transz, cisz-cisz, transz-transz stb.) is meg tudták határozni. Ezen utóbbiak azonosítására jó hatásfokkal alkalmazták az infravörös spektroszkópiát is.

A transz telítetlen zsírsavak infravörös spektroszkópiájával pl. 0-30% vajhoz kevert gyapotmagolajat tudtak kimutatni. A transz telítetlen zsírsavak természetes módon előfordulnak a tejszírből, de nem találhatók meg a természetes állapotú, nem hidrogénezett (katalitikus hidrogénezés), növényi olajokban, ezért a transz telítetlen zsírsavak koncentrációjának mérése is lehetőséget ad a vaj hamisításának kimutatására. A kapott eredményeket itt is óvatosan kell kezelni, mert **a transz zsírsavak mennyiségét befolyásolhatja a takarmány transz zsírsav tartalma** és a marha bendőjében lejátszódó biohidrogénezési folyamatok is. A bendőben lévő mikroorganizmusok képesek a telítetlen zsírsavakat telíteni, a cisz izomerekből transz izomereket szintetizálni, sőt képesek az izolált kettős kötésekben konjugált kettős kötések előállítására, melynek eredménye lehet pl. az ember számára rendkívül hasznosnak tekintett cisz9, transz11 konjugált linolsav (és egyéb helyzeti izomerei).

A minősítés során a zsírsavak segítségével meghatározzák a különböző indexeket a tiszta, hamisítatlan tejszírra, majd a hamisított minta zsírsavösszetételét hasonlítva a tiszta minta összetételéhez a hamisítás bizonyítható, sőt arra is kaphatunk információt, hogy mivel hamisították a vajat. Japánban a vajsavat és kapronsavat, valamint a koleszterint határozzák meg gázkromatográfias módszerrel, majd a kapott adatokból következtetnek a hamisításra. A vajsav/kapronsav arány alapján a hamisítást akkor is ki tudják mutatni, ha **vajsavval átészterezett marhafaggyút vagy kókuszszírt adnak a vajhoz**.

Bár az évszaki és az égtáji különbségek lényegesek lehetnek a tejsír összetételét illetően, ezek a különbségek azonban szinte elhanyagolhatók, ha a vaj és a hamisításra használt egyéb zsírok és olajok zsírsavösszetételét hasonlítjuk össze. Különösen jól hasznosítható a vaj hamisításának kimutatására a laurinsav/kaprinsav, a mirisztinsav/kapronsav és a mirisztinsav/laurinsav arány. A következő olajokat és zsírokat használják rendszeresen a vaj hamisítására.

Növényi zsírok. A tejsír zsírsavösszetétele, monoglicerid- és triglicerid tartalma annyira különbözik a többi zsiradékétól, hogy nemcsak a növényi, de az állati zsiradékkal való hamisítást is ki lehet mutatni ezen komponensek mérése alapján. Figyelemmel a fajták közötti különbségekre, a klimatikus viszonyokra és a földrajzi elhelyezkedésre, a laurinsav/kaprinsav arány alapján a növényi zsírokat a vajzsírban nagy biztonsággal ki lehet mutatni. 10% kókuszszír, pálma olaj vagy repceolaj, illetve 5% szójaolaj a tejsírban a hosszú és a közepes szénláncú trigliceridek alapján kimutatható.

A sajtból a részlegesen hidrogénezett növényi zsírokat gázkromatográfiásan, a zsírsavösszetétel alapján lehet kimutatni. A zsírsavakból képzett indexek közül a vajsav/olajsav arány volt a legérzékenyebb a hamisításra, mert a növényi olajok sok olajsavat, és gyakorlatilag semennyi vajsavat sem tartalmaznak. Ez a módszer nem alkalmazható a kókuszszír esetében, mely viszonylag kevés olajsavat tartalmaz.

Az Indiában termesztett phulwara fa gyümölcséből készült növényi zsírral is hamisítják a gheet, mert színe és állaga nagyon hasonlít a vajéhoz, az ára viszont lényegesen olcsóbb. Mennyiségét a **trigliceridek vékonyréteg kromatográfiás analízisével** lehet mérni. Mivel növényi zsiradékról van szó, a koleszterin tartalom alapja is lehet a hamisítás kimutatásának. A koleszterin, ill. a fitoszterin mennyiségének mérése alkalmas lehet bármilyen növényi eredetű zsiradék kimutatására, mert a vaj szterintartalmának döntő többsége (több, mint 99%-a) koleszterin, és más típusú szterol vegyület gyakorlatilag nem fordul elő benne. A gyapotmag olaj főként β -szitoszterolt tartalmaz, de van még benne γ -szitoszterol és sztigmaszterol is, ezért a **növényi olajjal való hamisítást egyértelműen jelzi a koleszterin koncentrációjának csökkenése**, ill. a növényi szterinek koncentrációjának növekedése a hamisított élelmiszerben. A zsírok finomítása, szagtalanítása, gőzölése nem befolyásolja a módszert, az állati eredetű zsiradékok, hasonló koleszterein tartalommal, ezzel a módszerrel nem mutathatók ki a tejsírból. Két százaléknál több kukorica olaj vagy rizsolaj, 5%-nál több kakaóvaj, repce-, szezám-, szójabab-, len- vagy mogyoróolaj, 20%-nál több kókuszszír vagy pálmaolaj, vagy 35%-nál több pálmamagolaj ezzel a módszerrel kimutatható a vajból.

Az összes szénhidrogén és az összes szterol aránya az el nem szappanosítható frakcióban egészen más a szalonnában, a margarinban és ghee-ben, ezért ez is lehet a hamisítás kimutatásának alapja. A szalonna és a margarin 20-30-szor annyi szénhidrogént tartalmaz, mint a szarvasmarha ghee, és 10-15-ször annyit, mint a bivalytejből készült ghee. Fentiek alapján a szerkesztett regressziós egyenletek segítségével a ghee-hez kevert disznózsírt, ill. margarint nagy biztonsággal ki lehet mutatni.

A különféle növényi olajokban található olyan vegyületek, melyek csak abban az olajféleségben találhatóak, semmi másban. Ilyen pl. a szezámmag-olajban lévő szesamin és szesamol, melyek kimutatása egyértelműen utal a hamisításra, és ugyanerre utal a magas tokoferol tartalom is. A differenciál szkennig kalorimetria és a differenciál termál analízis is utalhat a hamisításra, ezek a módszerek azonban nem terjedtek el a gyakorlatban. Az alkoholban oldódó és az alkoholban nem oldódó triglicerid tartalom is alkalmas a megkülönböztetésre, ill. a hamisítás kimutatására.

Állati és tengeri eredetű zsírok. Az állati testzsírok vajban való kimutatása nehéz, mert ezek a zsírok nagyon sok tulajdonság tekintetében megegyeznek egymással. Sőt ezen a tényen átlépve megállapítható az is, hogy a bivalyokat gyapotmag pogácsával takarmányozva tejszíruk hasonló lesz ahhoz, mintha a vaját állati zsiradékkal hamisították volna. Nagyon nehéz az állati eredetű zsiradékot a tejszírban kimutatni, ezért több módszert dolgoztak ki és alkalmaztak több kevesebb sikerrel e célból.

Próbálkoztak a vajzsír és az állati zsiradék különböző oldhatóságával ecetsav: etilalkohol 3:4 arányú elegyében, a „vajsav szám” mérésével, az olvadás kritikus hőmérsékletének elemzésével (ghee 49,5-53,5 °C, között, faggyú 70-73 °C között), a karbamid által kicsapott és ki nem csapott zsirtartalom mérésével, fluoreszcenciával, melynek során a hamisított ghee kék fluoreszcenciát, míg a eredeti hamisítatlan halvány zöldet mutat, és különféle kromatográfiai technikákkal. Ezen utóbbi technikák lényege az, hogy vagy a triglicerideket, vagy valamilyen frakciót, de legtöbbször a zsírsavösszetételt határozták meg, melynek alapján, indexek képzésével, a vajhoz kevert különböző zsiradékokat meg tudták becsülni.

Az alkalmazhatóság szempontjából ezen **indexek közül kiemelkedik a sztearinsav: olajsav arány, az összes telített és az összes telítetlen zsírsavak aránya, a palmitinsav sztearinsav arány,** és a telített és a telítetlen trigliceridek aránya. Próbálkoztak enzimatisz módszerrel, nevezetesen a lipáz enzim alkalmazása után visszamaradt szabad zsírsavak analízisével, a 2-monoacil-glicerin meghatározásával is, melynek az az elvi alapja, hogy a rövid szénláncú zsírsavak a trigliceridekben kevésbé állnak ellen a lipáz támadásának, mint a hosszú szénláncúak. Az UV spektrum elemzésével a 220-420 nm tartományban a vaját és a disznózsírt el lehet, míg a vaját és a faggyút nem lehet elkülöníteni egymástól.

Kromatográfiai elválasztás után a halolajat az eltérő fluoreszcens jel alapján könnyű elkülöníteni a vajtól. Az illó zsírsavak desztillálásával és kromatográfiai meghatározásával 5-20% delfinolajat a vajtól könnyű volt elválasztani és megkülönböztetni. A vaj hamisítását triacetinnel vagy hidrogénezett delfinolajjal az illó desztillátum vezetőképességének mérésével ki lehetett mutatni,

ugyanis a tiszta vaj vezetőképessége kisebb, mint a hamisítotté, melyet a nagyobb koncentrációjú ecetsav és izovaleriánsav okozott a delfinolajban.

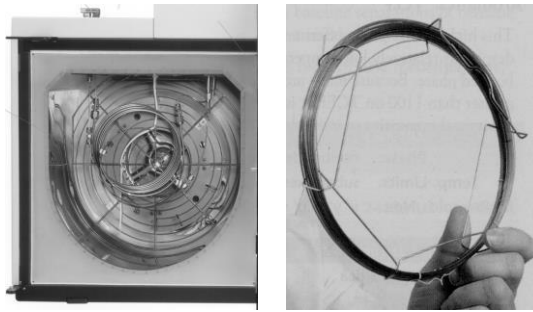
Egyéb hamisítások. Hamisított a vaj akkor is, ha különböző állatfajok tejéből készül, vagy ha magát a tejsírt módosítják valamilyen technológiai beavatkozással. Ha különböző kérődző állatfajok összekevert tejéből állítanak elő vaját, akkor azt szinte lehetetlen kimutatni, mert még a gázkromatográfiás zsírsavanalízis sem elég érzékeny a megkülönböztetésre. Indiában nagy mennyiségben használnak fel hidrogénezett növényi olajokat, és nagy arányban hamisítják is a gheet ezzel az olcsó élelmiszerrel. Mivel a hidrogénezés foka ma már jól szabályozható, az ilyen jellegű hamisítást még az érzékeny GC-s módszerekkel is nehéz kimutatni.

A zsír zsírsav-összetételének meghatározása gázkromatográfián

A gázkromatográfia elmélete

A gázkromatográfia a kromatográfiás módszerek közül egy olyan analitikai eljárás, mely összetett elegyek, komponensekre történő szétválasztását teszi lehetővé. A gázkromatográfia esetében a mozgó fázis gáz vagy gőz állapotban van jelen, az álló fázis pedig folyadék (kémiaileg inaktív hordozóra felvitt polimerek, zsírok, szilikonolajok) vagy szilárd anyag (aktív szén granulátum, szilikagél, alumínium-oxid). A gáz-folyadék kromatográfia esetén a folyadékban való oldékonyság különbsége választja el az elegy alkotórészeit. A gáz-szilárd kromatográfia esetén az elválasztás alapja az álló fázis felületén történő adszorpció különbsége. A gázkromatográfia rendkívül jól használható illó vagy illékonyra tehető vegyületek analízisére, valamint alkalmas az optikai izomerek szétválasztására is.

Összefoglalva tehát, a gázkromatográfia lényegében azon alapul, hogy **a különféle illékony anyagok molekulái adott hőmérsékleten, adott gáznyomás esetén különböző ideig tartózkodnak a szilárd vagy folyékony adszorbens felületén, azaz a molekulák szerkezetüktől függően különböző időtartam után deszorbeálódnak.** Ha egy adszorbenssel töltött kromatográfiás oszlopon gázelegyet áramoltatunk, akkor **az oszlopról először a leggyengébben adszorbeáló komponens lép ki, majd ezt követi a növekvő erősségű adszorpció sorrendjében a többi komponens. Az egyes alkotórészek különböző ideig tartózkodnak a kromatográfiás oszlopon. A gázelegy áramlásának kezdetétől számított idő, amely alatt az egyes komponensek az oszlopot elhagyják a retenciós idő,** amely adott kromatográfiás rendszerben jellemző az egyes komponensekre.



Egy gázkromatográf oszloptere és egy kapilláris oszlop

A gázkromatográfiához szükséges eszközök mind a gáz-szilárd, mind a gáz-folyékony rendszerű eljárásokban azonosak: vivőgáz rendszer, mintaadagoló berendezés, kromatografáló oszlop vagy kolonna, termosztát, érzékelő berendezés vagy detektor, és regisztráló berendezés, amelyet újabban a komputer és a szoftverek helyettesítenek.

A gázkromatográfiában csak olyan vivőgáz használható, amely sem a vizsgálandó anyaggal, sem az oszlop töltetével nem lép kémiai kölcsönhatásba. Leggyakrabban vivőgázként nitrogént, hidrogént, héliumot, argont, szén-dioxidot, ritkán levegőt vagy oxigént használnak. A kromatografálás készülékeket gázpalackból látják el vivőgázzal, amelyet még tisztítani vagy szárítani szükséges. A gázkromatografálás készülékbe a vivőgáz belépése után a mintaadagoló berendezés segítségével juttatjuk be a mintát. A vizsgálandó anyagot általában folyadék halmazállapotban tápláljuk a készülékbe, de lehetséges a gáz, sőt a szilárd halmazállapotba történő bejuttatás is. A kolonnában a mintának már légneműnek kell lenni, ezért folyékony vagy szilárd anyag vizsgálatakor az adagoló és az oszlop közé előmelegítőt kell beiktatni, amellyel a minta elpárologtatható. Folyékony minták adagolására különleges fecskendőket szerkesztettek, amelyek hozzájuk tartozó tűvel egy szilikongumi réteget szűrnak át, így a vizsgált anyagot a gázkromatográf kellően felmelegített adagolóterébe lehet fecskendezni. A készülékhez töltött és kapilláris vagy más néven üres kolonnák csatlakoztathatók.

A **töltött kolonnák** készülhetnek üvegből, alumíniumból, rézből, valamint saválló acélból. Átmérőjük 2–4 mm, hosszuk 1–6 m között változik. A hosszabb oszlopokat csak spirál alakban helyezhetjük el, mert másképp nem férnének el a termosztátban. A **kapilláris kolonnák** anyaga az előzőekben ismertetettekén túl lehet még műanyag is. A kapilláris csövek belső felületét különböző módszerekkel növelik azért, hogy minél több folyadékot lehessen arra felvinni. Belső átmérőjük 0,1–1 mm, hosszuk 10 és 100 m között változik, de speciális analitikai célokra használhatnak többszáz-méteres kapilláris kolonnákat is. A kapilláris kolonnát orsóra vagy egyéb tartóra tekerik fel, ami lehetőséget ad a ki- és bevezetés kialakítására is. A kromatografáló oszlop töltete attól függően, hogy adszorpciós vagy megoszlási kromatografálást végzünk, más és más lehet.

Adszorpciós gázkromatográfiában a töltet felületaktív, kémiaailag indifferent, nagy fajlagos felületű, poláros vagy apoláros szemcsés anyag. A megoszlási gázkromatográfiánál a folyadék töltetet a hordozóanyag felületére vagy a kapilláris cső falára viszik fel.

A nedvesítő anyaggal szemben követelmény, hogy a kromatografálás hőmérsékletén folyékony, kémiaailag közömbös legyen, és tartósan maradjon meg a hordozó felületén, illékonyága lehetőleg minél kisebb, oldékonysága minél nagyobb legyen. Nagyon jól megfelelnek erre a célra a különböző szilikonolajok. A szétválasztani kívánt komponensek tulajdonságaitól és a kolonna töltetétől függően a rendszert szobahőmérséklettől 400 °C-ig temperálhatjuk. Mivel a kromatográfiás elválasztást a hőmérséklet jelentős mértékben befolyásolja, a kolonna hőmérséklete csak szűk határok között ingadozhat. A mai modern készülékeknél a termosztát fűtése is megoldható, melynek során a termosztát hőmérséklete 0,1–50 °C/perc értékkel is változtatható.

A kolonnáról távozó komponensek folytonos, gyors és érzékeny észlelésére szolgálnak a különböző **detektorok**. A detektor a kilépő gázáram valamilyen fizikai vagy kémiai tulajdonságának megváltozását érzékeli a komponens megjelenésekor. E változás erősítőn keresztül észlelhető, regisztrálható és értékelhető. A regisztrált jelek összességét hívjuk **kromatogramnak**. A sok kifejlesztett gázkromatográfiás detektor közül legfontosabbak a **hővezető képesség mérő detektor**, a **lángionizációs detektor**, az **elektronbefogásos detektor** és a **lángfotometriás detektor**. Minőségi ugrást jelent a gázkromatográfhoz kapcsolt tömegspektrométer, melynek segítségével a szétválasztott komponensek a molekula tömegük alapján azonosíthatók. A lángionizációs detektor tulajdonképpen egy hidrogénégő, amelyben a láng két elektród között alakul ki, amelyekre 100–300 V feszültséget adunk. A hidrogénláng 2000–2200 °C hőmérsékletén a hidrogén is kismértékben ionizálódik, ami állandó alapáramot biztosít az elektródák között. Ha a kolonnáról szerves anyag jut a detektorba, abból a hidrogénlángban elégséges ionok keletkeznek. Ennek következtében a gáz vezetőképessége, s ennek megfelelően az ionáram jelentősen megnő. A lángot határoló két elektróda között keletkező ionáram a megfelelő erősítés után regisztrálható.

A detektor jelét egy műszer rögzíti, amelynek során megkapjuk az elemzés eredményét, a kromatogramot. Regisztráló műszerként általában vonalíró elektronikus potenciométert használunk. Integrátorok segítségével mérni lehet a csúcsok alatti területet, a csúcsok retenciósidejét, segítségükkel teljesen automatizált elemzés valósítható meg. Újabb készülékeknél a gázkromatográf működését komputerbe táplált szoftverek segítségével teljes körűen ellenőrizhetjük. A kromatogramok regisztrálására és értékelésére ma már kizárólag elektronikus

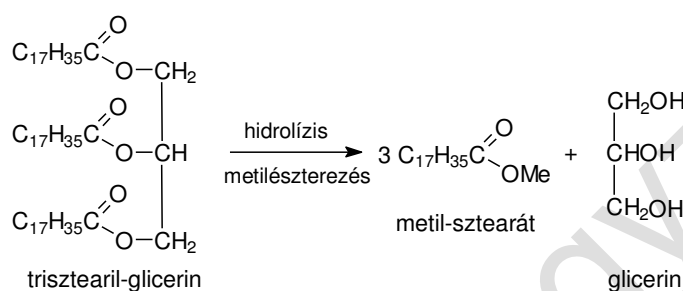
integrátorokat vagy számítógépet használunk, amelyek segítségével teljes mértékben kiküszöbölhető a fárasztó és időigényes kézi értékelés.

A gázkromatográfiás módszereket ma már az élelmiszeranalízis sok területén alkalmazzák. Így többek között gázkromatográfiával határozzák meg az antioxidánsokat, a tartósítószereket, a szermaradványokat, az íz- és aromaanyagokat, valamint az illó- vagy illóvá tehető komponenseket (alkoholok, aldehidek, zsírsavak, észterek), valamint újabban használható aminosav-meghatározásra is az aminosavak észterszármazékainak analízise során. A gázkromatográf nehezen illó, illó származékká nem alakítható és hőlabilis anyagok (szénhidrátok, egyes vitaminok) vizsgálatára nem alkalmas. Ezen utóbbi komponensek analízisét nagyhatékonyságú folyadékkromatográfiával lehet elvégezni.

Összefoglalásul a gázkromatográfiás analízis menete a következőképpen írható le. Az analizálni kívánt illó komponenseket megfelelő előkészítés, ill. származékképzés után a mintaadagoló mikrofecskendő segítségével a kolonnatér elejére juttatjuk be, 0,5–2 μl térfogatban. A magas hőmérséklet hatására a komponensek pillanatszerűen elillannak, és a gőzöket a vivőgáz (nitrogén, hidrogén, hélium vagy argon) viszi magával. A gőz komponensei az állófázisban oldódnak, de az érkező gázcsepecskéik hatására egy részük kilép a gázfázisba, előrehalad és ismét oldódik a folyadékban. Ez folyamatosan zajlik a kolonna egész hosszában, aminek eredményeként a vizsgált komponensek lemaradnak a gázfázishoz képest. Ez a lemaradás vagy retenció a különböző anyagoknál az eltérő oldhatóság miatt más és más, emiatt a különböző komponensek a kolonnán eltérő sebességgel haladnak végig, és annak végén külön-külön jelennek meg. **A minta injektálásától a komponensnek a kolonnából való kilépéséig eltelt idő a retenciósidő**, amely adott kolonnánál, hőmérsékleten és vivőgáz sebességnél nem változik, így a komponens azonosítására felhasználható. A kolonnából kilépő komponenseket a detektor érzékeli, amely az illósavak és a zsírsavak meghatározásakor lángionizációs elven működik. A szerves anyagok elégeése során keletkező szén- és hidrogéntartalmú ionok hirtelen nagy áramnövekedést okoznak, amit regisztráló készülékkel vagy komputerrel folyamatosan mérünk, így áramintenzitás-idő görbét kapunk, amelyet kromatogramnak nevezünk. A kromatogramok értékelése történhet kézzel, de ma már integrátorral, ill. komputerrel végzett értékelést alkalmazunk. A kromatogramon a csúcs helye az illető anyag minőségére, a csúcs nagysága (csúcs alatti terület) pedig az illető anyag mennyiségére jellemző tulajdonság.

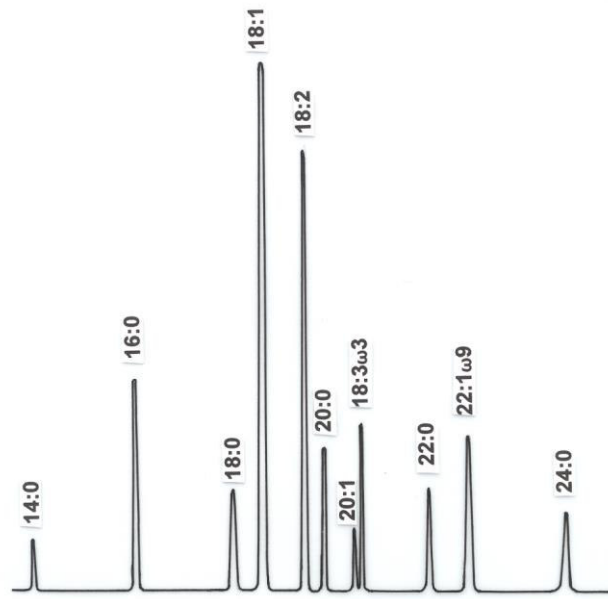
A napraforgóolaj és a disznózsír zsírsav-összetételének meghatározása. A módszer alkalmas a napraforgóolaj, valamint a disznózsír és az egyéb növényi és állati zsiradékok zsírsavösszetételének meghatározására. Gázkromatográfiás módszerrel elsősorban azok a komponensek vizsgálhatók, amelyek illékonyak, vagy 300 °C-ig illékonyá tehetőek. A triacil-

glicerinek ennek a követelménynek nagy molekulatömegük miatt nem felelnek meg, és alkalmatlanok erre a hidrogénhíd-kötések és az ennek következtében létrejött molekula-asszociátumok miatt a szabad, hosszú láncú zsírsavak is. Ezekből, valamint a triacil-glicerinek észterkötésének hidrolízise után szabaddá váló zsírsavakból zsírsav-metilésztereket szintetizálunk, majd a kapott vegyületet vizsgáljuk gázkromatográfiásan. A hidrolízis ill. az észterezés folyamatait a következő reakcióegyenlet mutatja.



A triglicerid hidrolízisének, illetve észterezésének folyamata

A meghatározás során 0,2 g napraforgóolajat vagy disznózsírt feloldunk 2 cm³ n-heptánban és víztelenítés céljából kevés kiizzított nátrium-szulfátot adunk hozzá. A víztelenített heptános oldatból 0,5 cm³-t egy fiolába pipettázunk, és hozzáadunk 0,5 cm³ nátrium-metilát reagenst, majd 60 °C-on 1 órán át melegítjük, 10 percenként összerázzuk. Ezt követően hozzáadunk 1 cm³ n-heptánt és 1 cm³ desztillált vizet, majd 1–2 percig rázzuk. A reagens feleslegének eltávolítása után a felső szerves fázisból injektálunk a gázkromatográfba. A zsírsav-metilészterek cianopropil állófázisú kapilláris oszloppal elválaszthatók, meghatározásukra lángionizációs detektor használható. A kapott kromatográfiás csúcsok alatti területek a zsírsav-metilészterek mennyiségével arányosak. Az eredményeket ennek megfelelően a zsírsav-metilészterek relatív tömegszázalékában adjuk meg.



A telített és telítetlen zsírsavak standard kromatogramja. (A csúcsok mellett a szénatomszám valamint a telítetlen kötések száma és helye látható).

Az illósavak meghatározása gázkromatográfián

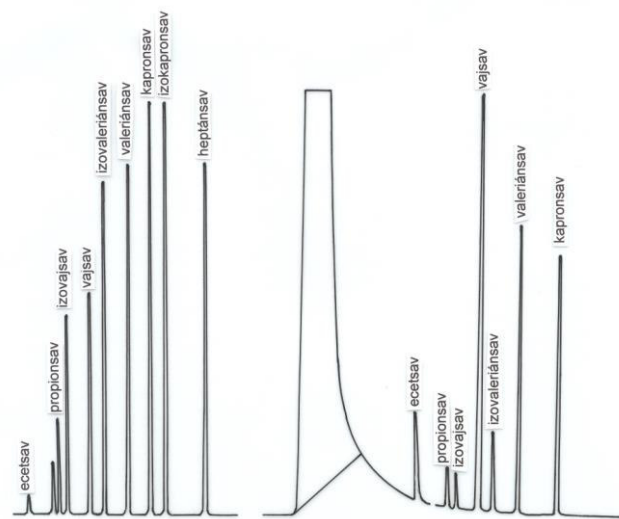
Illósavoknak hívjuk a 2–6 szénatomszámú monokarbonsavakat (ecetsav, propionsav, vajsav, izo-vajsav, valeriansav, izo-valeriansav, kapronsav és izo-kapronsav). Ezek az "illósavak" vizes oldatukból melegítéssel könnyen elillannak, tehát kidesztillálhatók. Illékonyáguknak köszönhetően szaguk is intenzív; az ecetsavé kis koncentrációban kellemes, de a többié kellemetlen. Gyakorlati szempontból az erjesztett élelmiszerek illósvartartalmának a meghatározása a legjelentősebb. Az erjesztéssel történő tartósítás során a cukortartalom anaerob bomlás következtében tejsavvá alakul. A folyamattal párhuzamosan végbemenő erjedések során ecetsav, propionsav, vajsav, valamint a fehérjebomlás következtében nagyobb molekulájú illózsírsavak is előfordulhatnak az élelmiszerekben. Az erjesztéssel készített táplálékokban 1–1,5% körüli tejsav-koncentráció kívánatos; a propionsav jelenléte nem káros, sőt hozzájárul az élelmiszer tartósításához. A vajsav jelenléte önmagában nem káros, de ártalmas folyamatokra, illetve rosszul végrehajtott erjesztésre silózássra utal, és rontja az organoleptikus tulajdonságokat. Izovajsav, illetve a nagyobb molekulájú illózsírsavak az aminosavbomlás eredményeként jelennek meg.

Az illózsírsavak meghatározását korábban frakcionált desztillálással, újabban viszont gázkromatográfiás eljárással határozzák meg. Az első eljárás szerint a különféle savakat a vizes oldatból kidesztillálták, szedőkben forráspont alapján elkülönítve felfogták, és mennyiségüket lúgos titrálással határozták meg. A desztillálás során a különböző savak nem váltak el tökéletesen

egymástól, ezért ezzel a módszerrel csak az ecetsav-, a propionsav- és a vajsavtartalmat vizsgálták, a többi illósavat pedig figyelmen kívül hagyták.

Napjainkban az illózsírsavak meghatározása gázkromatográfiás módszerrel történik. Ennek első lépésében 100 g erjesztéssel tartósított élelmiszert vagy takarmányt mérünk egy 1000 cm³-es mérőlombikba, ráöntünk 900 cm³ desztillált vizet, 1 napot állni hagyjuk, időnként összerázzuk. A szűrletből 4 cm³-t centrifugacsőbe mérünk, hozzáadunk 0,2 cm³ foszforsavat és 8000 g-n 10 percig centrifugáljuk. A felülúszót leöntjük, és ebből injektálunk 1 µl-t a gázkromatográfba. Az illózsírsavak analízise polietilén-glikol állófázisú kapilláris oszloppal történik lángionizációs detektálással.

Minden elemzés előtt általában naponta injektálunk standardoldatot, amely az összes meghatározni kívánt komponenst ismert koncentrációban tartalmazza. Megállapítjuk a retenciósidőket, meghatározzuk a koncentráció számításához szükséges faktorokat. A hitelesítő kromatogram elkészülte után injektálunk a vizes kivonatból, az integrátor vagy a komputer segítségével megállapítjuk, hogy mely savak találhatók benne, és a hitelesítő kromatogramhoz történő hasonlítással kiszámítjuk azok koncentrációját.



Az illózsírsavak meghatározása gázkromatográfiával

Standard

Savanyított élelmiszer

2.1.6.2. A tej vizezése és annak kimutatása

A tej vizezése talán a legközönségesebb élelmiszerhamisítás, amit hosszú ideje alkalmaznak. Ha csak vizet tesznek a tejbe az **könnyen kimutatható a fagyáspont meghatározása alapján**, ugyanis a víz hatására a tej eredeti fagyáspontja nő. A tej krioszkópiát előszeretettel használják a fagyáspont meghatározására, mert gyors, egyszerű és pontos módszer. A termisztoros

krioszkóppal, melyben a tejet túlhűtik, majd hagyják mechanikai hatásra megfagyni, melynek során annak **hőmérséklete** megemelkedik, majd a **fagyásponton rövid ideig állandó marad**, három százalék tejhez hozzáadott víz nagy biztonsággal kimutatható.

A tej fagyáspontjának meghatározására legáltalánosabban használt eszköz a Beckmann-krioszkóp. A készülék egy fagyasztó fürdőt tartalmazó üveghengerből, az ebbe belemerülő fagyasztó csőből, valamint a fagyasztó csőben elhelyezett Beckmann hőmérőből áll. A meghatározás során a megfelelően összeszerelt fagyasztócső oldalcsövén mintegy 20 cm^3 előzetesen egyenlősített tejet mérünk be, majd az így előkészített fagyasztócsövet 10-15 percre jeges vízzel telt fürdőbe állítjuk. A készülék üveghengerét só-jég keverékkel megtöltjük, majd ebbe helyezzük bele a fagyasztócsövet. A tejet platinakeverővel egyenletesen keverjük, majd mintegy $0,5 \text{ }^\circ\text{C}$ -kal a várható fagyáspont alá hűtjük. Ekkor a túlhűtés megszakítására az oldalcsövön át egy borsó nagyságú tej-jég darabkát csúsztatunk a túlhűtött tejbe, melynek hatására a hőmérséklet folyamatosan emelkedni kezd, majd megáll. A hőmérőben lévő folyadék segítségével a **hőmérséklet ezredfok pontossággal leolvasható**. A fagyasztócsőben lévő tej felolvasztása után a mérést még kétszer megismételjük, majd a mérések számtani közepét tekintjük a tej fagyáspontjának. Ezután a méréseket desztillált vízzel is megismételjük, és a két mérés közötti különbséget tekintjük a tej tényleges fagyáspontjának. Ha a tej megsavanyodik, akkor a fagyáspontja is csökken, ezért 7 SH° -nál magasabb savfokú minta vizsgálata esetén savfokonként $0,008 \text{ }^\circ\text{C}$ -ot vonunk le a leolvasott értékből. A tej fagyáspontja $-0,53 - -0,56 \text{ }^\circ\text{C}$ között változik. Ha a tej fagyáspontja $-0,53 \text{ }^\circ\text{C}$ -nál nagyobb, akkor a tej vízzel hamisítottnak tekintendő. Amennyibe a tej fagyáspontja $-0,53 \text{ }^\circ\text{C}$ -ról $-0,27 \text{ }^\circ\text{C}$ -ra nő, a hígítás mértéke 2 és 50 százalék körülire tehető.

Mások a tej fagyáspontját $-0,525 \text{ }^\circ\text{C}$ -ban szabták meg, amely ha ennél magasabb, akkor a tejet vízzel hamisították. Minden 1% vízhozzáadás a fagyáspontot $0,006 \text{ }^\circ\text{C}$ -kal megnöveli, ezért ezzel a módszerrel nemcsak a hamisítás tényét lehet kimutatni, hanem **a hozzáadott víz mennyiségére is kapunk információt**. Többen $-0,525 \text{ }^\circ\text{C}$ -nak javasolják a standard tejminta fagyáspontját megállapítani. A fagyáspont meghatározással akkor kell óvatosan bánni, ha a tej megsavanyodott, mely esetben a savanyodás mértékét a fagyáspont megállapításakor figyelembe kell venni.

A módszer sok objektív hibával terhelt. A tej fagyáspontját befolyásolja a laktációs állapot és a tőgygyulladás, a földrajzi elhelyezkedés, az évszak, a takarmányozás, a vízösszetétel, a tej kezelése, különösen a hűtés és a hőkezelés, amely tényezőkre a tej fagyáspontjának meghatározásánál figyelemmel kell lenni. A tej fagyáspontja mintegy $0,006\text{-}0,009 \text{ }^\circ\text{C}$ -kal nő a pasztörözés és $0,023 \text{ }^\circ\text{C}$ -kal az UHT kezelés hatására, ezért a fagyáspont nem minden esetben jó indikátora a hőkezelt tejek vizezésének. Fentiekén túl befolyásolhatja még a fagyáspontot az is, hogy reggeli vagy esti fejről van-e szó, és befolyásolhatja azt még a laktációs állapot és a fejés

ideje is. A fagyáspont meghatározás akkor sem elég érzékeny, ha írókat adnak a tejhez, egyrészt mert a két anyag fagyáspontja nagyon hasonló, másrészt mert nagyok az egyedi különbségek a fagyáspontban.

A tejnek konstans az ozmózis nyomása. A tej ozmózis nyomása elsősorban a laktóznak (4,6-4,9% a tehéntejben), másodsorban pedig a nátrium- és a kálium ionoknak, majd az összes többi ásványi anyagnak köszönhető, hisz a többi komponens ozmózis nyomásra kifejtett hatása elhanyagolható. Mivel a laktóz koncentráció viszonylag konstans, **bármilyen nemű ozmózis nyomás változás a só koncentráció változás eredménye**. Másrészt, ha nő a laktóz koncentrációja a tejben, az az állandó ozmózis nyomás miatt maga után vonja a só koncentráció csökkenését. A vizsgálatok nem találtak összefüggést az ozmózisnyomás és a fagyáspontcsökkenés között, tehát az ozmózis nyomás mérését nem lehet felhasználni a tej vízzel való hamisításának kimutatására. Viszont **ha a laktózt hidrolizálják glükózra és galaktózra, az jelentős mértékben fogja csökkenteni a fagyáspontot** (-0,274 °C-kal), és **növelni az ozmózis nyomást**. Fentiek miatt, ha a laktózt hidrolizálják, a tej mérsékelt mennyiségű vízzel való hamisítása, mivel a fagyáspont nem változik, nem mutatható ki.

Egyéb módszerek a tejhez adott víz kimutatására. A bivalytej 5-25%-os vizezése jelentős mértékben csökkentette az elektromos vezetőképességet. Az összefüggés a laktóztartalom, az elektromos vezetőképesség és a fagyáspont között nem volt szignifikáns, mert a tej összetételét, akár a laktóz tartalmát is, sok tényező, mint pl. a vemhesség, a takarmányozás, a különféle betegségek és a tej savanyodása, jelentős mértékben befolyásolja.

A tej vezettségének kimutatására használták még a felületi feszültség és a viszkozitásmérést, a tripszines emésztés és triklórecetsavas kicsapás után visszamaradt szűrlet abszorbanciájának mérését 280 nm hullámhosszon, és a nitrát ionok analízisét, mely egyértelmű jele a hígításnak. Az ultracentrifugálás után visszamaradó szűrlet refraktometriás analízise jól használható az anyatej vezettségének kimutatására. Használták még a termisztor krioszkópot, vagy a gőznyomás termométert is a vizezés kimutatására, ezek a módszerek azonban nem terjedtek el a gyakorlatban.

2.1.7. Tej és tejtermékek hőkezeltségének meghatározása

A tejet, a benne lévő esetlegesen patogén mikroorganizmusok miatt, hőkezelni kell. A tejiparban manapság szinte minden tej és tejtermék valamilyen hőkezelésen megy át, és csak a hagyományos tejtermékek jelentéktelen hányadát készítik nyers tejből. A hőkezelés néha nem elégséges a patogén csírák elpusztítására, néha pedig, technológia hiányosságából vagy akarattal,

nyers tejet kevernek a pasztőrözött tejhez, melyet a következő próbákkal lehet kimutatni, ill. a hamisítás mennyiségét becsülni.

2.1.7.1. A peroxidáz enzim kimutatása Storch-féle próbával

A Storch-féle próba a **80 °C feletti vagy a 75 °C hőmérsékleten 15 percél hosszabb ideig hőkezelt tej** vagy ilyen tejből készült tejszín, savanyú tej és tejkészítmények, tehéntúró, gomolya estén alkalmazható. A módszer lényege az, hogy a nyers vagy nem megfelelően hőkezelt tejben, vagy az ilyen tejből készült termékben lévő peroxidáz enzim a hidrogén-peroxidot bontja, és a felszabaduló atomos oxigén az N,N-dietil-1,4-fenilén-diamin-hidrokloridot szürke, kékesszürke színű vegyületté oxidálja.

Ha a Storch-féle próba során a vizsgált tej színe legalább tíz percig megtartja eredeti, a forralt tejjel azonos, színét, akkor peroxidáz enzim nem mutatható ki a mintából. A vizsgálat során a nehézfémek is okozhatnak elszíneződést, melynek kiküszöbölésére a vizsgálatot a felforralt mintával is elvégezzük, és a forralt tejjel kapott színárnyalattal a tényleges minta színét megpróbáljuk korrigálni. Amennyiben az elszíneződés hosszabb ideig megmarad, akkor a vizsgált termék a hőkezeltet nem kapta meg. Vegyszerrel tartósított minták ezzel a módszerrel nem vizsgálhatók.

2.1.7.2. A foszfatáz enzim mennyiségi meghatározása a 2,6-dibrómkinon-klórimid-fenol reakció segítségével

A foszfatáz enzim mennyiségi meghatározása a **80 °C alatti, vagy a 75 °C feletti hőmérsékleten 35 másodpercnél rövidebb időtartamig, illetve a 65 °C-on 30 percig hőkezelt tej**, valamint az ilyen tejből készült tejtermék esetén alkalmazható. A nyers, vagy elégtelenül hőkezelt tejben, vagy nyerstejjel kevert pasztőrözött tejben vagy ilyen tejből készült termékben a foszfatáz enzim a dinátrium-fenil-foszfátot hidrolizálja, a hidrolízis során felszabaduló fenol a 2,6-dibrómkinon-klórimiddel kék színeződést ad, amely a szabad fenol mennyiségével arányos, és fotometriásan mérhető. A foszfatáz enzim aktivitását **egy cm³ tej által felszabadított fenol µg-ban kifejezett tömegével** adjuk meg.

A vizsgálati anyagot hígítani kell, ha annak fényelnyelés alapján mért fenoltartalma a 20 µg/cm³-t meghaladja. Vakpróbaként el kell végezni ugyanakkor a mintának a foszfatáz enzim aktivitásának meghatározását úgy is, hogy előtte a mintát két percig forraltuk, majd szobahőmérsékletre visszahűtöttük. A mennyiségi meghatározás során kalibrációs görbét készítünk 0, 2, 5, 10 és 20 µg/cm³ fenoltartalmú oldatokkal. A standard oldatok, a vakpróba és a tényleges minta

fényelnyelését 610 nm-en mérjük, majd a szerkesztett kalibrációs görbét használjuk fel a foszfatáz enzim aktivitás mérésére. Amennyiben foszfatázenzim aktivitást tudunk ezzel a módszerrel kimutatni, akkor a minta a kellő hőkezelést nem kapta meg.

2.1.7.3. A foszfatáz enzim kimutatása hidrogén-orto-krezolftalein foszfáttal

Nyers vagy elégtelenül hőkezelt tejben vagy nyers tejjel kevert hőkezelt tejben vagy az ebből készült tejtermékben lévő foszfatáz enzim a hidrogén-orto-krezolftalein foszfátból orto-krezolftaleint szabadít fel, ami a lúggal lila-bíbor színeződést ad. Ha a próba elvégzése során a tejminta megtartja eredeti színét, vagy a felforralt mintával azonos színt mutat, akkor megkapta a kívánt hőkezelést, ha a kémcső tartalma halvány lila, vagy lila-bíbor színűvé válik, akkor a mintából foszfatáz enzim mutatható ki, és a minta a kívánt hőkezelést nem kapta meg.

2.1.8. A gyulladással összefüggő, kóros összetételű tej kimutatása

Masztitesztpróba

Az indirekt próbák, mint amilyen pl. a masztiteszt-próba és a Whiteside-próba a tejben lévő magas sejtek (hámsejtek, leukociták) mennyiségi viszonyait jelzik, ugyanis a reagens hatására a **sejtmagban lévő dezoxiribonukleinsav felszabadul**, és ennek a nyálkás konzisztenciájú anyagnak a mennyiségétől függ a reakció mértéke. Az ellést követő három-öt napon belül valamint a laktáció utolsó hónapjában nagyobb a tej hámsejt tartalma, ezért az ilyenkor pozitív reakció nem utal a tőgybetegségre.

A masztiteszt próba végrehajtása során egy fogantyús tálca négy csészéjébe az első tejsugarak kifejtése után 2-3 cm³ tejet fejtünk, majd mindegyikbe 2-3 cm³ masztiteszt reagenst töltünk. A reagenst és a tejet lassan összekeverjük, majd az elegy állományát és színét elbíráljuk. Ha az elegy változatlan konzisztenciájú és szürkés-kék színű, akkor a próba negatív, a tej egészséges tőgyből származik. Ha kevés átmeneti csomócskákat tapasztalunk (pozitív +), vagy maradandó nyálkás csomók, pelyhek jelennek meg az elegyben (pozitív ++), esetleg gyorsan sűrűsödő, de még folyékony, kifejezetten nyálkás csomókat kapunk bíborlila színnel (pozitív +++), esetleg az egész anyag kocsonyászerű, mozgatás után a csésze közepén csomókba összeálló elegy, mely rendszerint bíborlila (pozitív ++++), akkor biztosak lehetünk, hogy **a tej beteg tőgyű tehéntől származik**. A tesztfolyadékban lévő indikátor az elegy színét is jelzi: **a bíborlila vagy bíborkék a tej lúgos kémhatását, a sárga pedig a savanyú kémhatást jelzi**.

Whiteside-próba

Szekerációs zavarok esetén a tejben lévő nagyobb számban található fehérvérsejtek sejtmagjában található nukleinsavak a nátrium-hidroxiddal sót képeznek és kicsapódnak. A kicsapódás mértékéből a tőgygyulladásra, ill. szekrációs zavarra lehet következtetni. A Whiteside próba során a frissen fejt tej öt cseppjéhez két csepp 1 mólos nátrium-hidroxidot adunk, és fekete üveglapon 20-30 másodpercig üvegbottal jól összekeverjük. **Pozitív reakció esetén a nukleinsav nátriumsója kicsapódik.** A próba negatív, ha a tej konzisztenciája nem változik meg. Ha búzadaránál nagyobb maradék szemcsék válnak ki (pozitív +), vagy egyenletes nyálkakicsapódás látható (pozitív ++), esetleg a tej egynemű nyálkás tömeggé áll össze (pozitív +++), akkor a tej gyulladással tőgyből származik, emberi fogyasztásra alkalmatlan.

Az előzőekben ismertetett két próbát diagnosztikai célokra nem lehet felhasználni, a tehénállomány tejének vizsgálata viszont előnyös lehet olyan szempontból, hogy már az enyhe reakció is az elegytejből jelzi a mastitist, a nem megfelelő tőgyegészségügyi helyzetet. A pozitív elegytej minták esetén célszerű az állományt tőgynegyedenként átvizsgálni, és a szükséges beavatkozásokat, sok pozitív reakció esetében, elvégezni.

2.1.9. A fogyasztásra alkalmatlan, romlott tej mennyiségének kimutatása alizarin teszttel

Az alizarin teszt a tej savtartalma, ill. pH-ja megváltozásának kimutatásán alapszik, melyet alkalmazni lehet az istállóban a gyulladással tőgyből történő tej elkülönítésére, de alkalmas a szállítás vagy a tárolás során bekövetkező változások nyomon követésére is. Mivel a tejben lévő fehérjék is elveszítik eredeti formájukat a savtartalom növekedése hatására, a pH változás jelzője lehet annak is, hogy a tej alkalmas lehet-e olyan tejtermékek gyártására, mint az UHT tej, vagy a tejpör. Az alizarin indikátor és a tej reakciójából következtetni tudunk arra, hogy a tej pH-ja a savas vagy a lúgos irányba változott-e, és hogy a változás hogyan befolyásolja a tej technológiai tulajdonságait.

Amennyiben a tej pH-ja jelentős mennyiségben csökken a tejsavas erjedés hatására, az alizarin teszt pozitív lesz, de ilyenkor a tejfehérjék is koagulálódnak a tesztben lévő alkohol hatására, mert az alkohol megváltoztatja a negatív töltésű fehérjék és a víz kapcsolatát. Az alkohol elvonja a vizet, és mivel a fehérje stabilitása már csökkent a keletkező tejsav hatására, ezért a fehérjék az alkohol hozzáadására kicsapódnak. **A teszt során különböző alkohol koncentrációjú alizarin oldatot használnak,** melynek során az alkohol koncentráció 44 és 75% között változik, normál teszt esetében 68%, mely 0.4%-ban tartalmazza az alizarint. Amennyiben a gyanú szerint a tej megsavanyodott, a tejsav koncentráció 0,25-0,28% között van, akkor a fehérje már a 44%-os

alkoholtartalmú teszt alkalmazása során is kicsapódik. Ha a tejsav mennyisége 0,18-0,21% között van, akkor a 68% alkoholtartalmú tesztet alkalmazzuk, melynek során a próba pozitív. Érzékenyíthetjük a tesztet, ha az alkoholtartalmat 70%-ra növeljük, és ha a minta még a 75%-os alkohol tartalmú tesztnél sem mutat kicsapódást, akkor a tejminta ellenáll a magas hőmérsékletnek, és a fehérje még 100-112 °C-os hőkezelés során sem fog kicsapódni.

A fehérje kicsapódással párhuzamosan a tej színe is jelentős mértékben megváltozik az indikátor pH-függése következtében. A friss tej színe (pH=6,60-6,45; nincs kicsapódás) halvány lila, az enyhén savanyú tejé (pH=6,30-6,50; némi pelyhes kicsapódás lehetséges) barnás-rózsaszín, savanyú tej esetében (pH=6,00-6,20; kisebb pelyhek a tejben) intenzív barnás-rózsaszín, erőteljes savanyodáskor (pH kevesebb, mint 6; erőteljes kicsapódás) sárga, édes alvadásnál, mikor a pH kissé megnő (pH= 6,60-6,75; erős kicsapódás) halvány lila, tőgygyulladás esetében (pH nagyobb, mint 6,80; kis pelyhek) lila, lúg hozzáadására (pH nagyobb, mint 6,80; nincs kicsapódás) lila.

Mivel a laktáció elején és a végén a tej összetétele eltér a normál tejétől, ezek a tejek rendkívül érzékenyek az alkoholra, ezért az alkohol teszttel mind a kolosztrum, mind pedig az öregfejős tehén tejének normál tejhez történő keverése kimutatható. A frissfejős teheneknél a pozitív teszt még nem jelent technológiai hibát.

Végezetül a teszt eredményének értékelése: Ha a 68% alkoholtartalmú reagens hatására a szín világos lila, és nincs kicsapódás, akkor a tej jó minőségű, technológiai szempontból elfogadható. Ha a szín világos lila marad, de apró pelyhecskék előfordulnak, a tesztet meg kell ismételni, és az alizarin teszt mellett a rezazurin tesztet is el kell végezni. Ha a szín barnás rózsaszín és pelyhes kicsapódás állapítható meg, a tejet nem szabad feldolgozni.

2.2. A hús és a húsipari termékek hamisítása

A kereskedelemben leginkább a húsmarhától származó marhahúst, a sertéshúst, a baromfihúst, a birkahúst és a kecskehúst hozzák forgalomba. A fejlett országokban különböző húsmarha fajtákat tenyésztettek ki, melyeket akkor vágnak le, amikor húsuk a legjobb minőségű és a legnagyobb tömeget produkálják. A tejelő és igás marhák húsát a fejlődő országokban, elsősorban Ázsiában, használják emberi fogyasztásra, és az utóbbi időkben a vízi bivaly húsa is divatba jött Közép Keleten. A baromfihúst, beleértve a csirkét, a kacsát és a libát is, világszerte fogyasztják, és az utóbbi időben sok egzotikus állat és madár húsának fogyasztása is divatba jött.

A sertés és a marhahús fogyasztást néhány országban a vallási előírások tiltják, és nem fogyasztanak húst a vegetáriánusok sem. **A húsfogyasztás növekedésével előtérbe került a**

húshamisítás és annak kimutatására alkalmas módszerek fejlesztése. **A színhúsokat nehéz hamisítani**, a darált húsokat azonban, melyeket kolbász és húspogácsák előállítására alkalmaznak, viszonylag könnyű. A húsiparban **a szójaliszt vagy szója fehérje koncentrátum használata nem megengedett**, ezért az ilyen fehérjék kimutatására és meghatározására is dolgoztak ki módszereket.

A marha-, a sertés-, a birka- vagy a baromfi-hús minősége függ a fajtától, a kortól, a nemtől, a felnevelés helyétől, a takarmány összetételétől, a takarmány kiegészítőktől, a farm és az állatorvosi gyakorlattól, a vágás módjától a vágás utáni húskezeléstől, a tárolás minőségétől és még sok egyéb tényezőtől. Végezetül az organoleptikus tulajdonságok azok, amelyek az árat leginkább meghatározzák. Fentiek miatt nagyon nehéz a gyengébb minőségű hús jó minőségű húshoz való keverését kimutatni, ami igazán nagy kihívást jelent az analitikusok és módszerfejlesztők számára.

Az állattenyésztési gyakorlatban az utóbbi időben radikális változások történtek, különösen ami az állatélettan, a takarmányozás és a patológia vonatkozásait érinti. Korábban a takarmányozás során széles körben alkalmazott hozamfokozók, antibiotikumok, hormonok alkalmazása már sok országban tiltott, de e szabályok betartásának ellenőrzése is fontos feladat.

A magas versenyképességű, kiváló minőségű húsok előállításához egyre inkább nélkülözhetetlen a tudományos eredmények azonnali alkalmazása a napi gyakorlatban. A megengedett takarmányadalékokon kívül használnak tiltott anyagokat is, melyek kimutatása ugyancsak az analitika feladata. Afrikai országokban, elsősorban Kenyában mindennapos, hogy a **házi állatok húsát vadon élőkével hamisítják**, Ausztráliában pedig az, hogy kenguru húst kevernek háziállatok húzához. Ennek kimutatása szintén nehéz feladat elé állítja az analitikusokat.

Németországban a szarvashús több, mint ötven százalékát importálják, és megnőtt az apróvadak, valamint az afrikai antilopok és a kenguruk importja is. Több hamisításra derült fény, amilyen például az volt, hogy kecskehúst akartak drágán antilop húsként eladni. A marhacolbászt gyakran csirke és sertéshúsból készítették, és nem hús eredetű nitrogén tartalmú vegyületeket adtak a húshoz, hogy megnöveljék annak fehérje tartalmát. A különböző fajok húsának egymástól való elválasztása, a keverés kimutatása nagyon fontos a törvényszéki orvostanban és a hústermékek minőségbiztosításában.

2.2.1. A különböző fajok húsának azonosítása

Különböző módszereket dolgoztak ki a különböző állatfajok húsának kimutatására. Az eljárás során a nyers húst vagy húskészítményt homogenizálják, extrahálják desztillált vízben vagy híg sóoldatban, és szűrés vagy centrifugálás után olyan oldatot kapnak, mely a szarkoplazma fehérjét és a maradék vérfehérjét tartalmazza. Ez az oldat reprezentatív a különböző fajok fehérjeire, melynek segítségével az egyes fajok beazonosíthatók.

2.2.1.1. Elektroforézis

Az elektroforézist nagyon gyakran alkalmazzák a különböző állatfajok fehérjeinek azonosítására. A szétválasztott fehérjék a gélben nem specifikusan, vagy enzimológiai és immunológiai módszerekkel azonosíthatók. Az elektroforézis során használhatnak homogén gél, gél koncentráció és pH gradienssel, vagy alkalmazhatnak kicsapószerkezetet, mint amilyen pl. a karbamid, vagy detergenset a fehérje harmadlagos szerkezetének meghatározására. Az **elektroforézises technikák közül a PAGE a legalkalmasabb a húsfehérjék szétválasztására és meghatározására.** A hőkezelésnek kitett fehérjék esetében valamilyen oldószert kell alkalmazni, pl. a főtt lóhús és marhahús analízise során 8 mólos karbamiddal történő kezeléssel teszik alkalmassá a fehérjéket az elektroforézises vizsgálatra, melyet követően dialízis után a minta alkalmassá válik az oldható fehérjék és enzimek szeparálására. Ehhez hasonlóan lehet eljárni, amikor a húshoz hozzáadott szójafehérjét akarjuk kimutatni elektroforézissel, melynek során az extrakciót nyolc mólos karbamid és nátrium dodecil-szulfát oldattal végezzük el, és a szójafehérjéket keményítő-, vagy PAGE-vel választjuk el a húsfehérjéktől.

Hasonló módon lehet eljárni, ha a húspitéből vagy magas hőmérsékleten sterilizált húsból kell analízist végezni. Ennek során nyolc mólos karbamiddal extrahálnak, 1% 2-merkaptó-etanol jelenlétében, 18-20 °C-on, 16 órán át. A kapott oldatban lévő fehérjéket 6%-os poliakrilamid gélben választják szét egymástól. A karbamid széthasítja a hidrogén és egyéb kötéseket, melyek a hőkezelés során keletkeztek a hőkoaguláció miatt. Az autoklávozás vagy a konzerv hőkezelése során kovalens kötések is keletkezhetnek a fehérjeláncok között, melyet követően a karbamidos kezelés már alkalmatlan a fehérjeláncok visszaalakítására és extrahálására.

Ilyen esetben a peptidláncot cián bromiddal hasítják a metionin mellett, mely elegendő peptidet eredményez a fehérje azonosítására PAGE-val. A szójafehérjéket, e tej vagy tojásfehérjét ugyanezzel a módszerrel lehet kimutatni húskészítményekből.

2.2.1.2. Poliakrilamid gélelektroforézis

A PAGE három fő lépésből áll: a fehérjék extrakciója, a fehérje frakciók szétválasztása az elektroforetikus mozgékonyaság alapján, a fehérjecsíkok festése és a festék kivonása. A fehérjék festésére amido feketét használnak, melyet követően különböző helyeken, a fehérje koncentrációjának megfelelő intenzitású csíkokat kapnak, melyek segítségével a fehérjék minősége és mennyisége beazonosítható. Egy állatfajra a csíkok helye, száma és intenzitása karakterisztikus, melyek segítségével az egyes állatfajok, egy gyakorlott vizsgáló számára szinte ránézésre, szabad szemmel, beazonosíthatók.

Denzitóméter alkalmazásával nem csak a csúcsok minősége látható kromatogram formájában, hanem a csúcs szélesség és a csúcs intenzitás integrálása után, megfelelő hitelesítő egyenes segítségével, az egyes fehérjefrakciók mennyiségileg is meghatározhatók. A csíkok mintázata fajspecifikus, ezért az egymásba kevert fajok húsa ezzel a módszerrel nagy biztonsággal beazonosítható. A módszer alkalmas friss és fagyasztott minták vizsgálatára is.

2.2.1.3. Poliakrilamid gélelektroforézis izoelektromos fókuszálás

A poliakrilamid gélelektroforézis izoelektromos fókuszálás (PAGE-IEF) a fehérjék pH gradiensben történő mozgékonyaságán alapszik, melynek során a mozgás megáll ott, ahol a fehérje eléri az izoelektromos pontot, hisz ott töltése semleges lesz. Ez a módszer jó eredményeket adott, amikor a marha, a sertés, a ló, a birka, a bárány és a szarvashús analízisét végezték el, és szintén jó eredményeket adott a főtt garnélarák, a hal és halfilé, valamint az olajban sült cápa hús esetében is. A különféle hőkezelési módok, a konyhasó vagy a nitrit hozzáadás nem zavarta a módszert, bár a fehérjefrakciók élességét és mennyiségét a hőkezelés negatívan befolyásolta. Az alkalikus régió specifikus a különféle fajok fehérjéire, míg a savas régió inkább a hőkezelés intenzitásáról ad információt.

A kis molekula tömegű miozin láncok segítségével 5% marhahús sertéshúshoz történő keverése nagy biztonsággal kimutatható. A kimutatás pontossága megköveteli, hogy a standard és a minta analízise során ugyanazokat a paramétereket alkalmazzák. A tojásfehérjét húskészítményekből az ovomukoid extrakciója és PAGE-vel történő analízise során lehet kimutatni. A húshoz adott szójafehérjét is viszonylag könnyű kimutatni és meghatározni PAGE-vel mert a szója tipikus fehérjéje, a glicinin, egy határozottan elkülönülő csíkot ad a húsfhérjék mellett.

Ezzel a módszerrel **különbséget lehet tenni a dél afrikai antilop és az impala, valamint az őz és a szarvas húsa között**, és a hőkezelt marhahúst is meg lehet különböztetni az őz, a szarvas és a zerge húásától. A PAGE izoelektromos fókuszálást eredményesen alkalmazták a baromfi,

egyéb gazdasági állatok és a hal húsának megkülönböztetésére is. Izoelektromos fókuszálással olyan enzimek is megkülönböztethetők egymástól, mint az adenilát kináz, mely alkalmas a kenguru és a lóhús kimutatására marhahúsban, a peroxidáz, melynek segítségével a marhahús és a sertéshús különböztethető meg egymástól. A foszfoglükónát dehidrogenáz enzim analízise **alkalmas a birka- és a kecskehús megkülönböztetésére**, a laktát dehidrogenáz izoenzim pedig **tipikus bölényhús esetében**.

Amióta megtiltották a cetek húsának kereskedelmi forgalomba hozását, módszereket dolgoztak ki a különböző tengeri állatok húsának azonosítására és meghatározására. A hús és a különböző szövetek enzimeinek analízise alapján, PAGE-vel és IEF-fel, a különféle cetfajták húsa beazonosítható anélkül, hogy megfelelő standard mintára lenne szükség.

2.2.1.4. Poliakrilamid gélelektroforézis nátrium dodecil szulfáttal

Amikor a PAGE mellett nátrium dodecil szulfátot (SDS) is adnak a mintához, 2-merkaptó-etanol redukáló anyag mellett, **a fehérjék molekulatömegük szerint mozognak az elektromos erőterben**, így a fehérjéket a molekula tömeg alapján be lehet azonosítani, és mennyiségüket meg lehet mérni. A PAGE-SDS-t a marha-, a birka-, a bárány-, a szarvas- és a nyúlhús azonosítására alkalmazták. A módszer ezen túl alkalmas a friss vagy hőkezelt szójaliszt húshoz történő hozzákeverésének megállapítására, és különféle rákfajok húsának elkülönítésére. A módszer alkalmas ezen túl a 100 °C feletti hőkezelésen átesett fehérjék azonosítására is, e feletti hőmérsékleten azonban a sávok legtöbbször már eltűnik, és alkalmatlan az azonosításra. A módszer használható a 0,5%-nál több tejfehérje kimutatására kolbászból.

2.2.1.5. Immunológiai módszerek

Az immunológiai módszerek közül azok a legjobbak, melyek a speciális antiszérumot reagáltatnak azzal a húsextraktummal, melyből a hamisító anyagot, az idegen fehérjét vagy húst, ki akarják mutatni. A szérumfehérje csak a megfelelő antitesttel lép reakcióba, és a pozitív reakció a hamisítás tényét deklarálja. A juh, a sertés és a ló mioglobinnal antiszérumát előnyösen használták agar gél diffúzióval kombinálva ezen fajoktól származó fehérjék kimutatására marhahúsból. A nyúlban termeltetett anti-juh mioglobinnal antiszérumot, a kecskében termeltetett anti-sertés mioglobinnal antiszérumot, valamint nyúl anti-lószérumokat alkalmazták a minimum 3%-ban a marhahúshoz kevert különböző fajok húsának kimutatására. **A szójafehérjét hőkezelt húsokból ugyanezzel a módszerrel könnyen ki lehetett mutatni**, mert a módszer kivitelezése relatíve egyszerű, és az eredmények értékelése is könnyű.

Az **egyszerű immunodiffúziós módszernél** a gélben az antitestek egyenletes koncentrációban vannak elosztatva, az antigéneket (a húsból kivont fehérjéket) pedig a gélbe vájt lyukakba juttatva hagyják, hogy a gélbe diffundáljanak. Amint az antigén a gélben kapcsolatba kerül az antitesttel, egy precipitációs sáv, gyűrű keletkezik, melynek átmérőjét mérve nemcsak minőségi, hanem a gyűrű átmérője alapján mennyiségi meghatározásra is van lehetőség. A módszert sikerrel alkalmazták a szójafehérje, a hidrolizált tejfehérje és az ovalbumin kimutatására különböző élelmiszerekből.

A **dupla immunodiffúziós módszer** esetében az antigént és az antitestet a gél két szélén, egymástól határozottan elkülönítve helyezik el, majd hagyják, hogy azok egymás felé diffundáljanak. A két anyag találkozásakor precipitáció történik, mely az antigén-antitest komplexnek felel meg. Mivel az antigén és az antitest diffúzió is függ a diffúziós koefficienstől és az anyag koncentrációjától, a kicsapódások a gél különböző részein történnek meg, és könnyen értékelhetők. Ezzel a módszerrel a ló-, a sertés- és a csirkehús is kimutatható marhahúsból, melynek során a kimutatási határ lóhús esetén 5%, a csirke- és sertéshús esetében pedig 20%. Mind az egyszerű, mind a dupla immunodiffúziós módszernél a kapott jelek (precipitációk) átfedhetik egymást, ezért van egy bizonyos korlát, amelynél több frakció ezzel a módszerrel nem mutatható ki a vizsgált mintából.

A precipitációs reakciónál általában a precipitációs köröket értékelik, melyek segítségével egy hitelesítő egyenest tudnak létrehozni a mennyiségi kiértékelésre. Ennek során a konstans koncentrációjú antiszérumhoz eltérő, ismert koncentrációjú antigéneket adnak, melyek különböző nagyságú precipitációs gyűrűket hoznak létre. Ilyen antiszérumot létrehoztak az ökör, a bölény, kecske és a juh esetében is, és hatékonyan alkalmazták ezen fajok hújának kimutatására.

A kutatók olyan módszereket is kidolgoztak, melyekkel **a húshoz adott szérumot** (idegen víztartalmat) **is ki lehetett mutatni** friss és alacsony hőmérsékleten kezelt termékeknél. Ismertek olyan módszerek is, amelyekkel a húshoz kevert vázfehérjét (kollagént) lehet kimutatni és a tojásfehérje húshoz keverését ezzel a módszerrel könnyen lehet jelezni.

Az ELISA módszer alkalmazása

Nagyon sok ELISA módszer kifejlesztettek a húshamisítás kimutatására, melyek közül a legismertebbek azok, amikor alkalikus foszfatázt, peroxidázt vagy glükóz oxidázt használnak a szilárd hordozóhoz kötve elemzésre. A módszer segítségével Ausztráliában az alábbi állatfajok bármelyikének húsból egy százalékot bármelyikéhez keverve, az kimutatható. A vizsgált állatfajok

a következők voltak: szarvasmarha, ló, kenguru, birka, kecske, sertés, teve, bivaly és majom. A hatékonyság növelésére karbamidot és brómkrezolöldet használnak indikátorként.

Az ELISA módszerrel, az avidin-biotin rendszer kiépítésével, 0.7 g/kg koncentráció felett a **savófehérjéket is nagy biztonsággal ki lehet mutatni**. Ezzel a módszerrel a májpástétomhoz 6,5%-nál nagyobb mennyiségben hozzákevert savófehérje mennyiségét meg lehet határozni. A módszer érzékenységét cianogén-bromiddal aktivált nitrocellulóz membrán alkalmazásával tovább lehet növelni, így még a hőkezelt mintákból is ki lehet mutatni a savófehérjét, de a nyers mintáknál az érzékenység sokkal jobb.

A módszernek van egy direkt és egy indirekt változata. A direkt változat esetében a vizsgálni kívánt antigénnel hoznak létre antitestet a nyúlban, és ezzel végzik a vizsgálatokat, az indirekt módszer esetén pedig egy második antitest csoportot hoznak létre kecskében, ami a nyúl IgG-re specifikus. Az indirekt ELISA-t a hőkezelt sertéshús kimutatására alkalmazzák szinte minden hústermékből, így a módszerrel azt még a 120 °C-on 30 percig hőkezelt birkahúsból is ki lehet mutatni. Ugyancsak sikerrel alkalmazták az ELISA-t a szardínia konzervek azonosítására és a lóhús kimutatására nyers keverékekből.

Összefoglalva tehát az **ELISA az egyik legjobb módszer a húshamisítás kimutatására**, mert a tesztet három óra alatt végre lehet hajtani, mert 10%-nál nagyobb mennyiségű hamisítást bármely állatfaj húsaról legyen is szó, fel lehet fedezni, extra érzékeny esetben 1 mg húsminta elég az azonosításra, és végül kevesebb igen specifikus antiszérum szükséges a meghatározáshoz, és nem szükségesek extra tiszta készítmények, ami a költségeket jelentősen csökkenti.

Az indirekt ELISA módszer azért is nagyon közkedvelt, mert a húsextraktumot közvetlenül lehet alkalmazni a meghatározásra. Az ELISA-val és a peroxidáz-antiperoxidáz teszttel (PAP) a nyers, a részlegesen hőkezelt vagy a hőkezelt húsmintákat is el lehet különíteni egymástól speciális antiszérumok alkalmazásával. A dupla antitest szendvics technika ugyan csak alkalmas különböző állatfajok (sertés, baromfi) hújának elkülönítésére még főtt állapotban is.

Az autoklávval hőkezelt szója tripszines emésztése után kapott tisztított glicinin szintén alkalmas antiglicininrel történő kimutatásra, melynek során **a húshoz kevert szójafehérje nagy biztonsággal kimutatható és meghatározható**. A kereskedelmi forgalomban kapható kitékkel 2% 100 °C-on kezelt szójaliszt, ill. 1% szójafehérje koncentrátum hústermékekből kimutatható.

Ellen immunoelektroforézis

Ezen eljárás során **a meghatározni kívánt fehérjék az elektromos térben a katód felé, az antitestek pedig az anód felé vándorolnak.** Találkozáskor létrejön az antigén-antitest reakció, mely kicsapódás formájában látható és detektálható. Az érzékenysége a módszernek olyan nagy, hogy 300 az egyhez mennyiségű anyag is kimutatható vele.

2.2.2. Egyéb módszerek a húshamisítás kimutatására

A **savas foszfatáz enzim alapján** történő kimutatás széles körben elterjedt módszer, mert ez az enzim szinte mindenben előfordul, az élővilág minden szintjén jelen van. Próbálkozások történtek kimutatására húsmintákból abból az elgondolásból, hogy aktivitása a különböző húsokban lényegesen eltérő. Szignifikáns különbség van az enzimaktivásban a marha- és a kecskehús között, amely alapján a keverékek meghatározhatók, azonban az enzimaktivitás változik a korral, ezért később más bizonytalan eredményeket ad.

A vizsgálónak viszonylag könnyű dolga van, **ha növényi eredetű fehérjét, pl. szója, kell kimutatni a húsból.** A szójával való hamisítást a szója szénhidrátjai, elsősorban pentózái alapján lehet kimutatni, a pentózak ugyanis a húspanban csak igen kis koncentrációban fordulnak elő. Nem csak a szója esetében, hanem az egyéb növényi eredetű anyagok hozzákeverésével (pl. fűszerek) nő a pentóz-, különösen a pentozánok mennyisége, ami felhasználható ezen anyagok kimutatására.

Specifikus peptidek analízisét is felhasználhatják a hamisítás kimutatására. A 18 fehérjeépítő aminosav közül van pár, elsősorban metilezett származék, ami a kimutathatóság alapja lehet. Így pl. a sovány húspanban az N-metil-lizin az ami a kimutatás alapját képezheti, míg a marha, a sertés és a csirkehús N-metil-hisztidint tartalmaz 11-13 µg/g koncentrációban. Mivel mindkét aminosav mennyisége széles határok között változik, és a technológia is befolyásolja a koncentrációt, ezért a módszer a hamisítás kimutatására nem terjedt el a gyakorlatban. A vázfehérjék tartalmaznak egy hisztidin-tartalmú dipeptidet, az anszerint (β-alanil-L-1-metil-hisztidin), a karnozint (β-alanil-L-hisztidin) és balenint (β-alanil-L-3-metil-hisztidin), melyek alapján a húshoz kevert vázfehérje kimutatható, ugyanis ezen peptidek aránya nagyon jellemző a különböző állatfajokra, melyeket még a hőkezelési eljárások sem befolyásolnak. A három aminosav származék, és a köztük lévő arány olyan jellemző az egyes állatfajokra, hogy a hamisítás ténye velük könnyen kimutatható. Fentiekén kívül vannak még olyan dipeptidek is, amelyek jellemzőek pl. az élesztőre, a húsról és

különböző extraktumokra, és ott vannak még a nukleotid bázisok is, amelyek mennyisége ugyancsak használható a hamisítás kimutatására.

A csirke- és a pulykahús egymáshoz keverését HPLC-s módszerrel viszonylag könnyen ki lehet mutatni. A módszer nagyon egyszerű: vizes extrahálás, melyet követően a mintát, tisztítás és szűrés után, azonnal be lehet táplálni a HPLC oszlopára. A csirke és a pulyka kromatogramok esetében lehet találni olyan csúcsokat, amelyek csak az egyik vagy csak a másik kromatogramon fordulnak elő, ami alapján a húsok beazonosíthatók. Készíthető egy kalibráció ezekre a specifikus, de valójában azonosítatlan csúcsokra, mely segítségével 5-100% arányban egymáshoz kevert minták meghatározhatók. **A fehérje profil analizésével a különböző nyers hal minták is megkülönböztethetők egymástól.** A módszert nem zavarja az évszak, a hely, az időjárás vagy pl. a szárítás módja. Ezzel a módszerrel a savófehérjék is kimutathatók húskeverékekből. Az analízis pár perces előkészítést követően mintegy egy órát vesz igénybe.

A fehérjék oszlopkromatográfiája

A kromatográfia szorpción és deszorpción alapuló elválasztástechnikai módszer, melynek során az elválasztandó anyagok egy keskeny kezdeti zónáról különféle szorbenseken, folyadék- vagy gázáramlás hatására, eltérő sebességgel mozdulnak el. A fehérjeanalitikában és a preparatív elválasztástechnikában az oszlopkromatográfia kiemelkedő jelentőségű, amelynek segítségével hasonló szerkezetű frakciók választhatók el egymástól, preparatív oszlopkromatográfiával pedig **egy-egy anyag igen nagy tisztaságban izolálható.** Fehérjék szétválasztására és meghatározására mind a folyadék-szilárd, mind folyadék-folyadék kromatográfia elterjedt, melyek az elválasztást előidéző hatások alapján adszorpció, megoszlásos és ioncserés elválasztásokra oszthatók. Mindhárom esetben követelmény, hogy az állófázis oldhatatlan legyen a mozgófázisban, az állófázis irreverzibilisen ne kösse meg az elválasztandó anyagokat, ne bontsa el azokat és ne lépjen reakcióba a mozgófázis komponenseivel. Az eljárás során az oszlopon az elválasztandó anyagok különböző erővel kötődnek, majd a mozgófázis áramoltatásával a kötődésük erősségétől függően deszorbeálódnak, az oszlop további részében pedig ismét adszorbeálódnak az állófázisra. Ez a folyamat folytatódik az oszlop teljes hosszában, melynek során jelentős eltolódások jönnek létre a szétválasztani kívánt komponensek között, aminek következtében az elválasztandó komponensek különböző időpontban elkülönülve jelennek meg az oszlop végén. Az eluált anyagot a fehérjeanalitikában általában UV-abszorpcióval határozzák meg; az **UV-abszorpció időbeni változását ábrázolva kapjuk a kromatogramot,** melynek segítségével az egyes komponensek azonosíthatók és mennyiségileg meghatározhatók.

A fehérjék vizsgálata adszorpciós oszlopkromatográfiával

Az adszorpciós kromatográfiában alkalmazott szorbensek közül csak kevés alkalmazható fehérjék elválasztására, mert ezen szorbensek **hidrofil aktív centrumain a kötődés adszorpcióval megvége**, kapacitásuk nagy molekulájú anyagokkal szemben viszonylag kicsi, így a fehérjék csak kis határfokkal választhatók el ezzel a módszerrel. Az ilyen típusú kromatográfiás körülmények között a fehérjék denaturálódhatnak és biológiai aktivitásukat is elveszíthetik, ennek ellenére számos alkalmazást írtak le fehérjék szétválasztására ezzel a módszerrel. Hidroxi-apatiton például elemezték az albumin- és a γ -globulin-frakciókat, a tojássárgája lipoprotein- és kromoprotein-frakcióit, meghatározták a lizozim és az ovalbumin mennyiségét, és szétválasztották a szérumprotein-frakciókat.

Ritkán ugyan alkalmazták adszorbensek a fehérjeanalitikában az alumínium-oxidot, a cellulózt, a kaolint és a szilikagélt, azonban ezek jelentősége a gyakorlatban minimális.

A fehérjék vizsgálata megoszlásos oszlopkromatográfiával

A megoszlásos oszlopkromatográfia során **az elválasztás alapja az elválasztandó anyag ismételt ellenáramú megoszlása egy álló- és egy mozgófázis között**. Az állófázis egy szemcsés hordozóra felvitt nagy viszkozitású folyadék, a mozgófázis pedig vizes oldatok és szerves oldószerek különböző összetételű elegye. A fázisok közötti egyensúlyi koncentráció-megoszlás elsősorban a mozgófázis polaritásától függ, ezért a megoszlási hányados a mozgófázis összetételének változtatásával módosítható. A megoszlásos oszlopkromatográfia az adszorpciós oszlopkromatográfiához hasonlóan a fehérjekutatásban nem tudott igazán nagy jelentőségre szert tenni, melyet azokkal a bonyolult viszonyokkal lehet magyarázni, melyek az álló- és mozgófázis, valamint a fehérjék kölcsönhatása következtében kialakulnak.

A fehérjék vizsgálata ioncserés oszlopkromatográfiával

Az ioncserélő oszlopkromatográfia álló fázisa egy olyan ioncserélő anyag, amelynek mátrixához elektrolitos disszociációra képes csoportok kötődnek kovalens kötéssel. Azokat az ioncserélőket, amelyek mátrixán **a fix ion negatív töltésű savmaradék, kationcserélőknek, a pozitív töltésű fix iont** tartalmazókat pedig **anioncserélőknek** nevezzük. A fix ionok ellenionjai ugyanolyan töltésű más ionokkal kicserélhetők. Az ioncserés kromatografálás során a szorbens ellenionjait először az oszlopra adagolt minta ionjai váltják fel, majd ezeket, töltéseik nagyságával ellenkező sorrendben, az eluáló pufferoldat ionjai fokozatosan kicserélik. A kicserélés, illetve elválasztás függ a kromatografálás hőmérsékletétől, valamint a mozgófázis ionkoncentrációjától és a pH-tól. Az

ioncserélő szorbenseken a fehérjék főként Coulomb-féle erőkkel kötődnek, az elektrosztatikus kölcsönhatásokon kívül azonban apoláros adszorpcióval és hidrogénhidakkal való kötődéssel is számolhatunk. A nagy molekulatömegű fehérjék esetében a töltést nem csak az őket alkotó aminosavak aránya határozza meg, hanem jelentősen befolyásolja azt az oldószer pH-ja is. Az izoelektromos pontnál kisebb pH-jú oldatban a fehérjemolekulák pozitív, nagyobb pH-jú oldatban pedig negatív töltésűek lesznek, ezért **a pozitív töltésű anyagok szorpciójához kationcserélő, a negatív töltésűekéhez pedig anioncserélő szorbenst kell alkalmazni**. Az izoelektromos pont felett és alatt egy-egy pH-tartományban a fehérjék mind kation-, mind anioncserélő gyantán kromatografálhatók, az izoelektromos pontban viszont az ikeriont nem köti meg sem a kation-, sem az anioncserélő szorbens. Fehérjék oszlopkromatográfiás elválasztásához ioncserélő műgyantákat, cellulóz alapú ioncserélőket vagy ioncserélő-géleket alkalmaznak.

Elválasztás ioncserélő műgyantákon. A fehérjék ioncserés oszlopkromatográfiás vizsgálatakor ügyelni kell arra, hogy a nagy molekulatömegű, erősen differenciált térszerkezetű anyagok a szorpció következtében könnyen denaturálódhatnak, mások pedig az ioncserélő gyanta funkció csoportjaira irreverzibilisen kötődhetnek. A feladat megoldásához szükséges optimális ioncserélő kiválasztását elősegíti, ha ismerjük az elválasztandó anyagok izoelektromos pontját, biológiailag aktív anyagok esetében pedig azt a pH-tartományt, amelyben stabilitásukat nem veszítik el. A fehérjeanalitikában leggyakrabban **divinil-benzollal különféle mértékben térhálósított szulfonált polisztirol, valamint polimetakrilsav műgyanták** kerülnek felhasználásra. A kationcserélő műgyantákon kromatografálható fehérjék általában kisebb molekulatömegűek, és bázikus jellegűek. Szulfonált polisztirol műgyantán sikerült szétválasztani olyan fehérjéket, mint a *citokrom c*, a *ribonukleáz*, a *dezoiribonukleáz*, a *lizozim*, az inzulin, a prolaktin, a *pektináz*, a *celluláz*, a *papain*, a növekedési hormon, a hisztonok, a hemoglobin, a *tripszinogén*, a *kimotripszinogén* és a *kimotripszin*. Nagy számú publikáció jelent meg a peptidek ioncserés oszlopkromatográfiás szétválasztásáról és meghatározásáról is. Vizsgálták egyes fehérjék enzimhasítás után kapott fragmenseinek mennyiségét is, és így ez az eljárás is hozzájárult a fehérjék elsődleges szerkezetének meghatározásához.

Elválasztás cellulózalapú ioncserélőkkel. Igen jó hatásokkal használhatók fehérjék és peptidek elválasztására az erősen hidrofil, cellulózalapú ioncserélők és gél ioncserélők. Az ioncserélő cellulózszármazékok aktív csoportjai a cellulóz felületén helyezkednek el, de ezek mellett a cellulóz hidroxilcsoportjai is megkötik a bonyolult szerkezetű fehérjéket anélkül, hogy azok a szorpció következtében denaturálnának. A leggyakrabban használt cellulózszármazékok a karboxi-, a metil- és a foszforilált-cellulóz kationcserélők, a dietil-amino-etil-, az amino-etil- és az epiklór-hidrinezett, valamint trietil-aminozott cellulóz anioncserélők.

Az ioncserélő cellulózszármazékok igen hamar elterjedtek, és nagy jelentőségre tettek szert a fehérjeanalitikában. Ezek az anyagok a cellulóz rostos szerkezete és a cellulózmolekula hidroxilcsoportjai miatt nagy mennyiségű vizet tudnak felvenni, ezért a duzzadt cellulóz tömege 7–10-szerese lehet a száraz cellulóz tömegének. A száraz ioncserélő cellulóz előkészítésének első lépése ezért a cellulóz hidratálása, majd az első eluáló pufferrel történő szuszpendálást követően a kromatografáló oszlopba való töltése. A szétválasztani kívánt fehérjeoldatot az oszlop felett lévő puffer alá rétegezhethetjük, vagy pedig az oszlop feletti puffer leengedése után az oszlop felszínére engedhetjük a kromatografálandó oldatot. Ezt követően növekvő pH-jú és ionkoncentrációjú pufferekkel, gradienselúcióval választjuk szét a frakciókat. Miután a fehérjefrakciók elhagyták az ioncserélő oszlopot, az oszlop töltetét 1 M NaOH-dal regeneráljuk, a lúgot az oszlopról desztillált vízzel kimossuk, majd a következő elválasztás előtt az első puffer oldatával addig mossuk, amíg az oszlopról távozó pufferoldat pH-ja azonos nem lesz az eredeti pufferével.

Az ioncserélő cellulózok felhasználása fehérjék kromatografálására szinte áttekinthetetlenül bőséges. Az ioncserélő cellulóz és a pufferek összetételének változtatásával szinte valamennyi jelenleg ismert fehérje izolálása, a többi fehérjefrakciótól történő elválasztása és meghatározása megvalósítható.

Elválasztások ioncserélő gélekkel. A térhálósított dextránalapú és a poliakrilamid-alapú gélek mind ioncserélő, mind géliszűrő tulajdonsággal rendelkeznek, a kromatográfias elválasztás során azonban mégis inkább az ioncsere kerül előtérbe. **Az ioncserélő gélek különösen előnyösen alkalmazhatók biológiailag aktív, labilis anyagok elválasztására illetve tisztítására.** Alkalmazásuk során célszerű figyelembe venni mind az ioncserélőkre, mind a géliszűrőkre vonatkozó elveket és technikai megoldásokat.

A fehérjék vizsgálata egyéb kromatográfias módszerekkel. A fehérjék szétválaszthatók és meghatározhatók **affinitás kromatográfiával**, melynek során az állófázis olyan szorbens, amelynek oldhatatlan mátrixához kovalens kötésre képes gyök segítségével egy biológiailag aktív vegyület van kötve. Ez a mátrixhoz kötött bioszorbens-molekula a mozgófázisból származó biológiailag aktív vegyülettel reakcióba tud lépni. A bioszorbens által létrehozott reakció lehet egy reverzibilis kötés, vagy lehet egy olyan kémiai folyamat, amelynek során a mozgófázisban lévő molekula kémiaiilag átalakul. A bioszorbensek kialakítására egyik leggyakrabban használt mátrix brómcíános kezeléssel állítható elő agaróz szuszpenzióból, majd az iminocsoporthoz hozzákapcsolják a biológiailag aktív komponenst, ami legtöbbször fehérje. Ily módon **enzimeket lehet a szilárd hordozóhoz kapcsolni**, és az immobilizált enzimeket fel lehet használni fehérjék szétválasztására és meghatározására.

Az affinitás kromatográfia mellett az elmúlt 20 évben rohamos lépésekkel fejlődött a **nagyhatékonyságú folyadékkromatográfia**, ami ugyancsak **kiválóan alkalmas fehérjekomponensek szétválasztására** és meghatározására. A mozgófázis áramoltatása a kromatografálás meggyorsítása érdekében rendkívül nagy nyomáson történik, amelynek során nő a hatékonyság, másrészt pedig felgyorsulnak az elválasztási folyamatok. A nagyhatékonyságú folyadékkromatográfia további előnye az automatizálhatóság, melynek következtében a szubjektív hiba gyakorlatilag csak a mintaelőkészítésre korlátozódik.

A fehérjék géلكromatográfiája

A géلكromatográfia a molekulatömeg-különbségeken alapuló, egyik legelterjedtebb elválasztási módszer. A molekulaméret szerinti elválasztás jól illeszthető az előzőekben ismertetett kromatográfiás módszerekhez. A géلكromatográfiás elválasztás során a mozgó fázis valamilyen folyadék, a töltet pedig finom eloszlású gél, megfelelő pórusmérettel, ezért **a gél belsejébe csak azok a molekulák tudnak behatolni, amelyek mérete a gél pórusméreténél kisebb**. Amely molekulák behatolnak a gél szemcsék belsejébe, azok tovább maradnak az oszlopon, nagyobb oldószertérfogattal eluálódnak mint a gélbe behatolni képtelen, a gél pórusainál nagyobb molekulák. Mivel egy gél pórusai mindig inhomogének, a géلكromatográfia során a gél pórusainál **kisebb és nagyobb molekulatömegű** tartományba tartozó **fehérjemolekulák egymástól elválaszthatók**.

A kromatografálást háromdimenziós rácsot alkotó, térhálós szerkezetű géleken végzik. A térháló mechanikai stabilitást nyújt a gélnek, és a háromdimenziós térháló a gél pórusméretét is meghatározza. A gél mátrixának inertnek kell lenni, azon ioncsoportok nem, vagy csak kismértékben lehetnek jelen. A gélnek mechanikailag és kémiaiilag stabilnak kell lenni, a gél és az elválasztani kívánt anyagok között legfeljebb gyenge, reverzibilis, hidrofób kölcsönhatások alakulhatnak ki. A gél szemcsemérete lehetőleg homogén legyen, hogy az eltérő méret miatt a részecskék közötti csatornák inhomogenitása ne következzen be. A kromatográfiás műveletekhez használt gélek kereskedelmi forgalomban kaphatók, és szinte minden elválasztáshoz megtalálható az optimális géltípus.

A géلكromatográfia **legfőbb alkalmazási területei a gyors molekulatömeg-mérés, a preparatív csoportszeparálások a molekulatömeg alapján, az egyes csoportok preparatív frakcionálása, és a peptidek, valamint a fehérjék géلكromatográfiás tisztítása**. Aminosavak is szétválaszthatók géلكromatográfiával, azonban e módszer pontossága, illetve hatékonysága meg sem közelíti az ioncserés oszlopkromatográfiás vagy a nagyhatékonyságú folyadékkromatográfiás meghatározását.

2.2.2.1. Zsír- és zsírsavanalízis

A különböző állatfajok húsának zsírsavösszetétele jelentősen eltérhet egymástól, ezért ez felhasználható az egymáshoz kevert húsok kimutatására. Ezt a módszert már régóta használják a sertés, a marha és a birkahús elkülönítésére, és különösen a sertészsír marhafaggyúval való hamisításának kimutatására. A linolsav-tartalom alapján a kenguru- és lóhús jól elkülöníthető egymástól, és a zsírsavakban lévő különbség a mennyiségi meghatározásra is felhasználható. **A kérődző állatoktól származó hús, a bendő fermentáció következtében tartalmaz transz zsírsavakat is,** amelyek a monogasztrikus állatok húsában nem fordulnak elő. Ezek közül talán legjellegzetesebb a konjugált linolsavak csoportja, melyek közül legnagyobb koncentrációban a cisz9,transz11 konfigurációjú fordul elő a kérődzők húsában.

A zsírsavakon kívül még a **zsírsavak triglicerideken belüli elhelyezkedése is indikátora lehet bizonyos fajta hamisításnak.** Amennyiben a kettes helyzetben lévő zsírsavak mennyiségét tekintjük az összes zsírsav százalékában, akkor ez a paraméter is különbözhet az egyes állatfajoknál. A disznózsír és az egyéb zsírok könnyen megkülönböztethetők egymástól a disznózsír magas palmitinsav tartalma alapján. Ezen kívül a telített és a telítetlen zsírsavak aránya is indikátora lehet a hamisításnak. Gázkromatográfias analízissel 5% marhafaggyú a sertészsírban, vagy 10% sertészsír a marhafaggyúban kimutatható. **Az iszlám országokban a disznózsír tiltott a táplálkozásban.** A palmitinsav növekedés és a telítetlen zsírsavak csökkenése, ill. a belőlük képezett fatorok jó indikátorai a disznózsírnak, és velük 5% disznózsír marhafaggyúhoz történő keverése kimutatható.

A teljes szójabab darált húsból készült kimutatására legalkalmasabbak az el nem szappanosítható zsírok és a szterinek. A szójababban más az el nem szappanosítható lipidek mennyisége, és ugyancsak jelentős különbség van a szterintartalomban is, melyből a szója másfélszer annyit tartalmaz, mint a hús.

A sertészsír a triglicerid zsírsaveloszlásában is jelentősen különbözik a többi zsírtól, és van egy sajátos komponense, a 11,14-eikozadiénsav, mely csak sertészsírban található meg, a többi zsíradék ilyen komponens nem tartalmaz. Segítségével 1% sertészsír egyéb zsírhoz történő keverése kimutatható. A zsírsavak trigliceridekben elfoglalt helye alapján, nevezetesen hogy milyen, telített, telítetlen, rövidebb vagy hosszabb szénláncú van középső vagy szélső pozícióban, a zsírok ugyancsak beazonosíthatók. A különféle trigliceridek HPLC-vel szétválaszthatók és meghatározhatók, és mivel a konfigurációjuk nem változik a hőkezelés során, a módszer hevített

zsírok esetében is alkalmazható. A módszerrel 2% sertészsír a marhafaggyúban, vagy 3% sertészsír a birka faggyúban kimutatható.

A különféle húsminták különböző mennyiségben tartalmazzák nemcsak a zsírsavakat, de a foszfolipideket felépítő zsírsavakat és aldehideket is. A marha, a bárány, a disznó és a csirke foszfolipidjei több mint 40% etanolamin plazmalogént tartalmaznak, míg a halé csak 13%-ot. A kolinplazmalogén a kolin foszfolipidben a halak esetében kb. 1%, míg a különböző húsokban mennyisége 10-30% között változik.

A konzervek sertészsír-tartalmának meghatározására próbálkoztak az infravörös spektroszkópiával is. Az infravörös spektrum vizuális kiértékelésén túl algoritmus és főkomponens analízist alkalmaztak a bárány-, a csirke-, a marha- és a pulykaszír kimutatására és meghatározására. Ez a módszer alkalmas egyébként a nyers és a hőkezelt minták megkülönböztetésére is.

2.2.2.2. Ásványi anyagok analízise

Az ásványi anyagok analízisét alkalmazták a **darált húshoz kevert szójadara kimutatására**, amelynek az az alapja, hogy a szója több foszfort, káliumot és magnéziumot, míg a hús több nátriumot és cinket tartalmaz, mely kiváló lehetőségnek bizonyult a hamisítás kimutatására. A hamisítás céljából a darált húshoz adott csontlisztet a kalcium tartalom alapján lehet kimutatni, mert minden 1 g hozzákevert csont 160 mg-mal növeli meg a kalciumtartalmat.

Alkalmaztak még a hamisítás kimutatására szövettani és differenciál szkennig kalorimetrikus vizsgálatokat is, ezek a módszerek azonban nem terjedtek el a gyakorlatban.

2.2.2.3. Biokémiai indexek alkalmazása a húshamisításban

A biokémiai indexek, mint amilyen pl. a kreatin és a kreatinin, az összes nitrogén, a nettó izomfehérje mennyisége, a hidroxiprolin, a triptofán, a kreatinin foszfokináz és a foszfohexo izomeráz **alkalmasak lehetnek mind a különböző húsfajták megkülönböztetésére és beazonosítására**, mind a húskeverékek mennyiségi és minőségi értékelésére.

A friss kecskehús megkülönböztethető pl. az összes többtől az Mg^{2+} -ATP-áz és a peroxidáz aktivitás alapján, mert e két enzim aktivitása a kecskehúsban szignifikánsan nagyobb az összes többi húsénál. A marha és a bölény húsa a foszfatáz és a kataláz aktivitás alapján, a kecske és a birka húsa pedig a szukcinil dehidrogenáz és az alkalikus foszfatáz aktivitás alapján

különböztethető meg a többi fajtától. Az összes pigmenttartalom analízise is alkalmas lehet az igazi marhaburger, és a hozzáadott szójt tartalmazó szója burger megkülönböztetésére.

Ausztráliában a prémium kategóriába tartozó barramundit gyakran helyettesítik a sokkal olcsóbb halakkal, mint amilyen pl. a királylazac. Az inozin és a hipoxantin, valamint ezek aránya alkalmas a megkülönböztetésre, mert a barramundi nagyon sok hipoxantint tartalmaz, míg a többi hal inozinban gazdagabb.

A hőkezelt lipidek olyan különleges aromaanyagokat tesznek szabaddá, mint pl. az 1-heptadecén és az 1-oktadecén, melyek a marhahúsra jellemzőek, vagy pl. a 12-metil-tridekanal, mely csak a párolt marhahúsra jellemző. Azt gondolják, hogy ezen utóbbi vegyület azért jellemző csak a kérődzőkre, mert a baktériumos bendőfermentáció során keletkezik, majd beépül a plazmalogénekbé.

A dezoxiribonukleinsav hibridizációja

A korábban tárgyalt szerológiai és elektroforetikus módszerek jobbára csak a nyers húsmintákra alkalmasak, a hőkezelt minták esetében nehéz megbízható eredményt kapni. Az újabb időben a **DNS reasszociációján alapuló módszert kezd elterjedni**, melynek lényege, hogy a DNS-t különféle pufferek segítségével kicsapatják, extrahálják, mossák majd RNáz enzimmel kezeli 37 °C-on egy órán át. Az oldatot ultrahangos kezeléssel 0,2-2,0 kilobázis nagyságú fragmentekre vágják szét, majd az így kapott fragmentumokat a slot-blot szűrőhöz kötve hibridizálják, a maradék reagenst mosással eltávolítják, majd a hibridizálódott anyagot az autoradiográfiás jel alapján lézer denzitometriával beazonosítják és meghatározzák. A módszert sikeresen alkalmazták csirke-, sertés- és marhahús azonosítására, bár a keresztreakciók miatt kellő óvatosság ajánlható.

2.2.3. A hús frissességének meghatározása

A hús frissességének meghatározására több módszert is kidolgoztak. Ezek közül széleskörűen alkalmazzák a **fehérje bomlástermékeinek meghatározását**, ezen belül is az összes illó bázikus anyagok analízisét, az aminonitrogén meghatározást, az aminosavak analízisét, az aminok és az indol meghatározását, a zsír bomlástermékeinek analízisét, ezen belül mérték a szabad zsírsavakat, a peroxid- és savszámot, a tiobarbitursav számot, a nukleinsav bomlástermékek analízisét, és más egyéb különleges technikákat is alkalmaztak.

2.2.3.1. A fehérje bomlástermékeinek analízise

A húsok fehérjetartalma széles határok, 10-20% között változik. A fehérje bomlástermékek megjelenését mind az autólízis, mind a baktériumok proteolitikus enzimeik okozhatják, melynek következtében oldható peptonok és polipeptidek, majd ezekből aminosavak keletkeznek. Ezt követően az **ammónia**, a trimetilamin és az egyéb aminok **mennyisége a bakteriális tevékenység miatt folyamatosan nő**, melyet, a baktérium fajtájától függően, a hőmérséklet és az aerob vagy anaerob viszonyok befolyásolnak. Így pl. a *Pseudomonas* baktérium a marhahús esetében aerob körülmények között az aminosavak dekarboxilezésével ammóniát produkál. A broiler húsban szoros összefüggést találtak az összcsíraszám és az ammónia mennyisége között. Ammónia egyébként keletkezhet a nukleotidok és az aminvegyületek enzimatis lebonthatása következtében is. Lineáris összefüggést kaptak a sóoldható fehérjetartalom, és a dimetilamin-, valamint a formaldehid tartalom között. Egy **alkohol tesztet** is kidolgoztak, mely szerint a friss hús csak 70-80% alkohol koncentrációnál adott csapadékot, míg az állott hús már 30-40% alkoholkoncentrációnál is kicsapódott.

2.2.3.2. Az összes illékony bázis analízise

Az **összes illékony bázis (TVB)** analízise nagyon népszerű a tintahal frissességének megállapítására. Ezt az indexet már régóta alkalmazzák a hús és a hal romlásának analízisére. Amennyiben ennek mennyisége kevesebb, mint 30 mg/100 g, jó minőségű, friss, 30-40 mg/100 g között másodosztályú, e fölött pedig harmadosztályú áruról van szó. Különböző színváltozással operáló reagenseket alkalmaznak a TVB meghatározására, mely a gyakorlatban igen elterjedt. A hematoxilín pl. sárgáról vöröses-bíborra, a kurkumin halvány sárgáról mély barnás-vörösre, a fenolvörös pedig halvány sárgától ragyogó vörösig **színeződik el az illó bázisok hatására**. Az illó bázisok legnagyobb része ammónia, trimetilamin csak kis koncentrációban fordul elő a húsban. Ezen utóbbi koncentrációja szoros összefüggésben van az érzékszervi bírálatok eredményeivel. Az ammónia vizsgálatok eredményeit meghamisíthatja, ha pl. a hízómarhák karbamidos tápot fogyasztanak, mert a karbamid, bekerülve vérbe, mérgezést okozhat, és a véren keresztül eljuthat húsba is, melynek tulajdonságai hasonlatosak lesznek ahhoz, mint amikor a fehérje bomlik. Az emberi fogyasztásra alkalmas húsok ammónia tartalma maximum 30 mg%.

Az ammóniával ellentétben **a trimetil amin jó indikátora a tengeri és az édesvízi halak romlottságának**, és a romlott hal szaga is a trimetilaminnak köszönhető. A trimetilamin mérésére alkalmazzák a turbidimetriát, a gázkromatográfiát, a trimetilamin dehidrogenázzal működő enzimatis módszert, félvezető szenzorokat és ionspecifikus elektródokat. Az ammónia

meghatározására sok módszer alkalmas. Legréggebbi klasszikus módszer, amikor az ammóniát bórsavba desztillálják, és kénsavval megméri. A friss hús 3-10 mg/100 g, míg a romlott hús több mint 20 mg/100 g ammóniát tartalmaz.

2.2.3.3. Az amino nitrogén és a szabad aminosavak meghatározása

Az aminosav nitrogén alkalmazását sokan javasolták a hús romlottságának meghatározására, és a gyakorlatban ennek kapcsán a **ninhidrin pozitív anyagok** (α -aminosavak) kifejezés terjedt el, később azonban rájöttek, hogy ezek mennyisége csak laza összefüggésben van a romlottsági fokkal.

A romlottság mértékének meghatározására többen javasolták a szabad aminosavak analízisét. A vaddisznóról közismert, hogy a gyanús, illetve romlott hús kevesebb aszparaginsavat, és több hisztidint, szerint, glicint, glutaminsavat, treonint, prolint, valint és leucint tartalmaz, mint a friss hús. Meghatározásukra kiválóan alkalmas az **ioncserés oszlopkromatográfia** (IEC). A taurin és hipotaurin arányának mérése nem bizonyult igazán jó indikátornak, a citrullin mennyisége viszont jó indikátora a csirkehús bakteriális romlottságának, mert a friss csirkebőrben nem található meg, csak a bakteriális tevékenység következtében nő meg a mennyisége, és szoros az összefüggés a mennyisége és az összcsíraszám között.

A piperidin a lizin bomlás során keletkezik a bakteriális tevékenység következtében, és jó indikátornak bizonyult az állottság vagy romlottság kimutatására. Ehhez hasonlóan **a β -alanin**, az aszparaginsav dekarboxilezési terméke, sem található meg a friss szövetekben, és mennyisége még a két °C-os hőmérsékleten való tárolás során is folyamatosan nő, ezért **a frissesség indikátoraként alkalmazható** halból készült élelmiszerek esetében. A szulfhidril csoportok mennyiségét is alkalmazták a frissesség kimutatására.

Az aminosav-összetétel és a szabad aminosavak meghatározása

Élelmiszerek aminosav-összetételét a fehérje hidrolízise után, az ioncserés oszlopkromatográfia elvén működő automatikus aminosav-analizátorral, oszlop utáni származékképzéssel, a folyadékkromatográfia elvén működő nagyhatékonyságú folyadékkromatográfiával oszlop előtti származékképzéssel és fotometriásan határozhatjuk meg. Mind az ioncserés oszlopkromatográfia (IEC), mind a nagyhatékonyságú folyadékkromatográfia (továbbiakban HPLC) a kromatográfias elválasztások közé tartozik. E módszerek a szétválasztani kívánt komponensek eltérő szorpciós és deszorpciós tulajdonságain alapulnak. Ismerünk gáz-szilárd, gáz-folyadék, folyadék-szilárd, illetve folyadék-folyadék

kromatográfiás elválasztási műveleteket. Az IEC a folyékony-szilárd, a HPLC a folyékony-folyékony oszlopkromatográfiás módszerek csoportjába tartozik. A kromatográfiás módszereknél az adszorpció, a megoszlás, illetve az ioncsere bír legnagyobb jelentőséggel. Mindegyik módszernél követelmény, hogy az álló fázis – szorbens oszlop – oldhatatlan legyen a mozgó fázisban, a szorbens irreverzibilisen ne kösse meg az elválasztandó anyagokat, ne bontsa el irreverzibilisen azokat, és ne lépjen reakcióba az eluáló oldattal. A kromatográfia mindegyik típusa tulajdonképpen az oldószer (mozgó fázis) haladási irányában az oszlopon keresztül egymás után bekövetkező szorpció és deszorpció folyamatok sorozata.

Az aminosav-összetétel meghatározása ioncsérés oszlopkromatográfiával

Az IEC állófázisa mindig valamilyen ioncserélő anyag, amelynek vázán (mátrixán) kovalens kötéssel, elektrolitos disszociációra képes savas vagy bázisos jellegű **aktív csoportok** vannak. Ha az aktív csoport negatív töltésű savmaradék, **kationcserélő**, ha pozitív töltésű ion, akkor **anioncserélő gyantáról** beszélünk. Az ioncsérés elválasztást meghatározza a kromatografálás hőmérséklete, az eluálóoldat ionkoncentrációja és pH-ja. Az ioncserélő oszlophoz Coulomb-féle erővel kötött szerves anyagok az elektrosztatikus kölcsönhatáson kívül apoláros adszorpcióval és hidrogénhidakkal is kötődhetnek. Az aminosavak (amfoter jellegüknek köszönhetően) savas körülmények között pozitív ionok, amelyek szétválasztását Na-formában lévő, divinil-benzollal 4–8%-ban térhálósított szulfonált polisztirol műgyantán lehet elvégezni.

Az aminosavak a molekula szerkezetétől és a benne lévő funkciós csoporttól függően különböző erővel kötődnek az ioncserélő oszlop negatív töltésű szulfonsav csoportjaihoz. Az ioncserélőn kötődött aminosav-molekulák szorpciója és elúciója folyamán különböző intenzitással jut érvényre az aminosav sajátos töltése, pK-ja, molekulatömege, és oldalláncának poláros vagy apoláros volta. Mindezen tulajdonságok együttes következménye **az aminosavak deszorpció sorrendje**, amelyet **befolyásol a hőmérséklet, az eluáló pufferek pH-ja, valamint kationkoncentrációja**. A kromatográfia pontosságát meghatározza az ioncserélő műgyanta összetétele is, mely a divinil-benzol koncentrációval, a gyanta méretével és a gyantából készült oszlop nagyságával szabályozható. Az aminosavak ioncsérés oszlopkromatográfiájához **divinil-benzollal különféle mértékben térhálósított szulfonált polisztirol műgyantát használnak, amelynek aktív csoportjai, a szulfonsavak, lehetnek hidrogén, nátrium vagy lítium formában**. Az élelmiszerek aminosav-összetételének meghatározása IEC-vel az alábbi folyamatokat foglalja magába:

- a vizsgálati anyag előkészítése,
- a minta hidrolízise, a hidrolizátum feldolgozása,
- az aminosavak szétválasztása IEC-vel,

- az aminosavak mennyiségi meghatározása fotometriásan,
- az eredmény számolása, értékelése.

A felsoroltakból adódóan az aminosav-analízis lényege a következő: a megfelelően előkészített (aprított, homogenizált) vizsgálandó anyagban lévő fehérjét sósavval hidrolizáljuk, a hidrolizátum feldolgozása után az aminosavakat egymástól ioncserés oszlopkromatográfiával elválasztjuk, a szétválasztott aminosavat ninhidrinnel reagáltatjuk, a színintenzitás mérésével – ismert koncentrációjú ún. standard aminosavakhoz hasonlítva – az aminosav mennyiségét mérjük.

A minta hidrolízise, a hidrolizátum előkészítése analízisre. A fehérjék aminosav-összetételének megállapításához a polipeptidláncot alkotó aminosavakat a kötéseikből hidrolízissel fel kell szabadítani. A fehérje aminosav-összetételének meghatározásakor használt különböző hidrolízismódszerek közül csak olyannak van jelentősége, amely:

- teljes hidrolízist ad, tehát az összes aminosav a legstabilabb kötésekből is felszabadul,
- az egyes aminosavakat nem vagy a lehető legkisebb mértékben károsítja,
- és az alkalmazott reagens nem hoz létre mellékreakciókat.

A fehérje teljes hidrolízisére ma leggyakrabban a savas hidrolízises módszereket alkalmazzák, csak a triptofán meghatározása során alkalmaznak lúgos hidrolízismódszert, mert a triptofán indolcsoportja savas körülmények között gyakorlatilag kvantitatíve elbomlik. Enzimes hidrolízist aminosav-meghatározásra csak ritkán használnak annak ellenére, hogy ez az eljárás károsítja legkevésbé a meghatározni kívánt aminosavakat.

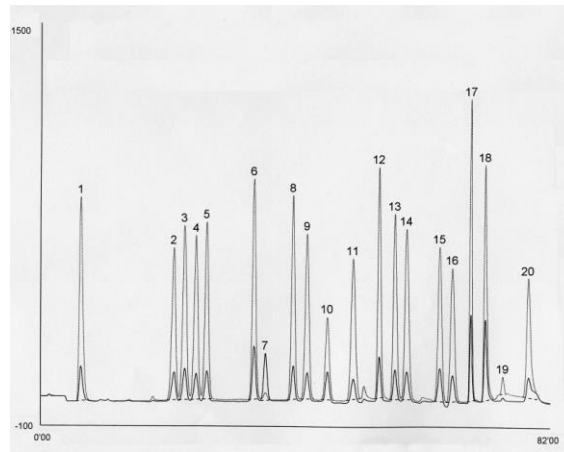
A fehérje hidrolízise során a triptofán indolcsoportja gyakorlatilag kvantitatíve elbomlik, a glutamin és az aszparagin savamidcsoportja ammóniára és a kérdéses aminosavra hasad, a szerin 10–15, a treonin 10–20%-ban bomolhat, a cisztin és a cisztein, valamint a metionin oxigén jelenlétében cisztein-szulfinsavvá és -szulfonsavvá, továbbá metionin-szulfoxidá és -szulfoná alakulhat. A ciszteinből alanin és szerin, szénhidrátok jelenlétében glicin, a metioninból pedig homocisztein, homocisztin és glicin képződhet. Minimális mennyiségű bomlást szenvedhet a tirozin, a glutaminsav, az aszparaginsav, a prolin és az arginin is. Külön figyelmet érdemel a valin, az izoleucin és a leucin, mert ezen aminosavak kötése rendkívül nehezen szakadnak fel a hidrolízis során.

Az aminosav szétválasztása ioncserés oszlopkromatográfiával. Az aminosav szétválasztását nátrium formában lévő divinil-benzollal 4%-ban térhálósított szulfonált polisztirol műgyantán végezzük növekvő pH-jú és növekvő nátriumion-koncentrációjú citrátpufferek segítségével. Ennek során **a savas- és hidrox-aminosavak gyorsabban, a bázikus aminosavak lassabban válnak**

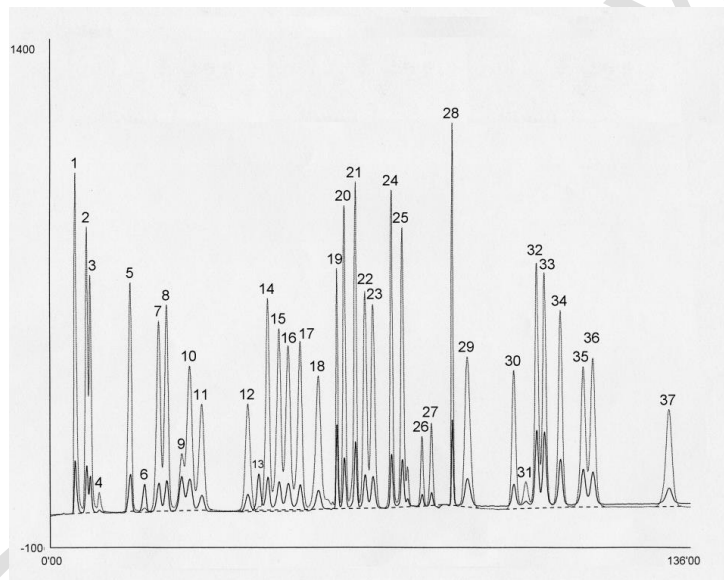
le az ioncserélő oszlopról, a semleges aminosavak pedig közbülső értéket foglalnak el a két szélső csoport között. Az aminosavakat pH=2,2-es pufferben visszük fel az ioncserélő oszlopra, ezután a savanyú és semleges aminosavak szétválasztását 0,2 M pH=3,25 és pH=4,25 nátrium-citrát pufferekkel, a bázikus aminosavak szétválasztását pedig – az aminosav-analizátor típusától függően – 0,35-0,85 M nátriumion-koncentrációjú pH=5,28-6,50 pufferekkel végezzük. Az alkalmazott kromatografálási feltételek mellett (pufferösszetétel, hőmérséklet, áramlási sebesség) az aminosavak mindig ugyanolyan sorrendben eluálódnak az oszlopról; tehát elsőként mindig a legsavasabb aszparaginsav, utolsónak pedig a legbázikusabb arginin távozik. A pufferek pH-jának és nátriumion-koncentrációjának, valamint a kromatografálás hőmérsékletének változtatásával az aminosavak elúciós sorrendje megváltoztatható, illetve az elúciós idők optimalizálhatók.

Az aminosav és a ninhidrin reakciója. Az aminosavak oldata színtelen, ezért a meghatározáshoz az aminosavakat színessé kell tenni. **Az ioncserélő oszlopról távozó aminosavakat a keverőblokkban ninhidrinnel reagáltatva kékes, ibolyás-lilás színű vegyületet kapunk.** Az aminosavakkal létrejött szín intenzitását átfolyó küvettás fotométerben, 570 nm-en mérjük, kivéve a prolint, amelyet 440 nm-en fotometrálunk, mert a prolin és a ninhidrin közti színreakció sárga színű vegyületet eredményez, amely vegyület fényelnyelési maximuma 440 nm.

Az aminosav minőségi és mennyiségi meghatározása. Az ioncserélő oszlopról távozó, pufferben lévő aminosavak reakciója a ninhidrinnel a forró vízbe merülő teflonspirálban lejátszódik, majd a színes oldat a fotométer átfolyóküvettáján halad át. A fotométer által érzékelt fényabszorpciót a kompenzográf regisztrálja, amelynek eredménye a kromatogram. A kromatogramon a csúcs helye mindig az aminosavra, a csúcs nagysága, illetve a csúcs alatti terület pedig az aminosav koncentrációjára jellemző, azaz a kromatogramon az első csúcs mindig az aszparaginsavhoz, az utolsó pedig az argininhez tartozik, a csúcs nagysága pedig attól függ, hogy az aszparaginsav illetve az arginin kis vagy nagy koncentrációban van-e jelen a mintában. Az aminosav-analízissel tehát el tudjuk dönteni, hogy milyen aminosavak vannak jelen a mintában (a csúcs helye alapján) és azt, hogy a jelen lévő aminosavnak milyen a koncentrációja. Az elkészült kromatogram csúcsainak megfelelő aminosav-mennyiségek kiszámítását ma már integrátorral, számítógéppel végezzük. A kromatogram egy perhangyasavas oxidáció utáni fehérjehidrolizátum aminosavait, a következő pedig egy fiziológiás oldat szabad aminosavainak meghatározását mutatja lítiumpufferek alkalmazásával.



A fehérjealkotó aminosavak kromatogramja perhangyasavas oxidáció után. A számokhoz tartozó aminosavak a következők: 1. ciszteinsav, 2. metionin-szulfon, 3. aszparaginsav, 4. treonin, 5. szerin, 6. glutaminsav, 7. prolin, 8. glicin, 9. alanin, 10. cisztin, 11. valin, 12. metionin, 13. izoleucin, 14. leucin, 15. tirozin, 16. fenilalanin, 17. hisztidin, 18. lizin, 19. ammónia, 20. arginin.

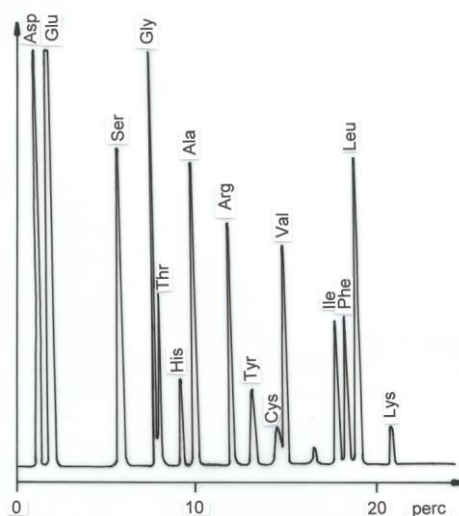


Egy fiziológiás oldat szabad aminosavainak meghatározása lítiumpufferek alkalmazásával. A számokhoz tartozó aminosavak a következők: 1. ciszteinsav, 2. taurin, 3. foszfoszerin, 4. karbamid, 5. aszparaginsav, 6. hidroxi-prolin, 7. treonin, 8. szerin, 9. aszparagin, 10. glutaminsav, 11. glutamin, 12. α -amino-adipinsav, 13. prolin, 14. glicin, 15. alanin, 16. citrullin, 17. α -amino-vajsav, 18. valin, 19. cisztin, 20. metionin, 21. cisztation, 22. izoleucin, 23. leucin, 24. tirozin, 25. fenilalanin, 26. β -alanin, 27. β -amino-izovajsav, 28. γ -amino-vajsav, 29. klór-fenilalanin (belső standard), 30. etanolamin, 31. ammónia, 32. ornitin, 33. lizin, 34. hisztidin, 35. 1-metil-hisztidin, 36. 3-metil-hisztidin, 37. arginin.

Az aminosav-analízis érzékenységének növelésére ninhidrin helyett o-ftálaldehidet is használhatunk az aminosavak oszlop utáni származékának képzésére, mellyel az aminosav-analízis érzékenységét fokozhatjuk.

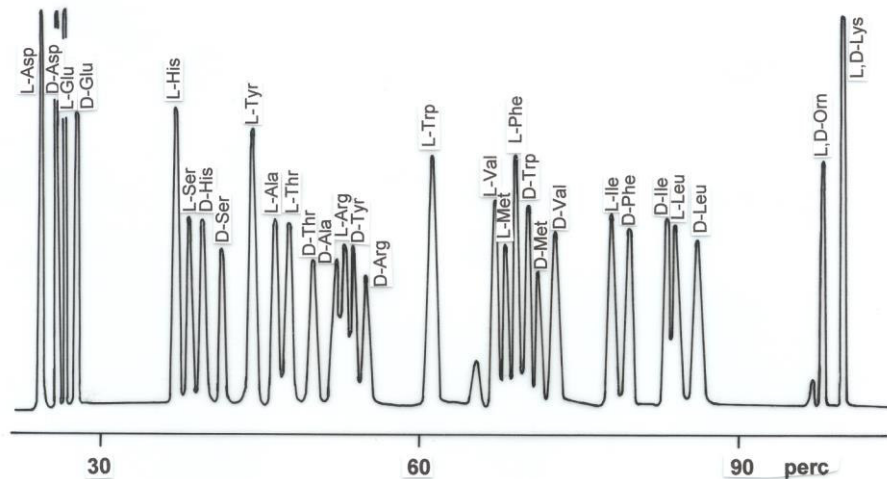
Az aminosav-összetétel meghatározása nagyhatékonyságú folyadék-kromatográfiával

Az aminosavak meghatározhatók nagyhatékonyságú folyadékkromatográfiával, oszlop előtti származékképzéssel amelyre az o-ftálaldehidet, a fluorenil-metil-kloroformátot és a fenil-izotiocianátot használják a legszélesebb körben. Detektálásra leginkább a fluoreszcens detektort használják, amelynek érzékenysége jobb, mint a látható, illetve UV-tartományban mérő detektoroké. Egy tipikus oszlop előtti származékképzéssel és HPLC-n történő szétválasztással kapott kromatogramot mutat a következő ábra.



Az aminosavak szétválasztása oszlop előtti származékképzés után HPLC-vel

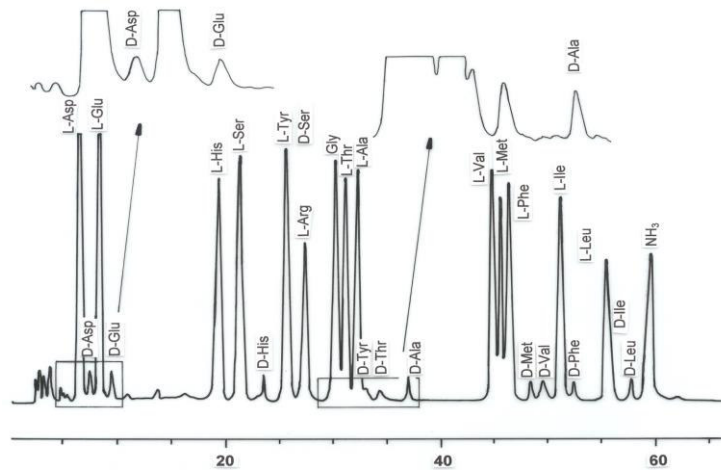
Amennyiben az oszlop előtti származékképzésre használt reagens egy királis szénatomot is tartalmaz, akkor lehetőség van a D- és az L-aminosav enantiomerek szétválasztására és meghatározására nagyhatékonyságú folyadékkromatográfiával. A D- és L-aminosavak származékképzésére leggyakrabban ebben az esetben az 1-(9-fluorenil)-etil-kloroformátot (FLEC) és az orto-ftálaldehidet, valamint a 2,3,4,6-tetra-O-acetil-1-tio- β -D-glükopiranozidot (OPA/TATG) használják. Ezekkel a módszerekkel nemcsak azt tudjuk megmondani, hogy mennyi aminosav van jelen a mintában, hanem azt is mérni tudjuk, hogy a mintában milyen az L- és a D-aminosav koncentrációja. Ez különösen azért fontos, mert a különböző technológiai beavatkozások (magas hőmérséklet, lúgos kezelés, detoxikáció) hatására az L-aminosavak egy része átalakulhat D-aminosavvá, amelyeket az ember és a legtöbb állat nem tud hasznosítani, sőt káros hatásait is kimutatták az élő szervezetre. A D- és az L-aminosavak szétválasztására és meghatározására végzett analízis eredményeit mutatja a következő ábra.



Az aminosav-enantiomerek szétválasztása OPA/TATG származékképzés után

A legtöbb alkalmazás során csak pár aminosav D- és L-enantiomerjére vagyunk kíváncsiak, és nincs szükség az összes fehérjealkotó aminosav D- és L-enantiomerjének szétválasztására és meghatározására. Ezért a mozgó fázis pH-jának és ionerősségének megváltoztatásával, vagy másik szerves oldószer alkalmazásával és esetleg az analitikai oszlop méretének és töltésének változtatásával lehetőség van arra, hogy a kérdéses aminosav-enantiomer(ek)e)t szét tudjuk választani s meg tudjuk határozni. Természetesen ilyenkor minden alkalommal el kell végezni a rendszer optimalizálását a szükséges aminosav(ak)ra.

A következő ábrán egy ilyen optimalizálás látható az aszparaginsav és a glutaminsav, valamint az alanin enantiomerének szétválasztására. A D-aszparaginsav és a D-glutaminsav illetve a D-alanin a bakteriális fehérjeszintézis markerei, hisz a baktériumok sejtfalának peptidoglikánjai jelentős mennyiséget tartalmaznak e három aminosavból. Ebből a kromatogramból azonban az is látszik, hogy húszszoros mennyiségű L-aminosav mellett nem okoz gondot a D-aminosavak elválasztása és meghatározása a hagyományos fluoreszcens detektor alkalmazásával. A D-aminosavak meghatározásának alsó határa fluoreszcens detektorral ebben a rendszerben 0,2–0,5 nM között van, bár a D-aszparaginsav és a D-glutaminsav esetén ez a koncentráció kisebb 0,1 nM-nál, a lizinnél pedig 2 nM körül alakul.



A kis mennyiségű D-aminosavak meghatározása a nagy mennyiségben jelen lévő L-aminosavak mellett

A triptofántartalom meghatározása

A triptofántartalom meghatározása ioncserés oszlopkromatográfiásan és fotometriásan is történhet élelmiszerekből, takarmányokból és takarmánykiegészítőkből. A triptofánnal azért kell külön foglalkozni, mert a triptofán indolcsoportja savas hidrolízisnél (különösen nagy szénhidrát tartalmú minták esetében) kvantitatíve elbomlik, ezért **a triptofán meghatározása során lúgos hidrolízist kell alkalmazni**. A lúgos hidrolízis történhet bárium- vagy nátrium-hidroxiddal, amelyet követhet mind ioncserés oszlopkromatográfiás, mind a para-dimetil-amino-benzaldehiddel és nátrium-nitrittel képzett kék színű termék koncentrációjának spektrofotometriás meghatározása 590 nm-en.

2.2.3.4. Az aminok mérése

A biogén aminok, mint amilyenek a hisztamin, a tiramin, az agmatin, a kadaverin, a putreszcin, a spermin, a spermidin és a triptamin, jó indikátorai a gyenge minőségű húsoknak, különösen a marhahúsoknak. Mennyiségük korábban jelzi a húsok romlását, mint a pH emelkedése. **A hisztamint különösen a halak frissessége ellenőrzése alkalmazták**, a legtöbb esetben a tonhálnál. Mennyisége a halkonzerveknél szoros összefüggésben van a trimetilamin mennyiségével is. A rothasztó baktériumok különösen nagy mennyiségben produkálnak hisztamint, melynek mennyiség pozitív összefüggésben van a szabad hisztidinnel, mely a friss halban nem fordul elő, csak az autólízis következménye lehet. Azért is érdemes mérni, mert toxikus hatású vegyület, és elég nagy mennyiségben található a halakban és az erjesztéssel készült élelmiszerekben. A tiramin is veszélyes lehet, mely képzésében a tejsavbaktériumok is részt vesznek a szárazkolbász romlása során.

Az **aminok jó indikátorai a disznóhús és a darált marhahús romlásának is**. A hisztamin tartalmat lehet papír- és rétegekromatográfiával, ioncserés vékonyréteg- és oszlopkromatográfiával

vagy HPLC-vel mérni. Újabban monoklonális antitesteket is kifejlesztettek a hisztamin mérésére ELISA-val, és megállapították azt is, hogy **nincs keresztreakció a különböző biogén aminok mérése során**. A sertéshús és némely esetben a marhahús putreszcin- és kadaverin tartalmát alkalmasnak találták a romlottság mérésére, melyek mennyisége szoros összefüggésben volt a szaggal és a kinézettel. A putreszcin szoros összefüggésben volt a baktérium számmal, a kadaverin pedig jó indikátora volt a tárolás hőmérsékletének. Mások szerint a spermin és a spermidin nem jó indikátorai a romlásnak, mert mennyiségük változik a tárolás során, és ez igaz a hisztidinre is, melynek mennyisége nem nőtt meg a romlott húsban sem. Az organoleptikus tulajdonságok, a putreszcin és az 1,3-diamino-propán közötti szoros összefüggés jelzi, hogy e két anyag jó indikátora a frissességnek. A brojlerek húsának analízise során mindkét anyag jó egyezést adott a romlottság fokával. Mivel a hisztamin, a putreszcin és a kadaverin mennyisége nő, a spermin és a spermidin mennyisége csökken a romlás előrehaladásával, javaslatot tettek ezen vegyületek indexbe foglalására a romlottság fokának megállapításakor.

Az agmatin a tintahal frissességének jó indikátora, és mennyisége a tárolási idővel folyamatosan növe elérheti a 30 mg/100 g-ot, a 40 mg-os mennyiség pedig már előrehaladott romlásra utal. A putreszcin koncentrációja is nőtt a bomlás során. **A kadaverin alkalmas a lazac és a szivárványos pisztráng romlottságának jelzésére, a tiramin pedig a marhahús kezdődő romlásának kimutatására** fermentált élelmiszerekben. A biogén aminok jó indikátorai a hal és a különböző tengeri eredetű élelmiszerek romlottságának kimutatására, és a biogén aminok szoros összefüggést mutatnak a szabadaminosav tartalommal is.

2.2.3.5. Az indol meghatározása

Az indol a triptofán bakteriális bomlásának terméke, mely még a hűtőszekrény hőmérsékletén is végbemegy, és amely kiváló jelzőanyaga a romlásnak a halak és a kagylók estében. Az indol mennyisége a felolvasztás után rohamosan nő fagyasztott termékek estében. Az indol meghatározására alkalmazzák a spektrofotometriát, a kolorimetriát, a HPLC-t és a fluorometriát. Szoros összefüggést találtak az **organoleptikus tulajdonságok, a kanszag, valamint az indol és a szkatol mennyisége között**, melynek során arra is rájöttek, hogy hasonló koncentrációban a szkatol szaga sokkal intenzívebb, mint az indolé.

2.2.3.6. A zsír bomlástermékeinek analízise

A különböző húsminták zsírtartalma 5 és 9% között változik. A zsírszövet teljes egészében triglicerideket tartalmaz, míg a többi állati zsiradékban kis mennyiségben foszfolipidek, szterinek, karotinoid pigmentek és zsírodékony vitaminok is vannak. Ezen komponensek jelentősen

változhatnak a tárolás során, és befolyásolhatják a hús szagát, ennek megfelelően az eltarthatóságát. Ezek a változások jól nyomon követhetők a szabad zsírsavak, melyeket a lipáz enzim szabadít fel az észter kötésekből, és a peroxidszám és savszám mérésével, az oxidatív avasodás, melyet a levegő okoz, és a ketonos avasodás, melyet a mikroorganizmusok okoznak, nyomon követésével.

Szabad zsírsavak

A szabad zsírsavakat (FFA) többen használták a tengeri eredetű élelmiszerek minőségének becslésére. Beszámoltak arról is, hogy a marhahús FFA tartalma jelentősen megnőtt a nulla fokon történő tárolás alatt, ami kellemetlen, édes ízt kölcsönzött a húsnak. **A zsír peroxidszáma egy indukciós periódus után hirtelen emelkedik**, majd a maximum elérését követően csökken, ezért a hús minősítésére nehezen lehet felhasználni. A tiobarbitursav szám (TBA) segítségével az oxidatív romlás mértékét lehet felderíteni, mely **méri a malonaldehidet is, az oxidatív romlás markerét**. Szoros összefüggést állapítottak meg a TBA és hús szaga között. Alkalmazzák még az oxidatív romlás követésére a Kreiss tesztet, mely a floroglucin és a zsír reakcióján alapul savas körülmények között, ami vörös színű reakciót eredményez, mely kapcsolatban van az oxigén abszorpcióval és olyan bomlástermékekkel, mint az **epihidrin aldehid vagy a malonaldehid**. A karbonil vegyületeket vagy kolorimetriásan, vagy a 280 nm-en mért abszorpcióval határozzák meg.

A szénhidrogének, köztük a pentán, a fagyasztva szárított disznóhús avasodásának mértékéről ad információt. Ezek a vegyületek kémiailag semlegesek, ezért könnyen eltávolíthatók az avas húsból. **A szénhidrogének közül a metán fordul elő legnagyobb koncentrációban a húsban, melyet követ a pentán, a propán és a bután**. A metán eredete az alanin, mely a Strecker lebontás során keletkezik, a pentán eredete pedig valószínűleg az aminosavak. A pentán egyébként nem felelős az avas szagért, csak a lipid oxidáció indikátora.

2.2.3.7. Nukleinsav bomlástermékek

A nukleinsav bomlástermékei indikátorai lehetnek a húsromlásnak. Ilyen indikátor lehet az ATP, az ADP és az AMP, melyeket fordított fázisú HPLC-vel meg lehet határozni. Feltételezés szerint összefüggés lehet a hús frissessége és a bomlástermékek koncentrációja között. A hús tárolása során egy másik vegyület, az inozin monofoszfát (IMP) koncentrációja jelentősen csökken, az inozin mennyisége a tárolás elején meredeken emelkedik, a hipoxantin mennyisége pedig a tárolás végén nő meg jelentékeny mennyiségben.

2.2.3.8. Egyéb módszerek a hús romlottságának kimutatására

A hús romlottságának kimutatására használják még a **szín és a pH mérését**, az **illózsírsavak analízisét**, melyre kiválóan alkalmazható a kapilláris GC. Az illózsírsavak közé tartozik az ecetsav, a propionsav, a vajsav, az izovajsav, a valeriansav és az izovaleriansav, valamint a kapronsav és az izokapronsav, melyek közül az ecetsav található legnagyobb mennyiségben az élelmiszerekben. A tejsav koncentrációja egy-két nappal a vágás után stabilizálódik, az ecetsav, a propionsav és a vajsav pedig hozzájárul a nem mikrobiális eredetű savanyú íz kialakulásához.

Az aminosavak, elsősorban a valin, az izoleucin és a leucin **illó metabolitjai**, melyeket különböző bakteriális eredetű romlás vált ki, a következők: Valinból keletkezik többek között a 2-metilpropanal, a 2-metilpropanol és a különböző konfigurációjú propánsav észterek, izoleucinból származik a 2-metilbutanal, a 2-metilbutanol, a 2-butanon és a különböző metilezett vajsavészterek, leucinból pedig a 3-metilbutanal, a 3-metilbutanon, a metilvajsav és annak észterei. Ezek a metabolitok mind megtalálhatók a hűtőszekrényben tárolt csirkehúsban, koncentrációjuk pedig arányos a bomlás mértékével.

A mikroorganizmusok illó metabolitjai

Általánosságban elmondható, hogy a baktériumos romlás során **a baktériumok anyagcsere termékei állottá, savanyúvá, bűdössé, azaz romlottá teszik a húst**. A fagyasztott marhahús illó komponenseit kondenzálva, majd gáz-folyadék kromatográfiával szétválasztva megállapították, hogy az illó komponensek között megtalálható a kénhidrogén, a metil-etilmerkaptán, az acetaldehid, az acetone, a metil-etil keton, az etilalkohol és a metilalkohol, melyek közül különösen az etanolt javasolják a romlás fokának becslésére. Felhasználhatók még becslésre az ásványi anyagok és a kreatin bomlástermékei, ezeknek azonban nincs gyakorlati jelentősége.

2.2.4. A hús és a hal minőségének műszeres mérése

Mivel esetenként nagymennyiségű halat, ill. húst kell minősíteni, a szenzoros minősítések, ill. a szag analízise terjedt el a gyakorlatban. A szenzoros minősítés megkívánja a képzett személyzetet, és ki kell zárni a szubjektivitást. Speciális, négy elektródból álló, a hús felületéhez kapcsolódó elektródokat használva **mind az ellenállás, mind a kapacitás könnyen meghatározható**, mely mérési adatokból következtetéseket lehet levonni a romlottságot illetően. Hal esetében a hullamerevség beálltáig mindkét tulajdonság gyorsan változik, majd a

továbbiakban a változás lelassul. Az elektromos vezetőképességet a halakon kívül a sertéshús minősítésére is alkalmazták.

Az ultraibolya sugárzással történő megvilágítást a garnélarák frissességének analizésére használták, de a különbség az elfogadható és az elutasítandó csoportok között csak csekély volt.

2.2.4. A hústartalmú ételek minősítése

A vágás után közvetlenül olyan komplex biokémiai folyamatok indulnak meg, melyek kapcsolatban vannak az izomszövet átalakulásával. Ezek a változások közvetlenül befolyásolják a hús minőségét, és szoros kapcsolatban vannak az **anaerob glikolízissel**, a pH-val és a hőmérséklettel, mely paraméterek együttesen hatnak a minőségre. A lassú glikolízis, a viszonylag alacsony pH és hőmérséklet szürkésrózsaszín külsőt, porhanyós struktúrát, és viszonylag száraz kinézetet ad a húsnak. Ha a pH magas marad, csökkenése nem következik be, **a hús sötétvörös színű, kemény és száraz lesz**, ezek a **DFD** húsok. Ellentétes esetben a gyors pH csökkenés és a magas hőmérséklet puha, **sápadt és vizenyős húst (PSE)** eredményez, melynél nagy lesz a sütési vagy főzési veszteség. Normál körülmények között az alacsony pH és a magas hőmérséklet kombinációja PSE húst eredményez. A PSE és a DFD hús évente az összes hús mintegy 5-6%-át érinti, melynek mennyiségét elsősorban genetikai szelekcióval, az állatok vágás előtti és a hús vágás utáni kezelésével lehet csökkenteni.

A minőség megállapítására használják a pH, a csepegési veszteség és a színelemzést, a kollagén tartalom mérését, és a szabad aminosavak mennyiségét is. Az összes aminosav mennyisége, függetlenül a fajtól, konstans, **a szabad aminosavak mennyisége viszont kapcsolatba hozható a hús érzékenységgel**, pl. a pulykánál. A szabad aminosavak közül a leucin és az izoleucin nagyobb mennyiségben volt jelen a gyenge minőségű marhahúsban, míg néhány aminosav szoros kapcsolatot mutatott a hús színével és aromájával a sonka esetében. A szabad aminosavakat tanulmányozva megállapították, hogy a glutaminsav mennyisége szoros kapcsolatban volt az állapottal, a kinézettel és a porhanyóssággal. A főtt sertéshúsban a tirozin, a glutaminsav, az aszparaginsav és a szerin negatívan, a glicin pozitívan befolyásolta a hús illatát, a tirozin és a glutaminsav pedig az általános összbenyomást befolyásolta kedvezőtlenül. A nyershúsban a treonin szignifikáns összefüggést mutatott az összes nitrogénnel, az arginin a nem fehérje nitrogénnel, a glicin, a valin és a leucin pedig a kollagén mennyiségével. **A kollagén nagymértékben hozzájárul a hús funkcionális tulajdonságainak kialakításához**, mely a csont és a bőr fő fehérjéje, a kötőszövet elasztin tartalma viszont alacsony, melynek nincs gyakorlati jelentősége. Az egyéb emlős fehérjékkel ellentétben a kollagén nagy mennyiségben tartalmazza a hidroxiprolin iminosavat, melynek mérése alapján a kollagén mennyisége meghatározható. Az

előzőekben ismertetett módszereken kívül javasolták még a húsminőség megállapítására az izombiopsziát, a vércsoportmeghatározást, a kreatin kináz analízisét és a halotán tesztet, melyek közül a két utóbbi a gyakorlatban is elterjedt.

2.2.4.1. A húsételek szennyezettségének kimutatása

A tengeri halaknál leggyakrabban a nyersolajjal, ill. olajszármazékokkal való szennyeződés fordul elő, melyeket tankhajók eresztenek a tengerbe, vagy balesetekből származnak. GC-MS kapcsolt technika segítségével a szennyező szénhidrogének, legyenek azok alifások vagy aromások, könnyen kimutathatók. A szénhidrogének azokban a szövetekben rakódnak le nagyobb mennyiségben, melyek több zsírt tartalmaznak. **A gázolajjal történő szennyezésről is többször beszámoltak**, melyet követően a szennyező anyagokat spektrofluorometriásan vagy vízgőzdesztillációt követően GC-vel mutatták ki. Még jobb, ha hőmérséklet gradienssel programozott GC-t alkalmaznak, mert azzal a kis koncentrációjú szennyezőanyagok is pontosan mérhetőek. Ezzel a módszerrel a prisztán és a fitán is meghatározható, melyek arányából még a dízel olaj eredetére is következtetni lehet. Prisztánt gyakran mértek tengeri állatokból, ill. planktonokból. Ugyancsak gyakran mutattak ki halakból aromás szénhidrogéneket és olyan szerves klórvegyületeket, mint a hexaklór-benzol, a diklór-difenil-triklóretán, melyek a part menti üledékből kerültek a halakba. Ezeket a vegyületeket 10 µg/kg érzékenységgel lehet kimutatni folyadékromatográfiával, fluoreszcens detektálással. E módszer alkalmas arra is, hogy vele poliklórozott bifenileket, dibenzo-p-dioxint, dibenzo-furánt vagy tetraklór-dibenzo-p-dioxánt lehessen meghatározni.

A vágott árúban vagy a halakban gyakran találunk nagyobb mennyiségben nehézfémeket is, ugyanis a legtöbb ember által is fogyasztott tengeri lény képes még **a vízben kis koncentrációban előforduló nehézfémeket a testében akkumulálni**. A kagylók pl. 10.000-szer több cinket, 30.000-szer több kadmiumot és a 14.000-szer több rezet tartalmaznak, mint a víz, amiben élnek. Ezek a mennyiségek már toxikusak az ember számára, és gyakran hányingert, hányást idéznek elő. A kadmium kis koncentrációban is akut toxicitást idézhet elő, és a réz is nagymértékben koncentrálódhat olyan élőlényekben, mint pl. a folyami feketehal. A mérgező nehézfémeket spektroszkópiás módszerekkel, atomabszorpciós spektrofotométer grafitküvettás üzemmódban, vagy induktív csatolású plazmaemisszió tömegspektrométerrel kapcsolva, lehet kimutatni és pontosan meghatározni.

Az előzőekben említett szennyezőanyagokon kívül vizsgálják a bakteriális szennyeződés mértékét, melynek megállapítására sok, gyors kémiai módszert dolgoztak ki. Az egészséges állatok védettek a baktériumok támadásával szemben, de a vágás után az addig háttérben lévő baktériumok

kezdenek szaporodni, és tevékenységükkel rontják a hús minőségét. A hús higiénés minősítésére alkalmazzák a **kataláz aktivitást, mely a beteg állatoknál háromszor akkora, mint az egészséges borjú vagy marhahúsban**, azért alkalmas a húsminőség meghatározására.

2.2.4.2. A darált húsok minőségének meghatározása

Az aprított, darált húsok minőségének meghatározása nehéz, mert az egyes húsrészeket nehéz egymástól megkülönböztetni. Legjobb indikátor az ilyen termékek minőségének analízisére a **triptofán- és a hidroxiprolin-tartalom mérése**, mert a triptofán a jó minőségű vörös húsokban, a hidroxiprolin pedig a több kötőszövetet tartalmazó húsokban fordulnak elő nagyobb mennyiségben, míg a simaizmok közbülső helyet foglalnak el e tekintetben. Ezen utóbbiak, mint pl. a tüdő, a gyomor, a vékonybél, olyan mértékben tartalmazzák a triptofánt, mintha a vörös húshoz 15%-ban kötőszövetet kevertek volna.

A kreatinin tartalom alapján is meg lehet különböztetni az egyes húsfajtákat egymástól, ugyanis a vázizom és a szívizom valamint a nyelv messze a legtöbb kreatinint tartalmazza, ezeket követi a sertésgyomor, míg a vér, a kötőszövet a máj és a belek viszonylag kis mennyiségű kreatinint tartalmaznak.

2.2.5. Húsadalékok és kiegészítők

Hogy a friss hús gyors színváltozását megakadályozzák, különféle adalékot adnak hozzá. Ilyen adalék lehet pl. a **salétrom**, mely **megakadályozza a jelentős színváltozást**, mert a hemoglobin és a mioglobin a megfelelő nitrózó származékká alakul vele. A mennyiséggel vigyázni kell, mert a nagy mennyiség hatására a hús aszalódott hatást kelt, és a későbbi származékok veszélyesek is lehetnek az egészségre. Nagyon sok növényi festékanyagot is használnak a pácolt, fűszerezett húsok színének megőrzésére.

Sokféle töltőanyagot használnak a kolbászárúk készítése során. Ilyenek a száraz kenyérőrlemény, a kukoricaliszt, a burgonyakeményítő, a sós keksz, a kétszersült hulladéka, vagy a főtt rizs. Adnak hozzá szintetikus kreatinint is, hogy annak koncentrációja minél több hústra utaljon a kolbászban, de ennek mennyiségét a ^{14}C aktivitásának mérésével ki lehet mutatni, ez ugyanis a mesterséges, hozzáadott anyagban lényegesen kisebb, mint a természetesben.

Csicseriborsó lisztet is gyakran adnak az olcsó, de jó minőségű kolbászokhoz, mely egy lágyabb textúrát kölcsönöz a húsnak, sajnos azonban a hús elszíntelenedését is okozhatja, amely még kifejezettebbé válik a hús nulla fokon történő tárolása során. Adnak még a húskészítményekhez

zselatint, vért vagy vérlisztet, lépet és zöldség-, vagy más, nem hús jellegű fehérjéket is. Ezek az adalékok nem csökkentik a termék táplálkozási értékét, vagy a textúrát, esetleg az ízét és az illatát, a lényeg az, hogy **a drága állati eredetű alapanyagot egy lényegesen olcsóbbal cserélik ki**. Közkedvelt a szójával való kiegészítés, melynek hatására jelentősen megnő a termék glükózamin-tartalma, mely a kimutatás alapja. Ha a triptofán tartalom magas, a hidroxil-prolin tartalom pedig alacsony magas glükózamin tartalom mellett, akkor szinte biztos, hogy a készítményt nem állati eredetű fehérjével egészítették ki. Ugyancsak magasabb a glükózamin tartalom, ha a húst belső szervekkel, vérplazmával, tej- vagy tojásfehérjével egészítették ki.

A kolbászkészítés során az olyan kiegészítők, mint a szójaliszt, szójaizolátum, zsírszegény tejpor, tejeredetű koprecipitátumok, növényi eredetű fehérjék, javíthatják az olyan funkcionális tulajdonságokat, mint az emulzióképző kapacitás, az emulzió stabilitás és a vízkötő képesség.

A mindennapi gyakorlatban különböző fajok hasonló színű húsát keverik össze azért, hogy olcsóbb hússal nagyobb gazdasági előnyhöz jussanak. Rendszeresen keverik a marha és a lóhúst, a marha és a birkahúst, vagy a baromfi és a sertéshúst, mert a hasonló kinézet miatt nehéz őket megkülönböztetni egymástól.

2.3. Gabonafélék, szennyeződések és hamisítások kimutatása

A gabonafélék a legközönségesebb és a világon **a legelterjedtebb kultúrnövények**, melyeket szinte mindenütt termesztene, és az élelmiszerek alapját képezik mindenütt a világon. **Közéjük tartozik a búza, az árpa, a rozs, a rizs, a kukorica, a cirok és a különböző típusú kölesfajták.** A búza a világon a legnagyobb mennyiségben termesztett gabonaféle, melyet főként kenyéreként és péksüteményként fogyasztunk, de számtalan más egyéb terméket, pl. nagyon sok tésztaféléket is készítenek belőle. A rozs a második legnagyobb mennyiségben termesztett kenyérgabona, melynek mennyisége azonban alig éri el a búza mennyiségének 10%-át. A rizs a világ második legfontosabb gabonanövénye, Ázsiában a legelterjedtebb élelmiszer, ahol 90%-át termelik a világ össztermelésének. A zab, az árpa, a kukorica és a cirok takarmánynövények, de a világ több részén élelmiszereként is fogyasztják őket, **az árpának pedig nagy jelentősége van, mint sörgyártási és egyéb alkoholtartalmú italalapanyag.** A kukorica alapélelmiszer Dél Amerikában, és ugyancsak fontos alapanyag a kukoricaolaj, a keményítő és a kukoricadara gyártásban, és újabban bioalkoholt is készítenek belőle, mellyel a benzint helyettesítik. A kölest és a cirkot a szegény ember eledelének tartják, mely azonban az összes gabonanövény 14%-át teszi ki Indiában.

A gabonanövények mellett a második legfontosabb növényi élelmiszer alapanyagot a **hüvelyesek** jelentik, melyek közé tartozik többek között a bab, a borsó és a lencse. Ezek **magas fehérjetartalmú növények**, 14 és 45% közötti fehérjetartalommal. Jelentőségében közülük is kiemelkedik a földimogyoró és a szójabab, melyek a fehérje mellett még sok olajat is tartalmaznak. A **szója kiemelkedik magas lizintartalmával** is, de még nála is gazdagabb ebben az esszenciális aminosavban az **amarant**, a maga 13-16% lizintartalmával.

A **gabonanövények** hasonló összetétellel és hasonló tápértékkel rendelkeznek. **Keményítő és nyersrosttartalmuk magas, fehérjetartalmuk pedig 5-15% között változik**, és kisebb mennyiségben tartalmaznak zsírt és nem keményítőszerű poliszacharidokat. A búza egyik nagyon fontos tulajdonsága a keménység, mely jelentős mértékben megszabja a búza őrlési tulajdonságait és a végtermék felhasználhatóságát. A kemény búzából nagyobb mennyiségű, megfelelő színű liszt állítható elő, magas vízkötő kapacitással, melyből kiváló minőségű kenyér készíthető elő. A lágy búzából készült liszt sütemények és kétszersültek előállítására használható. A különböző gabonafélék jelentős mértékben különböznek fizikai-kémiai tulajdonságaikat illetően, ami megszabja további felhasználhatóságukat.

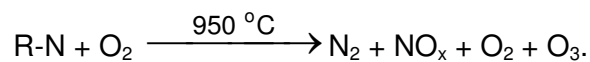
A fehérjetartalom mérése a nitrogéntartalom alapján

Az indirekt fehérjemeghatározási módszerek többsége a nitrogéntartalom meghatározásán alapszik, amit az tesz lehetővé, hogy a fehérjék elemi összetétele a fehérje minőségétől és eredetétől függetlenül közelítőleg azonos. A nitrogéntartalom alapuló meghatározás alapja, hogy **a legtöbb fehérje nitrogéntartalma 16% körül alakul**, ezért ha a nitrogéntartalmat megszorozzuk a $100/16=6,25$ **konverziós faktorrall**, akkor megkapjuk a fehérjetartalmat. A nitrogéntartalom alapján csak a tiszta, tisztított fehérjék vagy olyan anyagok fehérjetartalmát lehet meghatározni, amelyek a fehérjén kívül más nitrogéntartalmú anyagot nem tartalmaznak. Az élelmiszerek a fehérjén kívül más nitrogéntartalmú anyagot is tartalmazhatnak, ezért az élelmiszeranalitikában a nitrogéntartalom alapján nem a fehérjetartalmat, hanem az úgynevezett **nyersfehérje-tartalmat határozzuk meg**, melynek során az élelmiszer nitrogén%-át 6,25 konverziós faktorrall szorozzuk. Ennek megfelelően fehérjeként mérjük az összes nitrogéntartalmú vegyületet, amit az adott módszerrel meg tudunk határozni. A gyakorlatban kielégítő pontosságú az eredmény a 6,25 szorzófaktor számításával. Amennyiben ennél pontosabb eredményt kívánunk elérni, célszerű a vizsgálati anyag fehérjéi tényleges nitrogéntartalmának megfelelő szorzószámával szorozni.

A nitrogéntartalom mérése Dumas módszerével

Az alapelv a minta 900–1000 °C-os hőmérsékleten, ellenőrzött oxigénellátás melletti elégetése, majd különböző műveleteket követően a keletkezett nitrogéngáz meghatározása.

A Dumas módszerrel való összesnitrogén-tartalom meghatározás négy fő szakaszból áll: égetés, redukció, gáztisztítás, detektálás. A nitrogéntartalmú szerves és szervetlen vegyületek 950 °C-on katalizátor (réz-oxid vagy réz-oxid/platina) jelenlétében részben nitrogén-oxidokká, részben pedig molekuláris nitrogénné alakulnak a következők szerint:



A technikai megvalósítás során mind az oxigén, mind az ún. inert gáz (He, Ar, CO₂) áramlik. Az eljáráshoz nagy tisztaságú (99,99%, ún. négykilences) gázok szükségesek. Az égetés réz-oxid töltetű kvarccsőben történik, majd a gázkeverék az utóégetőbe kerül, amelynek töltete réz-oxid/platina katalizátor keveréke. Ekkor a nehezen oxidálható vegyületek mennyiségi átalakítása is megtörténik. Tekintettel arra, hogy az égetésnél nitrogén-oxidok is képződnek, ezeket a vegyületeket – mivel a detektálás gázfázisban N₂-ként történik – molekuláris nitrogénné kell redukálni. Erre szolgál a wolframkatalizátor, amely egyidejűleg a felesleges oxigént is megköti.

A nitrogéntartalom mérése. Az így kapott áramló gázkeverék több olyan komponenst is tartalmaz, amelyek a mérést többé-kevésbé zavarják (SO₂, H₂O, hidrogén-halogenidek), s így torzítják az eredményt. Ezért adszorbenseket kell ezen összetevők eltávolítására, a gáz szárítására alkalmazni. Ha a hordozógáz CO₂, akkor az elégetéskor keletkező CO₂ elnyeletéséről le lehet mondani. A kapott „tisztá” hordozógázban a nitrogén azon az elven mérhető, hogy a gázok hővezető képessége eltérő. **Hővezetőképesség-mérő cella** (egyenletes hőfokon tartott cella hőmérséklet-változása) **alkalmazásával elérhető, hogy a N₂ mennyiségével arányos jelet kapjunk.** Ennek nagyságát ismert minták nitrogéntartalmának ugyanilyen körülmények közötti meghatározása során kapott eredményekkel hasonlítjuk össze. **Korábban** a detektálás során **térfogatméréssel állapították meg a képződött N₂ gáz mennyiségét,** miután a CO₂ gázt KOH-ban elnyelették. Ebben az esetben figyelembe kell venni a hőmérséklettel változó légnyomás értékét is.

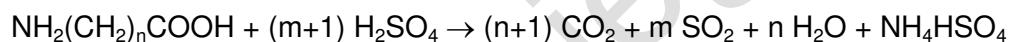
A fehérjetartalom számítása. A nitrogéntartalomból a nyersfehérje-tartalmat a fehérjekonverziós faktorok segítségével számíthatjuk ki. Összehasonlító kalibráló mintaként leggyakrabban nikotinsavat, lizin-hidrokloridot, EDTA-t és triptofánt használunk. Mivel ezzel **a módszerrel a nitrát-nitrit tartalmat** is – a Kjeldhal-módszerrel ellentétben – redukció után a

nitrogéntartalomban mérjük, számos mintatípusnál a ténylegesnél magasabb nyersfehérje-tartalmat kapunk az átszámítás során. Ez különösen a leveles zöldségeknél (spenót, sóska), a zöldliszteknél (lucerna-, fűszénák) fordulhat elő.

A Kjeldahl-féle módszer

Az élelmiszerek nyersfehérje-tartalma Kjeldahl-módszerrel történő meghatározásának lényege, hogy **több órás tömény kénsavval történő forralás során elroncsoljuk az élelmiszerben lévő fehérjéket**, melynek során **az aminosavak aminocsoportjaiból, valamint az egyéb nitrogéntartalmú anyagok** (nitrit és nitrát kivételével) **nitrogénjéből ammónia keletkezik, ami a kénsavban NH_4HSO_4 (ammónium-hidrogén-szulfát) formában oldódik**. Kihűlés után **az ammóniát** fölös mennyiségben adott **33%-os NaOH-oldattal felszabadítjuk, majd** hígítás után **átdestilláljuk, és kénsav- vagy bórsavoldatban felfogjuk**. A kénsavoldatban való felfogás esetén a titrálást nátrium-hidroxiddal, bórsavas elnyeletés esetén kénsavval végezzük.

Aminosavak esetén a roncsolás a következőképpen általánosítható:



A tömény kénsavas roncsolást **katalizátorok** (CuSO_4 , Se) és **forráspont-növelő anyagok** (K_2SO_4) jelenlétében végezzük hosszúnyakú, 250–500 cm³-es Kjeldahl lombikban. Az ammónia desztillálását az ún. Parnas-féle ammóniadesztilláló berendezéssel, ill. ezen az elven működő eszközzel végezzük. A desztillátum felfogására egy 200 cm³-es Erlenmeyer lombikot használunk, amibe 25,0 cm³ 0,1 M HCl-at pipettázunk. Az átdestilláló ammóniát 0,1 M HCl helyett bórsavban is felfoghatjuk, a bórsav ugyanis annyira gyenge sav, hogy metilnarancsra vagy metilvörösre hatástalan, az átdestillált ammóniát tehát 0,1 M HCl-val közvetlenül megtitrálhatjuk. E módszernek az az előnye, hogy a meghatározáshoz egy mérőoldat is elegendő. Hogy a bórsav az ammóniát tökéletesen megkösse, nagy feleslegben kell alkalmaznunk. Szedőnek desztillált vizet használunk, melybe annyi bórsavat teszünk, amennyit a víz és a desztillátum fel tud oldani.

A savfölösleget metilvörös vagy metilvörös-metilénkék keverékindikátor jelenlétében karbonátmentes 0,1M NaOH-dal visszatitráljuk, a bórsavban elnyeletett ammóniát pedig 0,1M HCl-val határozzuk meg. A N%-6,25 szorzat a vizsgált anyag fehérjetartalmát adja.

2.3.1. Szennyeződések a gabonában

A gabonák a betakarítás folyamán gyakran szennyeződnek különféle gyomnövény magvakkal, amelyek ha nagyobb mennyiségben kerülnek a lisztbe, akár mérgező hatást is kifejthetnek.

2.3.1.1. A különféle gabonakeverékek és azok hatása a tulajdonságokra

A legtöbb tésztaféle normális körülmények között durumbúzából készül, melyet a címkéjén is jelölnek. A durumbúza a termesztés, a betakarítás és a tárolás során **nem durum búza fajtákkal is keveredhet, melyek megváltoztatják annak tulajdonságait**. Mivel ez jelentős hatással van a felhasználhatóságra, és az olcsóbb búzával a drágábbat hamisítják is, módszereket dolgoztak ki a durum és a nem durum búza megkülönböztetésére.

A megkülönböztetés alapja lehet a **búza fehérjetartalma**, melyet oldhatósága szerint különböző csoportokba sorolnak. A vízben oldódó albuminok és a sóoldatban oldódó globulinok együttesen a fehérje 15%-át teszik ki, melyek a búza nem glutén frakcióját alkotják. Etanolban oldódnak a **prolaminok**, míg savban pedig a **glutelinek**, melyek együttesen a búzafehérje 85%-át teszik ki, és amelyek **a glutén frakciót alkotják**. A búza prolaminjait és glutelinjeit gliadinnak és gluteninnek hívják. A gliadin frakció PAGE-vel, a gél felbontó képességének függvényében, 20-40 különálló fehérjefrakcióra bontható. Még a gyengébb felbontás esetében is legalább négy féle csoportot, α -, β -, γ - és ω -gliadin, lehet kimutatni, melyek jellemzőek a búzafajtákra, és amelyeket ezen fajták azonosítására lehet alkalmazni. Az elektroforetogram újlényomat szerűen jellemző a búzafajtára, aminek alapján, ha glutént adnak a durum búza tésztafajához, akkor az normál elektroforetikus módszerrel vagy immunológiai analízissel kimutatható.

Az oldható fehérjék elektroforetogramját a különböző kemény vagy lágy búzafajták azonosítására vagy megkülönböztetésére lehet felhasználni, és alkalmas a különböző genotípusú fajták szétválasztására is. Amennyiben a γ/β -gliadin frakcióban több, mint egy csík található, az már jelzi, hogy durumbúzát közönséges fajtával keverték össze. Ezzel a módszerrel 50 g/kg-nál nagyobb mennyiségű hamisítás kimutatható, de a módszer alkalmazásnak gátat szab a viszonylagos bonyolultsága, és a felkészült személyzet szükségessége, ezért csak akkor alkalmazzák, ha nincs egyszerűbb módszer a probléma megoldására. A legtöbb módszer, mely kiváló a glutén fehérjék szétválasztására, munkaigényes, és esetenként nehéz a fehérjefrakciók beazonosítása. Kiemelkedik közülük a **kapilláris elektroforézis**, mely a mozgó határfelületek elvén alapszik, melynek során a molekulák egy 20-75 μm átmérőjű, pufferral töltött szilikon csőben mozognak a töltésükkel ellentétes pólusok felé. **A gliadin frakciók kapilláris elektroforézissel történő szétválasztása lehetővé teszi a búzafajták megkülönböztetését**, és ma már rutinszerűen alkalmazható a minőség becslésére is. Ezzel a módszerrel, különböző pórusméretű poliakrilamid sziták alkalmazásával, **a különböző molekulatömegű glutenin alegységek egymástól elválaszthatók**, és az eredmények szoros összefüggésben vannak a sütőipari minőséggel. A módszer alkalmas a különböző rizsfajták megkülönböztetésére is.

Az IEF pontos eredményt ad a durumbúzához kevert nem durum búza kimutatására a 0-20% tartományban, ennél nagyobb koncentrációnál azonban a becslés hibája sokkal nagyobb. A módszer alkalmatlan arra is, hogy kis mennyiségű durumbúzát ki tudjon mutatni a sima búzalisztból, és alkalmatlan 80 °C-nál nagyobb hőmérsékleten kezelt termékek analízisére is. A specifikus antitesteket tartalmazó kecskeszérum segítségével **immunodiffúziós módszerrel** a fehérje extraktum albumin frakciója alapján **5% lágy búza a durumbúzában kimutatható**. Ezen túl ajánlják még a ω -gliadin meghatározását elektroforézissel, RP-HPLC-vel és immunoassay-jel a durumbúza beazonosítása során. A vízoldható fehérjék RP-HPLC analízise megfelelő pontossággal és reprodukálhatósággal alkalmas 1% búzaliszt durumbúzában történő kimutatására.

GC-s módszereket is alkalmaztak a lágy búza kimutatására durumbúzából. Alkalmazták ezen a túl a spektrofotometriát tészták analízisére, és a közeli infravörös spektroszkópiát a téli és a tavaszi búza szétválasztására. A keményítő szemcsék méretét és a szterolok mennyiségét is alkalmazták megkülönböztetésre, mert szitoszterol palmitát a lágy búzában, a koleszterol palmitát pedig a kemény búzában fordul elő. Az **ásványi anyagok**, különösen a nitrogén, a magnézium, a kalcium, a mangán, a kálium és a cink is **megfelelő információt adhat a búzalisztek megkülönböztetésére**, ugyanis a keménybúza és a belőle készült liszt is több nitrogént, magnéziumot, kalciumot, cinket és mangánt, míg a lágy búza több káliumot tartalmaz. A Mg/K arány szignifikánsan magasabb a kemény búzánál és a belőle készült lisztnél, ezért ezt az arányt széles körűen alkalmazzák a különféle búzafajták és búzalisztek megkülönböztetésére.

Az ásványi alkotórészek meghatározása spektroszkópiai módszerekkel

Spektroszkópiai módszereknek nevezzük az elektromágneses sugárzás és az anyag kölcsönhatásán alapuló analitikai eljárásokat. Két fő ága közül az **emissziós eljárás** a fénykibocsátáson, az **abszorpciós eljárás** pedig a fényelnyelésen alapszik. Mindkét eljárás alapja az a felismerés, amely szerint az atomok és molekulák elektronrendszerében az elektronoknak pontosan meghatározott energiaértékei vannak, aminek következtében energiafelvétel vagy -leadás csak meghatározott (diszkrét) energiamennyiségek formájában mehet végbe. Gerjesztés során az energiaközlés hatására egy elektron magasabb szintre kerül, amelyet követően – mivel a gerjesztett állapot instabil – az elektronok fölös energiájukat leadva alapállapotba jutnak (rekombináció). A gerjesztés és a rekombináció azonban csak akkor szolgáltat analitikai információt, ha az energialeadás fény formájában történik. Az emittált (kisugárzott) fény energiáját a következő képlet szerint számolhatjuk:

$$E = h \cdot \nu = h \cdot \frac{c}{\lambda}$$

ahol: h = Planck-féle állandó ($6,625 \cdot 10^{-34}$ J · s); ν = az emittált fény rezgésszáma (frekvenciája) (s^{-1}); λ = az emittált fény hullámhossza (nm); c = a fény terjedési sebessége ($3 \cdot 10^8$ m/s; 300 000 km/s).

Az energiaszintek közötti lehetséges elektronátmenetet ábrázolva kapjuk, az ún. termdiagramot. A termdiagramon minden gerjesztési állapot közötti energiakülönbségnek megfelel a fény jól megkülönböztethető hullámhossza. A legalsó szintnek megfelelő energiakülönbség adja az ún. alapvonalat, amely a kérdéses elemre a legjellemzőbb és a legintenzívebb. A fontosabb elemek alapvonalai az alábbiak: Nátrium 589,0 és 589,6 nm; Kálium 766,5 nm; Kalcium 422,7 nm; Magnézium 285,2 nm; Réz 324,7 nm; Cink 213,9 nm; Vas 248,3 nm; Mangán 279,5 nm.

A molekulák esetében az elektronok energiaállapotai mellett módosulnak a forgási és rezgési energiák is, azonban ezek energiái az elektronok energiájához képest nagyságrendekkel kisebbek. Az elektromágneses spektrum optikai tartománya az, amit a makro- és mikroelemek mennyiségének meghatározására fel tudunk használni. **A kibocsátott vagy az elnyelt fény hullámhossz szerinti felbontása után nyerjük a színeképet**, amelynek értékelésével a színeképelemzés foglalkozik. Vonalas színeképet kapunk atomos gázok vagy gőzök gerjesztése esetében, sávós színeképet molekulák gerjesztésekor, folytonos színeképet adnak az izzó, szilárd testek vagy folyadékok. **Atomokat – mivel a fény emittálására és abszorbeálására is képesek – emisszióban és abszorpcióban is vizsgálhatunk, molekulákat viszont (mivel a gerjesztés során legtöbbször elbomlanak) abszorpciós módszerekkel tudunk analizálni.**

Emissziós színeképelemzés

Lángfotometria. A lángfotometria a lángban történő gerjesztéssel végzett mennyiségi színeképelemzés. Az eljárás során a mintát lángba porlasztjuk, majd az emittált fény erősségét spektrális felbontás után közvetlenül mérjük. A lángba beporlasztott anyagból az oldószer elpárolog, majd a gőzállapotban lévő fémsó termikusan disszociál. A kapott szabad atomok és gyökök, esetleg molekulák gerjesztődnek, egy részük ionizálódik. A lángba jutó részecskék elpárolgását és disszociációját elősegíti a magas hőmérséklet, a kis mennyiségű anyag adagolása és a viszonylag hosszú idejű lángban való tartózkodása. Gázhalmazállapotban egyensúly áll be a molekulák, az atomok és az elektronok között. **Az eljárás során a gerjesztődött atomok által kisugárzott fény intenzitását mérjük.**

A folyamat menete összefoglalva a következő: az oldószer (ami legtöbbször víz) elpárolgása, szilárd köd keletkezése, párolgás, disszociáció, gerjesztődés és emisszió. **Az emittált fény különböző lencséken, prizmákon keresztüljutva színekvonalakat hoz létre, amelyek közül kiválasztjuk a mérendő elem alapvonalát. Ennek intenzitása arányos a koncentrációval, tehát e módszerrel minőségi és mennyiségi analízist is tudunk végezni.** Ha pl. a színekben azonosítani tudjuk az 589,6 nm-es hullámhosszú vonalat ez azt jelenti, hogy a mintában volt nátrium, mert ez a hullámhossz kizárólag a nátriumatomok $3p \rightarrow 3s$ elektronátmenetének megfelelő sugárzás hullámhossza. Amennyiben több elemet akarunk a mintából meghatározni, mindig ki kell választani a mérendő elem alapvonalának megfelelő karakterisztikus hullámhosszt. A lángfotometria az 5 eV-nál kisebb gerjesztési energiájú elemek mennyiségi meghatározását teszi lehetővé, hisz a levegő-acetilén vagy a levegő-propánbután gáz hőmérséklete nem elegendő a nagyobb gerjesztési hullámú elemek magasabb energiaszintre történő kerüléséhez.

Plazmaemisszió. Az induktív csatolású plazma (ICP) két-három menetből álló tekercsbe vezetett nagyfrekvenciás árammal, legtöbbször argonatmoszférában létesített plazmát jelent, amelynek hőmérséklete 6000–8000 K. A mérendő elem oldatát az ICP-méréstechnika során perisztaltikus pumpával juttatjuk be a ködkamrába, ahonnan a vivőgázzal porlasztva jut a plazmaégőbe. A plazmagáz a vízhűtött nagyfrekvenciás tekercs belsejében ionizálódik, aminek következtében a tekercs belsejében az elektronszám rendkívüli módon megnövekszik, az elektronok mozgási energiája akkorára nő, hogy az argonatomokkal ütközve azokról elektronokat szakít le. **A nagyfrekvenciás plazmában történő mérés rendkívüli előnye, hogy gyakorlatilag nem kell a mátrixhatással számolni,** és a lángfotometriánál fennálló zavaró körülmények is minimálisak. A kis gerjesztési energiájú alkálifémek a nagyméretű ionizáció miatt viszont nem vagy csak nehezen mérhetők ICP-vel. A módszer érzékenysége rendkívül nagy, kedvező esetben elérheti a néhány század $\mu\text{g}/\text{kg}$ -ot is. A plazma egyidejűleg sugározza a mintában lévő valamennyi elem karakterisztikus vonalait, így megfelelő berendezéssel plazmaemissziós spektrométerrel 20–40 elem mérhető egyidejűleg.

A kisugárzott fény mérése történhet monokromátoros vagy polikromátoros elrendezésben.

A monokromátorba jutott fényből tükrök és rácsok segítségével kiválasztjuk a kívánt hullámhosszúságú fényt, amelynek intenzitását valamilyen fénymérő berendezésben mérjük. A berendezés segítségével a plazmát elhagyó spektrumból tehát kiválasztjuk a keresett hullámhosszt, azaz a fényt monokromatikusá tesszük. A polikromátoros berendezésben a belépőre érkező fényt az optikai rács – a prizmához hasonlóan csak annál nagyobb felbontásban – összetevőire bontja, amelyek intenzitását egy fotomultipliernek nevezett

berendezés méri. A polikromátoros elrendezés segítségével számítógépes értékeléssel pár cm^3 mintából 40–50 elem minőségi és mennyiségi analízise végezhető el fél perc alatt.

Abszorpciós színeképelemzés

Az abszorpciós színeképelemzés az atomok és vegyületek fényelnyelésének mérésén alapuló analitikai módszer, amelynek alapja, hogy a különböző atomok és vegyületek az összetett fény más és más hullámhosszúságú sugarait abszorbeálják. A fényabszorpció az atomokra és vegyületekre nézve szelektív, tehát az anyag minőségére ad információt; a fényelnyelés mértéke pedig az anyag koncentrációjával arányos, ezért az abszorpció mértékéből a vizsgálandó anyag mennyiségére is következtetni lehet. Az abszorpciós mérések közül **az atomabszorpciót elsősorban fémek kis mennyiségének pontos meghatározására alkalmazzák;** szinte minden élelmiszer és takarmány szempontjából fontos fém- és nehézfémnyom meghatározható ezzel a technikával. **Az atomabszorpció olyan analitikai módszer, amely a gázhalmazállapotú atomok fényelnyelését méri, az atomok ugyanis képesek mindazon hullámhosszúságú fény elnyelésére, amelyet önmaguk is ki tudnak bocsátani.** A szabad atomok csak a rájuk jellemző hullámhosszú fényt képesek abszorbeálni, azt amely a megfelelő elektronátmenethez szükséges, ezért ha egyetlen hullámhosszú sugárzást bocsátunk át az atomgőzön, akkor ezt csak egyetlen elem atomjai képesek elnyelni.

A karakterisztikus sugárzás előállítására az ún. vájtkatódlámpák alkalmasak, amelyeknek henger formájú üreges katódja a mérendő elemből készül. A vájtkatódlámpa valójában egy kis nyomáson működő kisülési cső, amely csakis a katódfém alapvonalát sugározza igen nagy intenzitással. Kis áramerősséget át bocsátva a katódra, arról fématomok kerülnek a gáztérbe, amelyek ott ütközéssel gerjesztődnek, majd ismét alapállapotba jutva, az elektronátmenetnek megfelelő fényt kisugározzák. **A kisugárzott fényt át bocsátják a mérendő elemet tartalmazó atomos gőzökön, amelyek közül csak a mérendő atomok képesek ezt a fényt abszorbeálni, hisz ez ezek alapvonalát gerjeszti.** Így pl. a magnéziumlámpa csak a 285,2 nm-es hullámhosszú sugárzást bocsátja ki, amelyet csak a magnéziumatomok képesek abszorbeálni. **A fényelnyelés mértéke arányos a meghatározandó atomok számával, azok koncentrációjával.** A módszer szelektív és nagyérzékenységű, kellő számú vájtkatód lámpával gyakorlatilag 30–60 fémes elem egymást követő meghatározását teszi lehetővé. Az atomos gőzök előállítása szempontjából kétfajta eljárás ismeretes: **atomizáció lángban** és **elektrotermikus** vagy más elnevezéssel **grafitküvettes atomizáció.**

Az atomos gőzök lángba juttatása a lángfotometriához hasonlóan történik, aminek során a mérendő anyagot a levegő a ködkamrába juttatja, amely ott az éghető gázzal keveredik, és

együttesen viszik tovább a lángig. A lángban megtörténik a vájtkatód lámpa által kisugárzott fény abszorpciója, amelynek mértékét a fényérzékelő méri. Az érzékelő a jelet kijelzi a nyomtatóba vagy az adattároló komputerhez juttatja el.

A lángot leggyakrabban az acetilén levegőben vagy az acetilén dinitrogén-oxidban történő égetésével állítják elő. A dinitrogén-oxid–acetilén láng magasabb hőmérsékletű, kevesebb benne a zavaróhatás, jelentősebb viszont az ionizáció. E lángot a nagyobb gerjesztési energiával rendelkező elemek meghatározásánál használják. Az atomabszorpciós méréssel egy elem meghatározása egy mintából 5–10 másodpercig tart, ezért a módszer alkalmas nagyszámú minta gyors mennyiségi analizisére. A módszerrel a jól mérhető elemekre a kimutatási határ 0,01 mg/kg.

A grafitküvettás atomizáláskor nemesgáz atmoszférában tartott, elektromos árammal felmelegített grafitküvettát használunk, amelyen keresztülhalad a vájtkatódlámpa által kibocsátott sugárzás. A nagy ellenállású grafitküvettát kis feszültségű (10 V) és nagy áramerősségű (80–100 A) árammal felmelegítjük, amelynek során be tudjuk állítani a pontos hőmérsékletet, ami lehetővé teszi az optimális mérési paraméterek kialakítását. A meghatározás során elsőként az oldószert párologtatjuk el, az ezt követő előkezelés során a szennyező- és zavaróanyagok eltávolítása következik, majd végül az atomizáció során a mérendő elem atomos gőzének előállításával elvégezzük a tényleges mérést. Az elektrotermikus atomizálás rendkívüli előnye, hogy az elemek egyedi fűtési programja segítségével a zavaró hatások nagyrészt kiküszöbölhetőek. A módszer érzékenyebb és pontosabb mint a láng esetében, hátránya viszont, hogy lassabb és drágább. A grafitküvettás mérés technikával a mérendő elemek kimutatási határa 1 µg/kg.

Az α -amiláz inhibitor aktivitás mérése is lehet a megkülönböztetés alapja, mert az α -amiláz inhibitor jelen van a búzában, a rozsban, a tritikáléban és a kölesben, de hiányzik a rizsből, az árpából, a kukoricából és a durumbúzából. **A polifenol oxidáz alapján történő megkülönböztetés** alapja az, hogy ez az enzim sokkal kisebb aktivitást mutat a durumbúzában, mint az egyéb búzaféléknél. A tirozináz teszt tökéletesen alkalmas a durumbúzához kevert kenyérbúza kimutatására, mely harminc perc alatt eldönti, hogy keverték-e a durumbúzához más fajtából származó lisztet, ezért a módszer tökéletesen alkalmas a rutinszerű minőségellenőrzésre.

A komputer vezérelte lézer szkennelő módszer alkalmas a csírázott búzmagok kimutatására a csírázatlan búzából, és alkalmas erre a megemelkedett α -amiláz szint mérése is.

2.3.2. A különféle rizsfajták megkülönböztetése

Az élelmiszerek előállítása során különféle rizsfajtákat használnak, melyek mind méretükben, mind technológiai és táplálkozási értékükben jelentősen különböznek egymástól. A fogyasztók országonként, sőt egy országon belül vidékenként is más és más rizsfajtákat részesítenek előnyben, és elképzelhető, hogy a kedveltségi sorrend ugyanazon rizsfajták között régióként is változik. A rizsfajtákat az összes és a forró vízben oldható amilóz tartalom alapján kilenc fajtába sorolták, és a különböző élelmiszerekhez más és más fajtát tartanak alkalmasabbnak. Az amilóz tartalom túl fontos tulajdonság az aroma, az íz és az illat, mely alapján is lehetséges különbséget tenni köztük.

2.3.3. Gabonafélék, hüvelyesek és keverékeik

Mindkét csoport a 20 fehérjeépítő aminosavat tartalmazza, de **vannak olyan aminosavak vagy származékok, amelyek csak egyik csoportban fordulnak elő**, és amelyek analógjai a fehérjeépítőknek. Ilyen analógok pl. a prolin és a pipekolinsav, mely utóbbi eggyel több metilén-csoportot, és a prolin és az azetidin 2-karbonsav, mely eggyel kevesebbet tartalmaz. A pipekolinsav a legtöbb hüvelyes magban megtalálható, míg az azetidin 2-karbonsav a liliomfélékben fordul elő. **A pipekolinsavat a hüvelyes-mag liszt gabonalisztben történő kimutatására használják.**

A purin- és pirimidin bázisok az élőlények természetes alkotórészei, van azonban a növényekben **pár olyan bázis származék, mely azonosításra szolgálhat.** Az egyik ilyen származék az **5-metil-citozin, mely a búzacsíra DNS-ében fordul elő, amely alkalmas a csírázás kimutatására.** A vicin és konvicin kis molekulatömegű pirimidin glikozidok, melyek a bab és borsó fajok azonosítására szolgálhatnak. A búzához kevert rozslisztet a rozs keményítő tartalmának eltérő voltából, és vízben való viselkedéséből lehet megkülönböztetni. A csicseriborsó lisztet a sima borsólisztől a fehérjék elektroforetogramja alapján lehet megkülönböztetni a csicseriborsóban található extra csík alapján. A 25-30 fehérjecsíkból van kb. hat, mely csak a csicseriborsóban nem fordul elő, és amelyek alapján azok hozzákeverése kimutatható.

2.3.4. A minőséget befolyásoló indexek a búza- és egyéb lisztekénél

A kenyérfélesztés az elasztikus, gázmegtartó tészta készítésén alapul, melyet befolyásol a hidratáció és a gluténtartalom. A liszt hamu- és fehérjetartalma nincs összefüggésben a sütőipari minőséggel, bár az utóbbi időben összefüggést mutattak ki a sütőipari paraméterek és a liszt cinktartalma között. **A cipó térfogata függ a fehérjetartalomtól, az endospermium hamutartalma**

viszont nincs összefüggésben a liszt sütőipari minőségével. **A sütőipari minőség és a glutén/gliadin arány között találtak összefüggést**, és különösen **a lisztben lévő szabad szulfhidril csoportok növelték a tészta erősségét és a cipó térfogatát**. A nagy molekula tömegű glutén alegységek (HMW-GS) hatását méretkizárásos kromatográfiával is meg lehetett erősíteni. A liszt minőségjavulását a tárolás első hónapjaiban a szulfhidril csoportok diszulfiddá történő oxidációjával tudták magyarázni. A HMW-GS, a tészta minőségét legjobban meghatározó fehérjefrakció, a megfelelő antitesthez szelektíven kötődik, ezért ELISA technikával mennyiségét viszonylag könnyű meghatározni.

A HPLC-t jó hatásfokkal tudták alkalmazni a **glutenin komplex meghatározására** a glutenin aggregátumok ultrahangos szétbontását követően. A HPLC analízissel hasznos információk nyerhetők a gliadin/glutenin komplex arányára, de a módszer költséges, ezért az antigén antitest reakción alapuló módszerek hatékonyabban e tekintetben. Az infravörös spektroszkópiát is alkalmazták a búza minőségének meghatározására közvetlenül a tárolás megkezdésekor, melyet követően összefüggést tudtak megállapítani a cipó térfogata és a fehérjetartalom között. A búza korára, felhasználhatóságára a hamutartalomból és a diasztáz enzim aktivitásából tudtak következtetni, mely a tárolás elején magasabb, mint a tárolás későbbi szakaszában.

2.3.4. A gabonafélék és a belőlük készített termékek mikrobiológiai minősítésére szolgáló módszerek

A világ gabonatermelésének kb. 2%-át a mikroorganizmusok teszik tönkre, melyek változásokat okoznak a zsír-, a fehérje-, a szénhidrát-, az ásványi anyag- és a vitamin-tartalomban. A biokémiai változásokat okozó **raktári penészek, lipolitikus-, proteolitikus- és szénhidrátbontó aktivitással rendelkeznek**, és változásokat okoznak a vitamin- és ásványianyag-tartalomban. Nyilvánvalóan a nedvesség és a relatív páratartalom jelentős mértékben befolyásolja az előzőekben említett változásokat. A kukorica vagy a köles fertőződése ilyen gombákkal megnöveli a termény savasságát, mert ezek a gombák jelentős mennyiségben szintetizálnak savakat, és 15 napon belül jelentős emelkedést okozhatnak a savasságban, ezért a **savak mennyisége jó indikátora a mikrobiális fertőzöttségnek**. A liszt, a tészta és a kenyér savasságát jó indikátornak tartják az alapanyag minősége, sütési tulajdonságai és a csírázás megkezdődése szempontjából is, de a módszer nem elég megbízható.

A **mikotoxinokkal** és az allergénekkal való fertőzöttség is állandó veszélyforrást jelent. A mikotoxinok a mikroszkopikus gombák anyagcsere termékei, melyet speciális körülmények között termelnek, és amelyek **súlyosan veszélyeztethetik mind az állatok, mind az ember egészségét**. A gabonanövények és a földimogyoró aflatoxinnal való szennyezettsége a rendkívül

érzékeny ELISA technikával könnyen becsülhető. Az ochratoxin a búzában, az árpában és a kukoricában magas páratartalom esetén fordul elő, míg a zearalenon a fuzáriummal fertőzött búzában képződhet. A deoxinivalenolt is a fuzárium gombák szintetizálják, mely a sütés hőmérsékletén sem bomlik el.

Az **ergoszterin** jelenléte az olyan gabonafélékben mint a búza, a köles az árpa, a kukorica vagy a repce **egyértelműen a bakteriális fertőződésre utal**, ezért analízisét széleskörűen alkalmazzák a fertőzöttség kimutatására. Az ergoszterol a legfontosabb citoplazma-membrán alkotó a gombáknál, ezért a gombás fertőződés kimutatására használják. **A módszer az ergoszterin és a jód közötti reakción alapszik**, melynek során egy intenzíven, a zöldes-kék tartományban fluoreszkáló vegyület keletkezik a hosszabb hullámhosszú ultraibolya fényvel történő besugárzás hatására. Kénsavval vagy sósavval kezelve a foltot, a szín a zöldes-kékről ragyogó zöldre vált.

Illó komponensek is használhatók indikátorként a mikrobiális fertőzés kimutatására. A gabona szaga is elárulhatja a mikrobiális fertőzöttséget, de néhány, baktériumok által szintetizált illó anyagnak nincs karakterisztikus szaga, ezért az ilyen módszer nem megbízható. **Jól használható az illó anyagok kimutatására headspace gázkromatográfia**, mely megbízhatóan és nagy érzékenységgel tudja a különböző illékony vegyületeket kimutatni és meghatározni. Még jobb és megbízhatóbb eredményeket ad az illó vegyületek azonosítására, ha a gázkromatográfhoz tömegspektrométert csatolnak, és ezzel a módszerrel még **a fertőző mikroorganizmusok is azonosíthatók a jellegzetes anyagcsere termékeik alapján**. Ez utóbbi módszer drága és időigényes, míg a headspace analízis viszonylag gyors és könnyen kivitelezhető. E műszeres módszerekkel a 3-metil-1-butanolt és az 1-oktén-3-olt, valamint a 3-oktanolt, mint a mikroflóra által termelt illó anyagokat tudták azonosítani. A 3-metil-1-butanolt a búza szellőztetése során is ki lehetett mutatni. Az előzőekben felsoroltak mellett még alkoholokat, alkánokat és terpéneket is ki tudtak mutatni a mikrobiális romlást követően. Az mikrobiális romlás első szakaszában főként a 3-metil-1-butanol koncentrációja nő meg jelentős mértékben.

Az **anyarozs** egy olyan növényi betegség, melyet a Claviceps törzshez tartozó gombák okoznak, és amely a megtámadott növény termésén fekete, **varjúkörömhöz hasonló képlettel hoz létre**. A rozsa, az árpa, a tritikálé, a zab és a bajra is megfertőződhet ezen az úton. Az anyarozs **toxikus alkaloidákat**, ergokrisztint, ergometrint vagy ergonovint, ergozint, ergotamint, ergokarmint és L-ergokriptint tartalmaz, melyek **a testbe kerülve számos betegséget okozhatnak embernek és állatnak egyaránt**, melyet közös néven ergotizmusnak hívnak. Az anyarozs legnagyobb része a tisztítás során eltávozik a mag felületéről, **de a korpa vagy a teljes kiőrlésű liszt jelentős koncentrációban tartalmazhatja a mérgező alkaloidákat**. Mások szerint a rozsliszt nagyobb

koncentrációban tartalmazza az alkaloidákat, mint a korpa. HPLC-vel, fluoreszcens detektálással az anyarozs alkaloidok ma már tökéletesen szétválaszthatók és meghatározhatók.

Esetenként jelentős lehet a gabonanövények rovarral vagy bábjaival való fertőzöttsége is. A gabona zsizsik nyála pl. tartalmaz fehérjebontó enzimeket, melyek lebontva a glutént olyan lisztet produkál, amiből csak gyenge minőségű, kis térfogatú kenyeret lehet sütni. Az előzőek miatt **a gabona rovarokkal való fertőzését meg kell akadályozni**, a fertőzött tételeket a fogyasztásból ki kell zárni. A fertőzött gabonából készült liszt a részben lebontott fehérje révén, méretkizárásos kromatográfiával analizálva, speciális fehérjefrakciókat produkál, megelőzve az α -gliadinokat. Az α - és a β -amiláz, valamint a lipázaktivitás növekedése ugyancsak jelzője a zsizsikkal történt fertőződésnek.

A rovarfertőzés megnöveli a húgysav és egyéb rovar-anyagcsere termékek mennyiségét a lisztben, csökkenti a fehérje mennyiségét és annak emészthetőségét, és növeli a nem fehérje nitrogén mennyiségét. A tárolás alatt minimális változások történnek az összesnitrogén-, a fehérjenitrogén-, a nemfehérje nitrogén- és húgysavtartalomban. **A húgysavat** a legfontosabb rovar anyagcsere terméknek tekintik, melynek **mennyiségéből a rovarfertőzésre nagy biztonsággal lehet következtetni**. A húgysavat enzimatikus, kolorimetriás, vékonyréteg kromatográfiás és HPLC, amperometriás detektálással, módszerekkel lehet mérni, melyek közül a legérzékenyebb és legmegbízhatóbb ezen utóbbi.

2.4. Zöldségek, gyümölcsök és belőlük készült élelmiszerek

A zöldségek és a gyümölcsök elengedhetetlen összetevői a kiegyensúlyozott étrendnek, melyek jelentős mértékben hozzájárulnak az élelmiszerek ízéhez és aromájához, a rostszükséglethez, és különösen jelentős vitamin- és ásványianyag-tartalmuk. A gyümölcs- és zöldségfogyasztás változatossá teszi a döntőem gabonán és állati eredetű élelmiszereken alapuló étrendünket. A különböző országokban olyan fajtákat is fogyasztanak, melyet csak szűk körben ismernek, és amelyek jelenleg csak helyi jelentőségűek. Az utóbbi évek intenzív kertészeti kutatásai olyan új fajtákat hoztak létre, melyek a világ különböző régióiban, eltérő klimatikus és talajviszonyok között, eltérő évszakokban, így szinte az év minden szakában eljutnak a fogyasztókhoz. **Az eltérő termesztési körülmények miatt más ezen élelmiszerek összetétele**, íze, tápértéke, és természetesen más az árak is a piacon, hisz azt meghatározza a termesztés módja, a vidék helye, ahonnan származnak, az egységes kinézet, a szín, az aroma és az íz. Néhány gyümölcs és zöldség közvetlenül a termelőtől kerül a fogyasztó asztalára, **némelyeket hosszú úton szállítanak legtöbbször hűtött raktárakban**, néhányat pedig előzetes feldolgozást követően hoznak forgalomba, néhány pedig gyümölcshúsként, gyümölcsléként, édességként,

savanyúságként, almaborként, borként vagy olyan termékként kerül a fogyasztóhoz, amelyek további otthoni feldolgozást igényelnek.

Az eltérő környezet azonban maga után vonja annak kockázatát, hogy **a gyümölcs és a zöldség szennyezett lehet peszticid maradékokkal**, esetenként tartalmazhat sugárzó anyagokat, vagy **hamisíthatják őket olcsóbb termékekkel**, és a mesterséges érlelés is befolyásolhatja a minőséget. Különösen a feldolgozott termékeket hamisíthatják olcsóbb, de hasonló anyagokkal, éretlen vagy túlérett termékekkel, szerves savakkal, cukrokkal, sűrítőkkal, mesterséges szín és aromaanyagokkal és konzerválószerrel.

A félig vagy teljesen feldolgozott termékek minősége függ a technológiától, hogy a maximális haszon érdekében milyen fokú darabolást, préselést kinyerési eljárásokat alkalmaznak, hogy a készítményt a héjból vagy a gyümölcshúsból állították-e elő, és hogy rostanyagok milyen mértékben találhatóak a végtermékben. Alkalmaztak-e enzimeket, cellulázt, amilázt vagy pektinázt a nagyobb kitermelés érdekében, amit gyakran tesznek az alma-, a guava- és a banán gyümölcslevek esetébe. A gyümölcshús vagy a gyümölcslé összetétele jelentős mértékben függ az érettségi foktól, az évszaktól, a termesztés helyétől, és a termék kinyerésének módjától. A citrusfélék héja és magja, bekerülve a gyümölcslébe, annak keserű ízt kölcsönöz. A gyümölcslevek minőségét meghatározza a savasság és a pH, a cukrok fajtája, a keményítő és az egyéb poliszacharidok, a pektin, a karotinoidok és az egyéb színanyagok, az esszenciális olajok, a fenolos komponensek és pl. az aszkorbinsav mennyisége.

A konzisztencia függ a pektin-, a keményítő- és az egyéb poliszacharid tartalomtól. Mindegyik fajtának különböző változatait állították elő a világ különböző részein, amelyek eltérő tulajdonságokkal jellemezhetők. Esetenként víz hozzáadás is szükséges lehet a folyékony frakció maximális kinyerése érdekében. Az édesség és a savanyúság visszaállítása miatt savakat, ill. cukrokat, a viszkozitás visszaállítása miatt pedig egyéb anyagokat kell az ilyen extraktumhoz adagolni, és esetenként tesznek hozzá tartósítószereket, benzooesavat vagy kén-dioxidot is. Gyümölcslé koncentrátumok előállításánál hő- és vákuum kezelést alkalmaznak, melynek során ügyelni kell a barnulás elkerülésére, és a hőkezelés során előforduló bomlási folyamatok minimalizálására. A hőkezelés során a természetes aroma egy része elvész, karamellizáció történik, főtt íz jelentkezik, ill. keserű íz alakul ki a déligyümölcs levek esetében. Mivel a koncentráció során az aroma egy része elvész, azt friss aromával pótolni kell.

A kereskedelmi forgalomban lévő gyümölcsleveket legtöbbször érzékszervi bírálattal minősítik, melynek során illatát és ízét értékelik. A szubjektív minősítés mellett **az analitikai kémia fejlődésével egyre inkább terjednek az objektív műszeres minősítések**, amelyek a kémiai összetételt, a fizikai és reológiai tulajdonságokat, a nyomelemeket és az enzimeket mérik, a

fehérjékre pedig az elektroforézist, az izoelektromos fókuszálást és az immunológiai módszereket alkalmazzák, melyek összességében lehetővé teszik az vizsgált zöldség vagy gyümölcs korrekt minősítését.

2.4.1. A gyümölcs és zöldséglevelek minősítésére alkalmas vizsgálatok

A gyümölcs és zöldséglevelek minősítésére fizikai, kémiai, biológiai és szenzoros vizsgálatokat alkalmaznak. Gyümölcsleveknél a legfontosabb minősítési tényezők a viszkozitás, a szín és a barnulás mértéke, a természetes vagy főzött aroma vagy íz jelenléte, néhány esetben a keserű íz, a kémiai paraméterek közül pedig legjelentősebbek az összes és a redukáló cukortartalom, a savasság és a pH, valamint az aszkorbinsav tartalom. Leggyakrabban az olyan kis mennyiségben előforduló anyagokat alkalmazzák a minősítésre, mint a szerves sók, a nitrogéntartalmú összetevők, a polifenolok, a vitaminok és a pigmentek.

A citrusfélék gyümölcsleveinek hamisítása a világon mindenütt probléma. A gyümölcsléhez adhatnak vizet, cukrot, aromákat és a ízfokozókat, idegen gyümölcsleveket és más egyéb, hamisításra alkalmas anyagokat. Többen fagyasztott és felengedett gyümölcslevet adtak a frisshez, sokszor narancs koncentrátumokból és poliszacharidokból, keményítő hidrolizátumokból és esszenciális olajokból állítottak elő folyadékot, melyet a friss gyümölcsléhez kevertek. Az ilyen levek összetételét meghatározva és többdimenziós statisztikai analízist alkalmazva, a hamisításokat viszonylag egyszerű kimutatni. Különösen a citrus és az ananász levek analízisekor alkalmaztak regresszió analízist, diszkriminancia analízist, és alakfelismeréses matematikai statisztikai analíziseket. Jó példa erre a **narancslé** analízise, melynek során **43 illékony komponenst határoztak meg HPLC-vel**, 10 nyomelemet induktív csatolású plazmaemisszióval, melynek során a hamisítást könnyen, nagy biztonsággal le tudták leplezni. Ilyen sok mérési adat esetén különösen jól használható az **alakfelismeréses matematikai statisztikai analízis**, melynek segítségével az eredeti és a hamisított minták különböző csoportokba sorolhatók, sőt a hamisítás mértékéről is lehet információkat kapni. E módszerek segítségével a különböző minőségű gyümölcsleveket is szét tudták választani. **Különbséget tudtak tenni a friss, vagy a sűrítményből készített gyümölcslé között.** Az azonosítás biztonságát tovább növelte, amikor a minősítés során gázkromatográfiás headspace analízissel mintegy **16 különféle illóanyagot tudtak azonosítani.**

A citrusfélék esetében a hamisítást az organoleptikus, a fizikai és a kémiai tulajdonságok analízisét követően lehet kimutatni, melynek során az eredeti narancs-, citrom-, grapefruit- és mandarin-gyümölcslevelek tulajdonságait hasonlítják a hamisítottéhoz. Az analitikai módszerek közül korábban használták a papírkromatográfiát, újabban viszont sok esetben a HPLC-t használják a

cukrok, főként a glükóz, a fruktóz és a szukróz, és a szerves savak, az almasav és a citromsav meghatározására. Széles körben alkalmazzák a gázkromatográfiát és a cellulóz acetát membránon valamint a poliakrilamid gélben végzett elektroforézist és izoeletromos fókuszálást az aminosavak (prolin, arginin, γ -amino-vajsav) és a fehérjék meghatározására. Vizsgálják ezen kívül a gyümölcslevek savas tulajdonságait, a pentóztartalmat, az inorganikus komponenseket, a különböző aminosavakat és azok származékait a gyümölcslevek, elsősorban a citrom-, a narancs- és a grapefruit-lé hamisításának kimutatására, és ugyanezek a módszerek alkalmasak a málna-, az eper-, a vörösáfonya- és a feketeribizli-levek azonosítására is. A kémiai mátrix módszer alkalmazásakor olyan komponenseket határoznak meg, mint az L-almasav, a klorogénsav, a fruktóz/glükóz arány, a szukróz, a prolin és a szorbitol, melyek jelzői lehetnek az alma és gyümölcslevekben olyan természetű hamisításoknak, mint pl. a vízzel történő hígítás, cukor vagy magas fruktóztartalmú kukorica szirup, vagy répacukor, esetleg mosóvíz hozzáadás.

A cukor profil analízis mellett használják az UV spektrumokat, és a fémanalízist, az izotóp és az izotóp arány analízist, és GC-MS technikát alkalmaztak arra, hogy nyomnyi mennyiségű olyan szerves anyagokat mutassanak ki a hamisított gyümölcslevekből, melyek az eredetiben nem, hanem csak pl. a répacukor/invertcukorban fordulnak elő. **Az aminosav összetétel és az aminosavak aránya különösen jó indikátora a hamisításnak**, amikor pl. az alma-, a narancs-, a grapefruit- vagy a piros szőlő levekhez fehérje hidrolizátumot is kevernek. Az UV, a látható abszorpciós spektrum és a fluoreszcens spektrum is alkalmasnak bizonyult annak kimutatására, hogy az eredeti narancsléhez gyümölcshús mosóvizet kevertek. A közeli infravörös spektroszkópia azért bizonyult jó módszernek a hamisítások felderítése során, mert minden lékésítésre alkalmas gyümölcsnek meg van az a speciális infravörös spektruma, mely csak rá jellemző, és mellyel a hamisítás tényét ki lehet mutatni. A Fourier transzformációs infravörös spektroszkópia is nagyon alkalmas pl. olyan feladatok megoldására is, hogy friss vagy fagyasztott és kiolvasztott gyümölcsöt használtak-e fel, adatokat ad a gyümölcs érettségének fokára, a gyümölcs fajokra és fajtákra, mely különösen jelentős lehet az alma esetében, és hogy kénezés történt-e a lé előállítása során. A fizikai módszerek között széles körben alkalmazzák a refraktométereket, mint amilyen Abbe refraktométer, gyümölcslevek minőségének ellenőrzésére.

A cukrok kimutatása és meghatározása

A cukrok (mono-, di-, illetve triszacharidok, polihidroxi-aldehidek vagy polihidroxi-keetonok, illetve ezek származékai) kémiai sajátosságait az alkoholos hidroxil-, valamint az aldehid-, illetve a ketocsoportok szabják meg. Kimutatásuk és meghatározásuk is a funkciós csoportok kémiai reakciói alapján történik. Ezek közül legjelentősebb a szabad aldehidcsoport kémiai reakciói, amelynek segítségével a redukáló cukrok könnyen kimutathatók és meghatározhatók.

Aldózok kimutatása Fehling-reakcióval és ezüstitűkőr-próbával. A Fehling-reakció során a réz(II)-szulfát oldatból (Fehling I-oldat) és a lúgos kálium-nátrium-tartarát oldatból (Fehling II-oldat) keletkező kék színű komplexből a cukrok vörös színű réz(I)-oxid csapadékot választanak le. A reakció során a két vegyértékű rézionokat a D-glükóz aldehydcsoportja egy vegyértékű rézionokká redukálja, miközben a glükóz aldehydcsoportja karboxilcsoporttá alakul (oxidálódik), a D-glükózból pedig nátrium-hidroxidos közegben a D-glükonsav nátriumsója keletkezik. A réz(I)-oxid mennyiségének mérésével a glükóz koncentrációja is meghatározható.

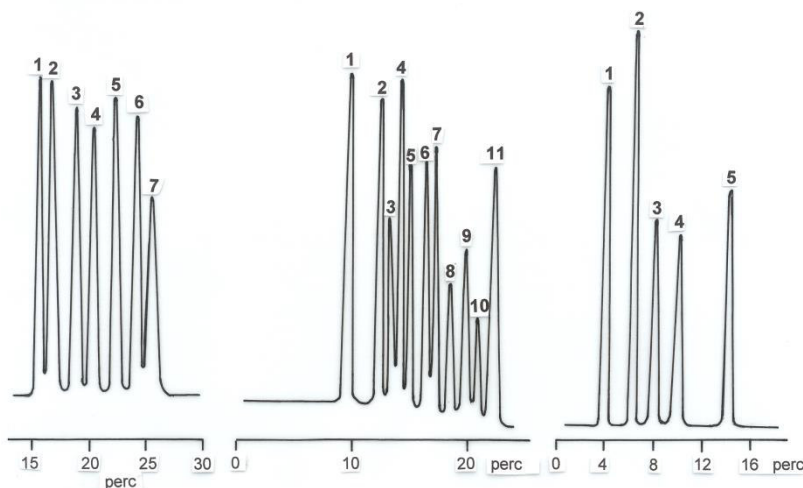
Az ezüstitűkőr-próba során ammóniás ezüst-nitrát-oldatból a D-glükóz a tökéletesen tiszta zsírmentes kémcső falára fémezüstöt választ ki, amelynek során az ezüst tükröző bevonatot képez. Amennyiben a kémcső nem tökéletesen tiszta, vagy a reakció közben a kémcsövet megrázzuk, az ezüst fekete csapadék formájában válik le, ami a forralás után kiülekszik az oldatból. A reakció során a D-glükóz aldehydcsoportja reagál egy ezüst-amin komplexszel, amelyet ezüst-nitrát-oldatból ammónium-hidroxiddal állítunk elő, amelynek során keletkezett csapadékot ammónium-hidroxid feleslegében oldjuk. A reakció során a D-glükózból D-glükonsav, illetve annak ammónium sója, az ezüstionból pedig fémezüst keletkezik. A kísérlet kivitelezése során 2–3 cm³ D-glükóz-oldathoz 5 cm³ 5%-os ammóniás ezüst-nitrát-oldatot adunk, és az elegyet vízfürdőn óvatosan melegítjük. Szerencsés esetben a kémcső falára ezüstitűkőr formájában fémezüst válik le, ellenkező esetben fekete csapadékot kapunk.

Az összes cukortartalom meghatározása. Élelmiszereinkben általában a szacharóz vagy más néven répacukor, ha tejet tartalmazó élelmiszerről van szó, a tejcukor fordul elő nagyobb koncentrációban. E két cukor a diszacharidok csoportjába tartozik, mindkettő képlete C₁₂H₂₂O₁₁. A laktóz a redukáló cukrok, a szacharóz pedig a nem redukáló cukrok közé tartozik, azaz a laktóz adja, a szacharóz nem adja a Fehling-reakciót és az ezüstitűkőr-próbát. Mindkét diszacharid híg sósavas oldatban melegítve két monoszachariddá, a szacharóz glükózzá és fruktózzá, a laktóz pedig glükózzá és galaktózzá hidrolizálható. A mennyiségi meghatározás elve tulajdonképpen az előzőekben ismertetett Fehling-reakció, amelynek során a Cu²⁺-ionokból Cu⁺-ionok keletkeznek, a cukor aldehydcsoportjának hatására. A Cu⁺-ionok mennyiségét meghatározva a cukor mennyisége pontosan meghatározható.

Monoszacharidok és néhány szerves sav szétválasztása és meghatározása nagyhatékonyságú folyadékkromatográfiával

A monoszacharidokat és a diszacharidokat különböző folyadékkromatográfiás technikával, elsősorban nagyhatékonyságú folyadékkromatográfiával szét lehet választani, illetve meg lehet

határozni. A következő kromatogramján látható, hogy az alkalmazott kromatográfiai technikával hét szénhidrát egymástól tökéletesen szétválasztható, és a csúcsok elválása kielégíti a meghatározás követelményeit. Még jobb az elválás a harmadik kromatogramon, ahol csak négy cukor, valamint a borkősav szétválasztása látható. A középső kromatogram egy bonyolultabb feladat megoldására mutat be példát, ahol a különféle cukrok mellett szerves savakat és alkoholokat is elválasztunk egymástól.



1. Szukróz
2. Glükóz
3. Citromsav
4. Fruktóz
5. Borkősav
6. Almasav
7. Glicerín

1. Szukróz
2. Maltóz
3. Glükóz
4. Xilóz
5. Galaktóz
6. Arabinóz
7. Mannóz
8. Ecetsav
10. Metanol
11. Etanol

1. Borkősav
2. Szacharóz
3. Glükóz
4. Fruktóz
5. Szorbit

Cukrok, savak, alkoholok és cukoralkoholok szétválasztása nagyhatékonyságú folyadékkromatográfiával

A cukrok szétválasztására és meghatározására mindaz érvényes, amik már a korábbi nagyhatékonyságú folyadékkromatográfiai elválasztás során tárgyalásra kerültek. A különbség csupán annyi, hogy eluensként vizet vagy rendkívül híg savanyú oldatot használunk; az átfolyási sebesség 0,4 és 0,6 cm³/perc, a kromatografálási hőmérséklet pedig 30 és 80 °C között változik. A speciális, cukrok szétválasztására és meghatározására kifejlesztett oszlopok mellett szinte minden elválasztásnál és meghatározásnál törésmutató-mérő detektort használunk.

2.4.1.1. Szerves savak és más egyéb kiegészítők

A gyümölcslevek hamisításánál jól bevett módszer, hogy azokat idegen, olcsóbb gyümölcslevekkel, cukoroldatokkal vagy szerves savakkal elegyítik. Amennyiben kristályos üledék található a gyümölcskoncentrátum alján, az szinte biztosan hamisított. A kereskedelmi forgalomba hozott citromlevet a savasság alapján minősítik, ezért, mivel a mesterségesen előállított citromsav sokkal olcsóbb, mint amit gyümölcsökből állítottak elő, kézenfekvő a mesterséges citromsavval való hamisítás. **A narancsolajat és a β -karotint is előszeretettel alkalmazzák a hamisítás elfedésére**, és erre jó alapanyagok az olyan magas karotin tartalmú zöldségek, mint pl. a sárgarépa és annak leve, vagy a különböző, nagy karotin tartalmú virágok extraktuma. Annak ellenére, hogy a narancslé karotin tartalmát befolyásolja a fajta, a termőhely és az évszak is, a különböző karotin frakciók és azok arányai alig változnak, amely ugyancsak alapja lehet a hamisítás kimutatásának.

A nem illékony szerves savakat manapság, HPLC-vel, az illékonyakat pedig GC-vel, esetleg HPLC-MS, vagy GC-MS technikával határozzák meg. Megállapították, hogy **a különböző gyümölcslevek karakterisztikus szerves sav koncentrációval és szerves sav aránnyal jellemezhetők**. Az almára jellemző az almasav és a citromsav, a fekete szederre és a fekete málnára a citromsav és az almasav, a cseresznyére az almasav és a citromsav, a fekete bodzára és az eperre a citromsav és az almasav, a különféle szőlőfajtákra pedig a borkősav, az almasav és a citromsav különböző mennyisége és aránya. Különböző gyümölcslevek összes aminosav tartalmát, L-almasav és összes fenol tartalmát meghatározva a citromsav tartalomra lehet következtetni, ill. a komponensek alapján, regressziós egyenletek segítségével, a komponensek mennyisége és aránya is meghatározható. A rendkívül szoros összefüggés a citromsav és az összes fenol tartalom között lehetőséget ad egy gyors módszer alkalmazására a citromlé tisztaságának ellenőrzése során.

Mivel az **izocitromsav a kereskedelmi forgalomban kapható citromsavban nem fordul elő**, a zöldségeknek és a gyümölcsöknek viszont természetes alkotórésze, arányuk 1:50 és 1:300 között változik, ami lehetőséget ad a hamisítás, a hozzáadott citromsav kimutatására. Az izocitromsavat és a citromsavat enzimátikus módszerekkel és HPLC-vel lehet meghatározni. A D-izocitromsavról is állítják, hogy jó indikátora a narancslének, azonban az ehhez hasonló állításokat kritikusan kell kezelni, mert mind a mennyiség (citromsav, D-izocitromsav), mind az arány változhat az évszakkal és az érettségi fokkal.

A gyümölcsökben és a gyümölcslevekben lévő illékony komponenseket, pl. gyümölcs észtereket, gáz-folyadék kromatográfiával lehet legkönnyebben kimutatni. Az eljárás során a cukrokat és a

savakat első lépésként extrakcióval szétválasztják, majd a savakból illékony trimetilszilil származékokat képeznek, melyek alkalmasak a gázkromatográfiás meghatározásra. A gyümölcsökben lévő szerves savakat el lehet választani anioncserélő kromatográfiával is, melyet követhet a GC-s származékképzés és meghatározás, de többen használtak anioncserélő és kationcserélő kromatográfiát, és fordított fázisú HPLC-t is erre a célra. Mivel a HPLC az összes almasavat méri, vagy királis származékképzést vagy enzimes módszert kell alkalmazni az L-almasav meghatározására. A királis folyadék kromatográfia is alkalmas erre a célra, ezért kiválóan használható annak kimutatására, hogy keverték e szintetikus almasavat a gyümölcsléhez. Királis állófázis alkalmazásával, mint amilyen pl. a királis valin, az almasav enantiomereit GC-vel is szét lehet választani az illó származék képzését követően.

A D-almasav egyébként kiváló jelzőanyag a hamisításra, mert ez az izomer a természetben nem fordul elő. A D-almasavat az előbbi technikakon kívül enzimatikusan is meg lehet határozni, melynek során a D-malát NAD oxidoreduktáz dekarboxilezi a D-almasavat piroszőlősavvá, a keletkezett redukált enzim (NADH), pedig spektrofotometriásan mérhető. **Az L-almasav és az összes almasav mennyiségéből a hamisításra lehet következtetni.** A fumársav kis mennyiségben mindig előfordul a mesterségesen előállított almasavban, ezért jelenléte ugyancsak a hamisításra utal.

A gyümölcsök, különösen a sötétszínű gyümölcsök antocián tartalmát, azok mennyiségét és arányát jó hatásfokkal lehet használni különféle termékek azonosítására. Különösen jól lehet hasznosítani pl. a delfinidint és a malvidint az áfonyához kevert piros szőlőhéj extraktum kimutatására. Az aminosavak és az összes fenoltartalmú vegyület közötti arány (AA/TP), az L-almasav és az összes fenoltartalmú vegyület közötti arány (MA/TP) független a hígítástól vagy az összes hozzáadott citromsav mennyiségétől, de ez igaz a citromsav és az össze fenoltartalmú vegyület közötti arányra is, amely a hozzáadott citromsav indikátora lehet.

A cukornád melaszt gyakran alkalmazzák a tamarind koncentrátumok hamisítására. Mivel a melasz jelentősen több hamut, foszfort és kalciumot tartalmaz, mint a koncentrátum, ezen komponensek alapján 15-20% melasz koncentrátumhoz történő keverése kimutatható. Az almalé hamisításának vizsgálata során rájöttek arra, hogy az ugyanazon helyről származó hamisított almalé sokkal több cukormentes extraktumot, több szőlőcukrot és kevesebb hamut, benne kevesebb káliumot és foszfort, viszont sokkal több kloridot tartalmaz. A magas glükóztartalom a magas cukormentes extraktummal egyetemben a részlegesen hidrolizált glükózsziruppal való hamisításra utal. Maltózt a hamisított mintából jelentős mennyiségben, míg az eredeti mintából egyáltalán nem lehetett kimutatni.

Az olyan indexek, mint a szárazanyag/hamu, a savasság/hamu, és az egyes cukrok (glükóz, fruktóz, szukróz) aránya, különösen a glükózhoz viszonyított aránya jó indikátora a vízzel való hígításnak és a hozzáadott cukor minőségének és mennyiségének. HPLC-vel, amperometrikus detektálással egy százaléknyi magas fruktóztartalmú kukorica szirup és 5% invertcukor a narancsléből kimutatható. Ugyancsak jól használható az izotóp arány meghatározás a hamisítás leleplezésére, mellyel egy külön fejezet foglalkozik.

Az őszibarackból készült gyümölcshúshoz adott savakat az összes savasság/kálium, az összes savasság/izocitromsav/almasav, az almasav/kálium és az almasav/összes hamu arányok alapján lehet kimutatni. A hozzáadott citromsavat a citromsav/izocitromsav és a citromsav/összes hamu, a cukrokat pedig az összes cukor/összes hamu, az összescukor/foszfor, és az összescukor/magnézium arány alapján lehet vizsgálni.

2.4.2. Héj homogenizátum kimutatása citrom- és narancsfélék levéből

Ha héj extraktumot narancslé koncentrátumhoz kevernek, akkor azt a szabadaminosav tartalom alapján lehet kimutatni. A valin, a metionin, az izoleucin, a leucin, a tirozin és a fenilalanin koncentrációja 1,5 és 3,7% között változik a gyümölcshúsban, míg a héjextraktumban eléri a 7,3%-ot, tehát a magas szabadaminosav koncentráció arra utal, hogy héj extraktumot keverték a gyümölcshúshoz. Ugyancsak jól használhatók a héjextraktum kimutatására a permetoxilált flavonoidok, amelyek csak a citrusfélékben fordulnak elő, és amelyek koncentrációja ötvenszer nagyobb a narancshéj extraktumban, mint a gyümölcshúsban. Ennek értelmében 10% héjextraktum gyümölcsléhez keverése szignifikáns mértékben megnöveli a permetoxilált flavonoidok mennyiségét, melyet érzékszervi vizsgálattal még nem lehet kimutatni.

2.4.3. A gyümölcslevek vízzel való hígítása

Nagyon sokfajta analitikai módszert kidolgoztak a gyümölcs- és zöldséglevek vízzel történő hígításának kimutatására. Korábbiakban a sűrűségmérést alkalmazták a hozzáadott víz kimutatására, melynek alapja, hogy a víz sűrűsége kisebb, mint a gyümölcs- vagy zöldségléé, aztán a feketebodza lé vizsgálatára alkalmazták a cukor és a nitrogénmentes extraktum meghatározását, és az elektromos vezetőképességet is használták, bár ezt befolyásolják a különböző adalékok, és értéke a tárolás során is változhat.

A szervesetlen komponensek analízise során kezdetben **az összes hamu mennyiségét mérték**, amely az összes szervesetlen anyagot tartalmazza, majd használták a hamualkalitást is, kálium-karbonátban kifejezve, és alkalmazták a kálium és foszfortartalmat is. A hamu- és a foszfortartalom

gyakorlatilag független a helytől és a talajtól, és korrekt mutatója a bogycs és gyümölcslevek vízzel történő hígításának. A **narancslé megnövekedett nitráttartalmát** nem a héj extraktum, hanem **az extraktum előállítására felhasznált víz nitrát-tartalma okozza**. A hamisítatlan minták nitrát-tartalmát egyébként a minták eredete is befolyásolja, ezért a nitrát-tartalom alapján nem lehet dönteni a hamisítás tényéről, hisz hamisítani, hígítani nitrátmentesített vagy ionmentesített vízzel is lehet.

A narancsléhoz hozzáadott héj némileg megnövelheti a héj szulfittartalmát. Lényeges megnövekedett szulfittartalom általában a magas szulfittartalmú vízzel való hígításra utal. **Az összes-nitrogén (TN), az amino-nitrogén (AN) és a kettő aránya is jó indikátora hamisításnak**. A TN/AN arány jól használható a kereskedelmi citromlé hamisításának kimutatására, és ez az arány, kiegészítve olyan ásványi elemekkel, mint a kalcium, magnézium és a foszfor, a legjobb paraméterek a citromlé narancslével való hamisításának kimutatására. Az albuminszerű amino-nitrogén elemzése is hasznos információval szolgálhat, mivel ennek mennyisége független a gyümölcslé pasztörözésétől. **A nikotinsav és a betain, valamint a szabad aminosavak is jó indikátorai a narancslé hígításának**. A kézzel készített narancslé 30%-kal több betaint, és kétszer annyi nikotinsavat tartalmaz, mint a kereskedelmi forgalomban kapható. Indikátor lehet még az aszkorbinsav, az ásványi anyagok többsége, az ásványi anyag arányok, mert a koncentrációkból számolt regressziós egyenletekkel jó közelítéssel lehet a hamisítás tényét becsülni.

A szerves komponensek közül az aminosavakat és a vitaminokat lehet felhasználni a hamisítás mértékének meghatározására. A szabadaminosavak meghatározása jelenleg a legelfogadottabb módszer a citrusfélék hamisításának kimutatására. Tanulmányozva a betakarítás idejét és a klimatikus viszonyokat megállapították, hogy néhány aminosav koncentrációját a betakarítás ideje befolyásolja, többségükre azonban az nincs hatással. Ez a felismerés tette lehetővé a szabad aminosavak bevonását a minősítésbe, melynek következtében módszereket dolgoztak ki a narancslé hamisításának kimutatására. **A hamisított gyümölcslevek csak negyed annyi szabad aminosavat tartalmaztak**, mint az eredetiek. Az aminosavak alkalmasak voltak a raktározás idejének becsülésére is, hisz a prolin, a glicin és a hidroxiprolin mennyisége nem változott a tárolás során, míg a lizin, a hisztidin és az arginin felére csökkent a két éves, 15 fokon történő tárolás során. **Az aminosavak mennyiségi meghatározásával a fehérje hidrolizátummal történő hamisítást is ki lehetett mutatni**.

A fehérjeépítő aminosavak mellett a kereskedelmi forgalomban kapható grapefruit levek a **nem fehérjeépítő ornitint is tartalmazzák**, melynek mennyisége szoros összefüggésben van a többi szabad aminosav koncentrációjával. Amennyiben mennyisége alatta marad egy minimális

értéknek, gyanakodni lehet a hamisításra, és segítségével egy gyors tesztet lehet kidolgozni annak ellenőrzésére. A minőségi és a mennyiségi aminosav analízis kimutatta, hogy az ornitin mennyisége független a grapefruitlé eredetétől, ezért is lehet a hamisítás bizonyítására használni. A grapefruit lében talált aminosavak közül a β -alanin, a γ -amino-vajsav, a hisztidin, a metionin-szulfoxid és az izoleucin az, ami a hamisítás szempontjából a legnagyobb figyelmet kapta. A γ -amino-vajsav és az arginin különösen jól használhatók a hamisítás kimutatására, mert a γ -amino-vajsav/arginin arány, az arginin/aszparagin arány és a γ -amino-vajsav/aszparagin arány sokkal pontosabb eredményeket ad a hamisítással kapcsolatban, mintha az egyes aminosavakat külön-külön használnánk, a hígító vízzel, az egyéb gyümölcslevekkel vagy a fehérje hidrolizátummal való hamisítás kimutatására. Mivel **a mai analitikai módszerekkel a D- és az L-aminosavakat is szét lehet választani** és meg lehet határozni, a királis GC vagy királis HPLC, esetleg királis származékok képzését követően a nem királis GC vagy nemkirális HPLC is alkalmas lehet a D-aminosavak kimutatására, és ezen keresztül a hamisítás tényének bizonyítására. A módszer alapja az a tény, hogy a D-aminosavak normál körülmények között a gyümölcslevekben nem fordulnak elő, míg a szintetikus aminosavak racém keverékeinek 50%-át a D-aminosavak alkotják.

Az aminosavak vizsgálatát különösen javasolják a citromlé hamisításának kimutatására. A citrusfélék hamisításának maszkírozására előszeretettel alkalmaznak cukrokat, citromsavat, kálium-foszfátot, aszkorbinsavat és olyan aminosavakat, mint **a glicin**. Ez az aminosav **az alaninnal karöltve jól használható a hamisítás kimutatására**, mert a glicin/alanin arány változik attól függően, hogy természetes, kiváló minőségű narancsléről van-e szó, vagy a levet a második vagy a harmadik préselésből nyerték. Amennyiben fehérje-hidrolizátumot adnak a narancsléhez a hígítás maszkírozására, akkor azt ki lehet mutatni a leucin/izoleucin arány és a γ -amino-vajsav koncentrációja alapján. Fenti aminosavakon túl a glutaminsav és az aszparaginsav is hasznos információval szolgálhat a hamisítás kimutatásakor annak ellenére, hogy a különböző régiókból eltérő időben betakarított citrom aminosavösszetétele eltérő lehet.

A citrusféléktől eltekintve az alma, a körte, a szőlő, az eper, az áfonya, a cseresznye, a szilva, a banán, az ananász és még több gyümölcs aminosav összetételét fel tudták használni egyrészt a belőlük készült lé megkülönböztetésére, másrészt a hamisítás és az érettségi állapot beclésére.

2.4.4. Vitaminok

A vitaminok amellet, hogy rendkívül fontos mikrotápanyagok, mennyiségüket fel lehet használni a gyümölcslé gyümölcstartalmának beclésére. A karotinoidok a legjobban használhatók erre a célra, de csak akkor, ha meghatározásuk szigorú előírások betartása mellett történik. Az aszkorbinsavat a mandarin gyümölcslé hamisításának kimutatására használták annak ellenére,

hogy az aszkorbinsav természetes alkotórésze a gyümölcsnek. A mai modern analitikai módszerekkel **különbséget lehet tenni az eredeti és a hozzáadott aszkorbinsav tartalom között**, melynek az az alapja, hogy a hamisítatlan gyümölcslemben lévő aszkorbinsav több ^{13}C izotópot tartalmaz, mint a mesterségesen előállított. Fentiekén túl a nikotinsavat és az inozitolt is alkalmazták a hamisítás kimutatására, ill. a gyümölcsle gyümölcstartalmának becslésére.

A provitaminok és a vitaminok meghatározása

Élelmiszerek provitaminjainak és vitaminjainak meghatározása a többi komponenshez viszonyítva relatíve összetett analitikai feladat, mert egyrészt koncentrációjuk kicsi a többi komponenshez képest, másrészt a legtöbb vitamin érzékeny az oxidációra és néhány még a fényre is. Ezért csak kíméletes analitikai műveletekkel, szükség esetén semleges atmoszférában, vagy a direkt fény kiküszöbölésével lehet analizálni. A vitaminok kémiai összetételüket tekintve olyan sokfélék, hogy meghatározásukra általános eljárást nem lehet kidolgozni, csak egyedi analitikai műveletekkel lehet őket elemezni, és meghatározásuk legtöbbször még különböző előkészítési műveleteket is igényel. A legtöbb esetben a meghatározás előtt a zavaró anyagokat el kell távolítani, a vitaminokat extrakcióval ki kell vonni, a kötött formában lévőket kötéseikből fel kell szabadítani, majd ezután következhet az azonosítás és a mennyiségi meghatározás. Általánosságban elmondható, hogy a zsírolható vitaminok kivonását szerves oldószeres extrakcióval végezzük, a vízoldható vitaminokat pedig vízzel vagy pufferoldattal nyerjük ki a vizsgálandó anyagból. A kivonás után az extraktumot általában kromatográfiás módszerrel tisztítjuk, majd tisztítás után alkalmazhatjuk a klasszikus analitikai módszereket, fotometriás és kalorimetriás, spektrofotometriás, fluorimetriás és főként kromatográfiás eljárásokat.

A karotin- és a xantofilltartalom meghatározása

A légszáraz, zöld vagy szárított mintákat hexán és aceton vagy petroléter és aceton elegyével szobahőmérsékleten nitrogénáram alatt extraháljuk, majd az extraktumot metanos kálium-hidroxidos oldattal kezeljük. A bepárolt extraktum maradékát petroléterben feloldjuk, és alumínium-oxid oszlopon kromatografáljuk. **Az eluátum karotin- illetve xantofilltartalmát spektrofotometriásan mérjük.** A meghatározás során extrahálási, kromatografálási és spektrofotometriás méréseket végzünk. Kromatografáláskor a petroléterben szuszpendált alumínium-oxidból egy 15 cm magas oszlopot készítünk, és az eluálást addig folytatjuk, míg a lecsepegő eluátum már színtelen nem lesz. A karotinfrafrakció eltávolítása után egy másik mérőlombikba gyűjtjük a xantofillt tartalmazó eluátumot, melyet az oszlopra vitt etanollal oldunk le. A spektrofotometriás mérés során a petroléteres eluátum karotintartalmának mérésekor az

abszorbancia értéket 450 nm-es hullámhosszon, 1 cm-es küvettában, petroléterhez hasonlítva mérjük le. A xantofilltartalom meghatározását is ugyanilyen körülmények között végezzük etanolhoz viszonyítva.

Zsírolható vitaminok meghatározása

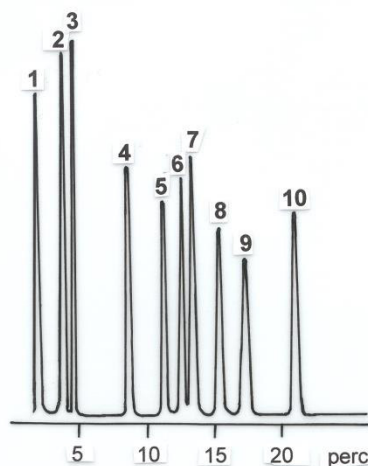
Az A-vitamin-tartalom meghatározása HPLC módszerrel. Az eljárás során a megfelelően előkészített mintát lúgos közegben hidrolizáljuk, a felszabadult retinolt pedig petroléterrel extraháljuk. Az extraktumot bepároljuk, metanolban feloldjuk, a **retinoltartalmat** pedig **nagyhatékonyságú folyadékkromatográfiával fordított fázisú kromatográfiával, UV detektálással 325 nm hullámhosszon határozzuk meg.** A megfelelően előkészített minta oldat 20 µl-ét injektáljuk a nagyhatékonyságú folyadékkromatográfba. Az elválasztást 25 cm hosszú, 7–10 µm szemcsenagyságú, C18 típusú fordított fázisú oszloppal végezzük, metanol-víz 95:5 arányú elegyét 1,5 cm³/perc áramlási sebességgel áramoltatva. A retinolcsúcsot annak retenciós ideje alapján azonosítjuk. A mennyiségi meghatározáshoz egy retinil-acetát alapoldatot használunk.

A D₃-vitamin meghatározása nagyhatékonyságú folyadékkromatográfiával. A módszer szerint a mintát metanollal extraháljuk, és az így kapott metanos oldatból szűrés vagy centrifugálás után 50 µl-t injektálunk a HPLC készülékbe, az abszorbanciát pedig 265 nm-nél mérjük. A meghatározást 250 x 4,6 mm-es ODS HIP-5 kromatográfiás oszlopon végezzük. 200 cm³ metanol és 800 cm³ acetonitril elegyével 1,5 cm³/perc eluens áramlási sebesség mellett kromatografálunk, és a D₃-vitamin csúcsát 10–11 perc retenciós idő után 265 nm-en detektáljuk.

E-vitamin (α-tokoferol) meghatározás nagyhatékonyságú folyadékkromatográfiával. Élelmiszerek E-vitamin-tartalma a természetes tokoferoltartalom, valamint a természetes és hozzáadott tokoferol-acetát hidrolíziséből származó α-tokoferol összege, amelyet mg/kg egységekben fejezünk ki. A módszer szerint a megfelelően előkészített mintát lúgos közegben hidrolizáljuk, a hidrolízis végén az elegyet sósavval megsavanyítjuk. A felszabadult α-tokoferolt petroléterrel extraháljuk, az extraktumot bepároljuk és metanolban feloldjuk. **Az α-tokoferol-tartalmat nagyhatékonyságú folyadékkromatográfiával fordított fázisú kromatográfiával, UV detektálással 292 nm hullámhosszon határozzuk meg.**

A zsírolható vitaminok szimultán meghatározása nagyhatékonyságú folyadékkromatográfiával. A zsírolható vitaminok a megfelelően megválasztott kromatográfiás

körülmények között egy lépésben is szétválaszthatók, illetve meghatározhatók. A következő kromatogram 10 különböző vitamin, illetve vitaminszármazék szétválasztását mutatja.



A zsírolható vitaminok szétválasztása és meghatározása folyadékkromatográfiával.

A szétválasztott vitaminok a következők: 1-menadion (K₃-vitamin), 2-retinol (A-vitamin), 3-retinol-acetát, 4-menaquinon (K₂-vitamin), 5- δ -tokoferol, 6-ergo-kalciferol (D₂-vitamin), 7-kole-kalciferol (D₃-vitamin), 8- α -tokoferol (E-vitamin), 9-tokoferol-acetát, 10-fillo-quinon (K₁-vitamin).

A szétválasztás körülményei az alábbiak: Oszlop: 150 x 4 mm GRA-SIL 120 ODS-5 ST 5 μ m, acetonitril mozgó fázis 0,8 cm³/perc áramlási sebességgel, 7 MPa nyomás, 30 °C hőmérséklet, UV-detektálás 280 nm-en.

A vízoldható vitaminok meghatározása

A B₁-vitamin- (tiamin-)tartalom meghatározása HPLC-vel fluorimetriás detektálással. A módszer szerint a mintát hidegen zsírtalanítjuk, Selecton B₂ jelenlétében híg sósavval, majd koncentrált sósavval kezeljük. Nitrogénatmoszférában 80–90 °C-os vízfürdőn fény kizárása mellett oldjuk, majd hígítás és szűrés után lúgos közegben tiokrommá oxidáljuk. A meghatározást HPLC-vel, spektrofluorimetriás detektálással, a mintával azonos módon elkészített tiamin-klorid-hidroklorid standardoldathoz viszonyítva végezzük. A B₁-vitamin oxidált származékát metanol : foszfát puffer elegyével eluáljuk 1,2–1,5 cm³/perc áramlási sebesség mellett, majd fluoreszcenciás detektálással 320 nm-es extinkciós és 424 nm-es emissziós hullámhossznál határozzuk meg a B₁-vitamin mennyiségét.

A nikotinsavamid meghatározása HPLC módszerrel. Az eljárás során a mintát metanol : foszfát puffer eleggyel extraháljuk, majd az extraktum szűrése és centrifugálása után a nikotinsavamid-tartalmat folyadékkromatográfiásan határozzuk meg 254 nm-en UV-detektálással, ionpárképzéssel. A megfelelően hígított és előkészített anyagból 50 μ l-t

injektálunk a folyadékkromatográf 25 cm hosszú C18 típusú oszlopára. A mozgófázis 1 litere 1 g n-heptánszulfonsav-nátriumot, 125 cm³ metil-alkoholt és 875 cm³ 1%-os foszfátpuffert tartalmaz. A nikotinsavamid csúcsot 254 nm-en detektáljuk.

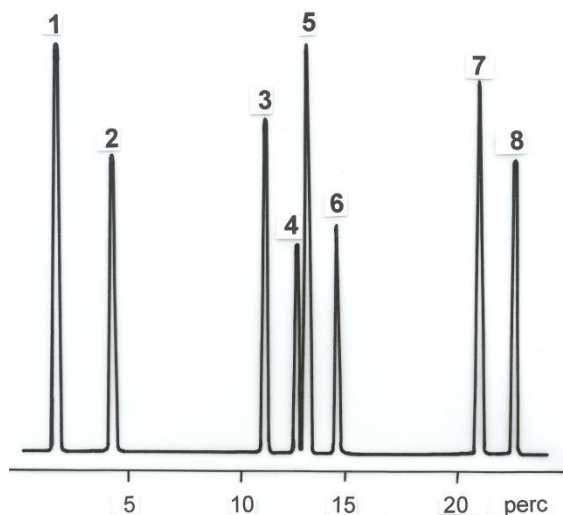
A C-vitamin-tartalom meghatározása

A C-vitamin-tartalom meghatározása 2,6-diklór-fenol-indofenolos titrimetriával. A módszer szerint az aszkorbinsavat a mintából oxálsavoldattal vagy metafoszforsav-ecetsav elegyével extraháljuk, ezt követően pedig 2,6-diklór-fenol-indofenol színezékoldattal lazacrózsasíngig titráljuk.

Az aszkorbinsav-tartalom meghatározása spektrofotometriás módszerrel. A módszer szerint a mintából az aszkorbinsavat oxálsavoldattal vagy metafoszforsav : ecetsav elegyével extraháljuk. Az aszkorbinsav a 2,6-diklór-fenol-indofenol színezéket kvantitatíve redukálja; a feleslegben lévő színezékanyagot xilollal extraháljuk és az oldat abszorbanciáját 500 nm-en, spektrofotometriásan meghatározzuk.

Az aszkorbinsav meghatározása HPLC módszerrel. A módszer alkalmas élelmiszerek C-vitamin-tartalmának meghatározására. **A mintát metanol-foszfát puffer eleggyel extraháljuk, majd a leszűrt oldatot** nagyhatékonyságú folyadékkromatográfival analizáljuk, elektrokémiai detektálást alkalmazva. A megfelelően előkészített oldatból 20–50 µl-t injektálunk a HPLC készülékbe. A kromatografálásra Spherisorb 5 ODS 250 x 4,6 mm-es oszlopot használunk. Az eluens 350 cm³ metanolt, 650 cm³ 0,01 mólos kálium-dihidrogén-foszfát-oldatot és 2 cm³ decilamint tartalmaz. Az eluens pH-ját 3,0-ra állítjuk be 1 mólos foszforsav-oldattal. Az eluens áramlási sebessége 0,5 cm³/perc, a detektor ED 101 E elektrokémiai detektor.

A vízdoldható vitaminok a megfelelően megválasztott folyadékkromatográfiai körülmények között nagyhatékonyságú folyadékkromatográfival egymástól szétválaszthatók, illetve meghatározhatók. Az ábrán a következő vitaminok szétválasztása látható: 1-L-aszkorbinsav (C-vitamin), 2-nikotinsav, 3-piridoxin-hidroklorid (B₆-vitamin), 4-nikotinsavamid, 5-tiamin-hidroklorid (B₁-vitamin), 6-folsav, 7-ciano-kobalamin (B₁₂-vitamin), 8-riboflavin (B₂-vitamin). A meghatározás során CROM-SIL 120 ODS 5-ST, 5 µm töltetű, 150 x 4 mm-es oszlopot használtak. Az eluens 6,6-os pH-jú, 20 µM koncentrációjú kálium-foszfát-oldat volt, az áramlási sebesség 8 cm³/perc, a nyomás 9 MPa, a hőmérséklet 30 °C volt, a detektálást pedig 254 nm-en végezték.



A vízoldható vitaminok meghatározása nagyhatékonyságú folyadékkromatográfiával. A szétválasztott vitaminok a következők. 1-L-askorbinsav (C-vitamin), 2-nikotinsav, 3-piridoxin-hidroklorid (B₆-vitamin), 4-nikotinsavamid, 5-tiamin-hidroklorid (B₁-vitamin), 6-folsav, 7-ciano-kobalamin (B₁₂-vitamin), 8-riboflavin (B₂-vitamin).

2.4.5. Stabil izotópok analízise

A folyadékkromatográfia, az UV és látható spektrofotometria, valamint a kálium és a nátrium spektroszkópiás meghatározása mellett a stabil izotópokat is előszeretettel alkalmazzák a narancslé eredetének igazolására. Ezen vizsgálatokhoz a ¹³C és a ¹⁸O stabil izotópokat használják. **A ¹³C vizsgálata a szén-dioxid eltérő módon történő fixálással kapcsolatos** (ld. a vonatkozó fejezetben), **a ¹⁸O vizsgálat alapja pedig az a tény, hogy a növény anyagcseréje során folyton párologtat, melynek során arányaiban több ¹⁶O izotóp távozik a növényből, és a nehezebb izotópot tartalmazó víz viszonylag feldúsul.** Igaz ez a hidrogén izotópokra is, hisz a nehézvíz aránya is nagyobb a növényekben, mint a növény környezetében, és ez különösen igaz a citrusfélékre. Az ¹⁸O/¹⁶O arány a szőlő esetében 24 óra alatt nem mutat változást, és nincs összefüggésben az érettségi fokkal sem, ezért különösen alkalmas a vizezettség kimutatására. Ezen meghatározások alapvető folyamata a víz kidesztillálása a mintából, alacsony hőmérsékleten, vákuumban, majd ezt követi az izotópok arányának meghatározása célszerűen megválasztott tömegspektrométerrel.

Az izotópok analízise alapján **különbséget lehet tenni a cukornádból a és a cukorrépából származó szukróz, ill. a belőle előállított monoszacharidok között**, ugyanis a cukornádból származó szukróz ¹³C izotóp tartalma szignifikánsan nagyobb, mint a cukorrépából származóé. Nem találtak különbséget a szénizotópokat vizsgálva az almafajták között, a narancs esetében viszont az eredeti cukrok ²H tartalma nagyobb, mint az invert cukoré.

2.4.6. Gyümölcslevek egymáshoz keverésének kimutatása

A különféle eredetű gyümölcsleveket több okból keverik egymáshoz. Az elsődleges ok a haszonszerzés, amikor az olcsó levet keverik pl. a drága narancsléhez, de előfordul az is, hogy szőlőlevet kevernek az almaléhoz, mert az almalé szállítása egyes országokban korlátlanul megengedett, míg a szőlőlevet vámok sújtják.

A különféle gyümölcslevek cukor és szorbitol tartalmát vizsgálva megállapították, hogy szinte minden gyümölcslé karakterisztikus cukortartalommal és cukoreloszlással rendelkezik, és néhány gyümölcslé természetes alkotója a szukróz és a szorbitol egyaránt. Legnagyobb szorbitol tartalmat a körte, a cseresznye, a szilva, az alma és a barack estében mértek, míg a szőlőben, az áfonyában, a málnában és az eperben rendkívül alacsony volt a koncentrációja. A körte és az alma több fruktózt tartalmazott, mint glükózt, az őszibarack pedig több glükózt, mint fruktózt, a többi gyümölcsben pedig e két cukor koncentrációja gyakorlatilag azonos volt. Hasznosnak bizonyult olyan indexek szerkesztése, mint pl. a szorbitol/szukróz, vagy a szorbitol/összesecukor arány, melyek segítségével különböző szőlőfajtákat tudtak megkülönböztetni, és a körtefajták is különböztek e tekintetben.

Az almaléhoz adott adalékokat, mint pl. a fehérszőlő- és ananászlevet, édesítőszeret, invertcukrot, nádcukrot és magas fruktóztartalmú szirupot a cukor profil, a nemilló savak mennyisége, az UV spektrum és az ásványianyag összetétel alapján mutatták ki. **Az elkülönítéshez alakfelismeréses matematikai statisztikai módszereket használtak**, melyhez az adatokat a HPLC-s és szénizotópos elemzési módszerekből nyerték.

Az utóbbi időben rutinszerűvé vált a gyümölcslevekben lévő fenolos komponensek, különösen a **flavonoidok meghatározása**. Így a floretin és az izohamnetin származékok segítségével sikerült az alma- és a körtelevelek között, a naringin és a neoheszperidin segítségével pedig a narancs- és grapefruitlé között különbséget tenni. A metoxilált flavonokat és flavonon glikozidokat sikeresen használták a grapefruitlé narancsléből történő kimutatására. A kivi gyümölcs jelenlétét ki lehet mutatni az olyan flavonoidok alapján, mint a quercetin-3-O-ramnóz, a luteolin-6-C-glükozid, vagy a quercetin-3-O-rutinozid.

A kis molekula tömegű fenolos komponenseket, a cinnaminsav és a borkósavval alkotott észterei és glikozidjai kivételével, a gyümölcsökben még alig tanulmányozták. Úgy gondolják, hogy cinnaminsav az extrakció és a préselés során szabadul fel a sejtekből. A cinnaminsavon kívül még az alábbi kis molekulatömegű fenolos vegyületeket fedezték fel a különböző gyümölcsökben: szőlő: galluszsav, protokatekhursav, p-hidroxibenzoésav, vanillinsav és sziringin, feketeribizli:

szalicilsav, vanillinsav, 2,5-dihidroxi-benzoésav és shikiminsav, alma: protakatekhursav és p-hidroxi-benzoésav, fekete áfonya: p-hidroxi-benzoésav, m-hidroxi-benzoésav, galluszsav, protakatekhursav, vanillinsav és sziringinsav. A gyümölcslevek jellemzésére, azonosítására, egymástól való megkülönböztetésére, esetleg a hamisítás kimutatására olyan komponenseket használnak előszeretettel, mint a 3-flavonolok, a flavonolok, a kalkonok, a benzoésav és a benzaldehid, és a cinnaminsav és észterszármazékai.

A hidroxicinnaminsav borkósavval alkotott észtere tipikus vegyület a szőlőlében, a floridizin jellemző az almára, az izohamnetin glikozid pedig a körtére. A miricetin csak az őszibarackban volt megtalálható, a luteonin és az apigenin glikozidjai pedig egyértelműen jellemzőek a narancslére. A sárgabarackot két kumarinszármazék alapján, az ananászt pedig a szinapinsav jelenléte, valamint az összes többi flavonoid hiánya alapján lehet beazonosítani. A szőlőlevet a kaffeoborkósav, a p-kumaroil-borkósav és a feruoil-borkósav tartalom alapján lehet azonosítani, míg a hidroxicinnaminsav-észter a quininsavval más egyéb gyümölcsök jelenlétére utal. A kivi gyümölcsöt a kampferol és a quercetin glikozidok alapján lehet azonosítani.

A narancslé grapefruitléhez történő keverését a naringin és a heszperidin flavonglikozidok HPLC-vel történő meghatározást követően lehet kimutatni, de alkalmas lehet erre bármilyen izokratikus vagy gradiens elúcióval dolgozó módszer is, az eredeti, vagy származékképzés után kapott vegyület analízisével. A narancsléhez enzimatikusan kesertelenített grapefruitlé hozzáadás az olyan hidrolízis termékek alapján mutatható ki, mint a naringenin és a prunin. Ha legalább öt százalékban kevernek fűgéből származó levét a szőlőléhez, a borhoz vagy a pezsgőhöz, akkor azt a szkaftozid (apigenin-6-C- β -D-glükopiranozil-8-C- β - β -arabinopiranozil) és az izoszkaftozid (két izomer, ahol a cukrok ellentétes helyzetben találhatók) tartalom alapján lehet kimutatni.

A gyümölcsök nem illékony szerves sav tartalma nagyon eltérő lehet, és jelentős mértékben változhat az érés során, ennek ellenére a borkósavat a szőlő, a laktoizocitromsavat a feketeszeder, a benzoésavat pedig az áfonya estében használják markerként.

Az alma és az áfonya aminosav tartalma viszonylag alacsony, a szőlő, a feketeszeder, a szilva és a körte esetében viszont magas, de alkalmazhatóságukat a gyümölcslevek azonosítására jelentős mértékben befolyásolja a technológia, főként a hőkezelés során jelentkező Maillard reakció. **A prolin különösen jól használható a gyümölcslevek elegyítésének kimutatására**, mert mennyisége az almalében (5,2 mg/liter) és a feketeribizliben (18,4) rendkívül alacsony, a szőlőlében (345) és néhány cseresznyefajtában (425-1100 mg/liter) viszont rendkívül magas, így csak a prolintartalom alapján az egyes gyümölcslevek beazonosíthatók, összekeverésük

kimutatható. Különösen igaz ez a **feketeribizli** lére, melyet **előszeretettel hamisítanak magas prolintartalmú gyümölcslevekkel**.

Amennyiben citromlevet 5%-nál nagyobb mennyiségben kevernek narancsléhez, az az alumínium-oxid oszlopon végzett kromatográfiás eljárással könnyen kimutatható, mert **UV fényben eltérő sávok jelennek meg a citromlé hatására**, és módszert sem a pasztörözés, sem a kén-dioxiddal történő kezelés nem befolyásolja. Ha csak 1-2%-ban is adnak narancslevet a golgotavirág gyümölcséből készült léhez, akkor az a limonén- és heszperidin-tartalom, valamint a szabad aminosav mintázat alapján kimutatható. Az olyan egymáshoz közelálló citrusfélék, mint a citrom és narancs egymáshoz kevert levét nehéz csak **a szabadaminosav-összetétel alapján** kimutatni, **a szőlő, az alma és az ananász levek** viszont ezen az alapon egymástól **könnyen megkülönböztethetőek**.

Az aminosav összetétel meghatározás gyorsabb, mint más egyéb hagyományos módszerek, ezért előszeretettel analizálják a szabad aminosavakat. Az analízisek eredményeiből látható, hogy **a szőlő nagy mennyiségű szabad arginint és prolint tartalmaz**, míg ezen aminosavak koncentrációja az almában és az ananászban alacsony. Ezzel ellentétben **az aszparagin nagy koncentrációban van az almában és az ananászban**, és csak kis mennyiségben fordul elő a szőlőben. A metionin tartalom alkalmas az alma- és az ananászlé megkülönböztetésére, **a prolin és az aszparagin arány pedig alkalmas lehet különböző fajták, ezen túl különböző szőlő genetikai variánsok azonosítására is**.

A más egyéb gyümölcslé összetevőhöz hasonlóan a pigmenteket is felhasználják a gyümölcslevek azonosítására. A szőlőlevek előállítása során sokszor **olcsóbb szőlő levével hamisítják a drágábbat**. Az azonosításra használt polifenol frakcióba beletartoznak a malvidin, a peonidin, a petunidin, a cianidin és a delfinidin, melyek az antocianinok savas hidrolízisével keletkeznek. Ezen öt komponens segítségével a különböző szőlőfajták leve egymástól szétválasztható. Ezt a módszert több olyan sötét színű gyümölcs esetében is alkalmazták, mint a cseresznye, a málna, a fekete ribizli és az eper. Alkalmazásuk mégis korlátozott, mert az antocianin pigmentek jelentős mértékben változhatnak a technológiai műveletek és a tárolás során.

A paradicsomban három jellegzetes pigment található: a vöröses színű likopén, a sárga színű β -karotin és a vörös színű xantofill. A vörös színű tök tartalmaz egy olyan pigmentet, amelyet a xantofill észterezett származékának tekintenek, és amely nem fordul elő a paradicsomban.

A mezőgazdasági termékek fehérjetartalma genetikailag meghatározott, melyet alig befolyásol a termesztés módja. Ennek ellenére a különböző fajták azonosítására használják, és segítségével

az olyan gyümölcslevek között is különbséget lehet tenni, mint a narancs és a citrom. A szőlő és a szőlőből készült must fehérjetartalmát PAGE-vel, SDS gélelektorforézissel, izoelektromos fókuszálással és HPLC-vel határozták meg. Keményítőgél elektroforézissel az aszparaginsav amino transzferázt, a foszfoglükóz izomerázt és a foszfoglükóz mutázt meghatározva a különböző kivifajták között tudtak különbséget tenni, az észteráz és a peroxidáz pedig alkalmasnak bizonyult a különböző burgonyafajták szétválasztására, és a keverékek beazonosítására.

A **citrusfélék lipidtartalmát** elemezve megállapították, hogy az **alkalmas**, különösen **a 12-26 szénatomszámú zsírsavtartományban az azonosításra**. A citrusféléket elemezve megállapították, hogy azok különböző zsírsavösszetételű szteroidokkal, trigliceridekkel és monogalaktozil digliceridekkel rendelkeznek, melyek alkalmasak az azonosításra. Az egyik narancsfajta pl. sok linolsavat, a másik pedig sok linolénsavat tartalmaz a trigliceridekben. A hosszú szénláncú szénhidrogének ugyancsak alkalmasnak bizonyultak az azonosításra. A 23 szénatomszámú szénhidrogének jobbára csak a narancsban, a 25-ös pedig a grapefruitban fordul elő.

A karotinoidok analízisével különbséget lehetett tenni a narancs, a tangerin és a mandarin gyümölcslevek között. Amennyiben az összes karotinoid tartalmú vegyület kevesebb, mint 10%-a β -karotin, akkor nagy valószínűséggel narancsléről van szó.

A gyümölcslevek **aromakomponensei is alkalmasak az azonosításra**. Ezek közül a 2-okténsav-etilészter, a decénsav és a 2,4-dekadiénsav az almában előforduló legfontosabb aromaanyagok, melyek koncentrációja az érés során folyamatosan nő, az érés végén akár négyszeresére 24 óra alatt.

Először a banánban mutatták ki az 5-hidroxi-triptamint (szerotonin), a 3,4-dihidroxi-feniletiamint (dopamin) és a norepinefrint, melyet követően a biogén aminokat sok gyümölcsben azonosították. Úgy tűnik, hogy **a gyümölcsök és zöldségek speciális biogén amin összetétellel rendelkeznek**, melyek lehetővé teszik azonosításukat. A kék szilva és a vörös szilva pl. a szerotonin tartalom alapján választható szét, mely vegyület csak a vörös szilvában található. A narancslé szőlőléhez keverése a tiramin tartalom alapján mutatható ki, mely csak a narancslében található 10 mg/kg koncentrációban, és mely a szőlőlében egyáltalán nem fordul elő. A tiramin koncentrációja változik az érés során.

2.4.7. A gyümölcsök és zöldségek érettségi és romlottsági fokára utaló paraméterek

A szavatosságnak és az érettségnek az ellenőrzése rendkívül fontos, mert mindkettő jelentősen befolyásolja a gyümölcs és a belőle készített termékek minőségét. A felhasználhatóság meghatározható különböző műszeres technikákkal és sok kémiai index segítségével is. Sok olyan módszert is kifejlesztettek, amelyek nem járnak a gyümölcs roncsolásával. Ilyenen pl. azok, amelyek a rezonanciát, az oszcillációt, az elektromos vagy a hanghullámok át- és behatolását, visszaverődését használják ki a lejáratí idő meghatározására. A késleltetett fény emisszió mérése esetén a gyümölcsöt fényel világítják meg, majd klorofill és hozzá hasonló anyagok fényelnyeléséből tudnak következtetni az érettségi fokra. A nem destruktív módszerek közé tartozik a röntgen komputer tomográfia, melynek segítségével az érett és az éretlen gyümölcsöket lehet szétválogatni. Ezek közé tartozik még az ultrahanggal történő besugárzás, és az akusztikus impulzusokra adott válasz alapján történő minősítés.

A kémiai módszerek közül talán legfontosabb **a szabad aminosavak alapján történő minősítés.** Meghatározva a narancs, a tangerin és a grapefruit szabad aminosavainak összetételét megállapították, hogy azok koncentrációja a 150-300 mg/100 g gyümölcslé tartományba esik. **A prolin, az arginin, a γ -amino vajsav és a szerin tette ki az összes szabad aminosav 91-93%-át.** Az érés során a prolin és az arginin koncentrációja nőtt, az aszparaginsav mennyisége pedig csökkent, így ezen aminosavak koncentrációját az érettségi fok megállapítására lehet használni.

Az eper esetében az alanin és az etil észterek (etil-butanol, etil-hexanol) jelentős mennyiségű változáson mentek keresztül az érés során, így mennyiségük az érettségi fok indikátorának tekintendő. A virágzást követő 41-46. nap között az etil-észterek mennyisége háromszorosára nőtt, míg az alanin mennyisége 16,7 mg/100 g-ról 1,6 mg/100 g-ra csökkent. Néhány gyümölcs esetében az acetil-metil-karbinol mennyisége folyamatosan nőtt az érlelés során, a 2,3-butilén-glikol mennyisége pedig a túléérés határán érte el maximumát, melyet követően csökkent. Az alma esetében akkor tekinthető érése optimálisnak, ha a 2,3-butilén-glikol koncentrációja 5 mg/100 mg körüli. Ha ennél több, akkor túlérettségről beszélhetünk, ha koncentrációja meghaladja 10 mg/100 g-ot, akkor már határozott romlás indult meg a gyümölcsben.

A szőlő esetében a poliszacharidok koncentrációja, a fenolok, a nitrogéntartalmú komponensek, különösen a prolin és az ammónia mennyisége, a különböző aromakomponensek, különösen a terpének és a linalool/geraniol arány, az ásványi anyagok, különösen a kálium/malonsav arány és a különböző enzimek mind alkalmasak az érettség mérésére. A szőlő lipidjei, különösen a palmito-oleo-linolén és a triolein jelzik az érettségi fokot, mely segítségével becsülhető. A banán érése során az uronsav mennyisége a sejtfalban és a gyümölcshúsban csökken, ezzel szemben nő a kis

molekulatömegű uronsav frakció a gyümölcshúsból alkohollal kapott extraktumban. A kis molekulatömegű uronsav mennyisége folyamatosan változik az érés során, ezért az érettség becslésére használják.

2.5. Étkezési olajok és zsírok

A Világon legnagyobb mennyiségben **a földimogyoró-, a szójabab-, a napraforgó-, a repce-, a mustár-, a szezám- és a szeklice olajat, a különböző csíragag olajokat, és olyan élő növényi olajokat, mint a pálma-, a kókusz- és az olívaolaj, használnak legnagyobb mennyiségben emberi fogyasztásra.** A gyapotmagolajat is gyakran használják emberi fogyasztásra, de nagy jelentősége van a kukoricacsíra és a rizskorpa olajnak is a táplálkozásban. Különleges tulajdonsággal bír a kókusz- és avokádó gyümölcs zsírja is, melyeket speciális élelmiszerek előállítására használnak. Indiában az utóbbi időben több élő növény terméséből nyertek ki emberi fogyasztásra alkalmas zsírokat, és nagyon értékes speciális zsírforrások a dinnyemag- és a tökmagolaj is.

Több növényi olajat nem emberi fogyasztásra, hanem festékek és pácok valamint fakonzerváló szerek előállítására használnak, melyekkel időnként hamisíthatják az emberi fogyasztásra használt zsírokat. **Az állati eredetű zsírok a marha- és disznóhús előállítás melléktermékeinek tekinthetők,** melyeket széles körben alkalmaznak emberi fogyasztásra. **A tejsír felhasználása** mint tejszín, vaj, vajolaj vagy ghee formában **az egész világon elterjedt;** az egyik legfinomabb és legnagyobb biológiai értékű növényi zsíradék. Akár növényi, akár állati eredetű zsíradékról van szó, azt vagy mechanikai préseléssel, olvasztással vagy extrakcióval nyerik ki a növényi vagy állati szövetekből, melyet rendszerint szagtalanítás, színtelenítés, finomítás, hidrogénezés esetleg frakcionálás, ill. téliesítés követ.

Sok trópusi fa gyümölcse gazdag olajokban, melyeket ipari célokra használnak, pl. gépolaj, glicerin vagy szappan készül belőlük. Fontos tudni azt is, hogy az olajok a világ melyik részéről származnak, mert a geográfiai eredet minőség és ármegszabó tulajdonság is lehet. **Az olajok eredetének feltárására a zsírsavösszetételt és a trigliceridek mennyiségét és arányát használták fel** különböző matematikai-statisztikai módszerek alkalmazásával. Csak ezek a matematikai-statisztikai módszerekkel támogatott analitikai eredmények adnak lehetőséget arra, hogy a különböző termékek származási helye tudományosan is megalapozva beazonosítható legyen.

A különféle zsírok és olajok esetében mérik a füstölési pontot, a gyulladási pontot, a csúszási pontot, az elszappanosítási számot, a jódszámot, az el nem szappanosítható maradék

mennyiségét, az olvadáspontot és a sűrűséget, és **mindenek előtt a zsírsavösszetételt**, mely utóbbit befolyásolja a érettség, a betakarítási idő és a földrajzi eredet. Ez utóbbiak esetében **meghatározzák a telített, az egyszeresen telítetlen és a többszörösen telítetlen zsírsavak mennyiségét és arányát**, és ezen eredmények és az eredményekből képzett indexek alapján lehetőség van a zsír vagy olaj minőségének vagy földrajzi eredetének meghatározására.

2.5.1. A tárolás során lejátszódó változások mérésére alkalmas indikátorok

A zsírok és olajok minősége folyamatosan változik a tárolás folyamán. Az étkezési zsírok és olajok **autooxidatív romlása** nagy problémát jelent az élelmiszer előállítóknak, mert ez avas ízt, csökkent táplálkozásbiológiai értéket okoz, és gyakorlatilag **tönkreteszi az esszenciális zsírsavakat és vitaminokat**. A zsírok és olajok oxidatív stabilitása ezért nagymértékben meghatározza azok minőségét és felhasználhatóságát a tartós élelmiszerekben. Az oxidatív romlás leggyakoribb oka az oldott oxigén reakciója a telítetlen kötést tartalmazó trigliceridekkel, ezért a tárolhatóság legfontosabb mérőszáma az oldott oxigén mennyisége, mely az oxidatív stabilitást is megszabja. Az **oxidatív stabilitás az indukciós szakasz hosszával mérhető**, amikor is a zsír felkészül az autoxidációs folyamatok beindulására.

Az oldott oxigén mennyiségét különböző elektrokémiai szenzorokkal lehet mérni, és a peroxidszám is régóta használt paraméter a zsír romlottságának megítélésében, melyet általában jodometriás módszerekkel mérnek. Az utóbbi időben sok új módszert is kidolgoztak a peroxidáció mérésére, melyet azért nagyon fontos ismerni, mert a peroxidokból enzimatis vagy nemenzimatis oxidációval nagyon sok másodlagos oxidációs termék képződhet. A hidroperoxidok mérésére a jó oxidált formájának spektrofotometriás meghatározását, a tiocianát módszert és a dién konjugációt alkalmazták. A zsír romlottságának mérésére a peroxidszámon kívül használták még a Kreiss reakciót, a tiobarbitursav indexet, a telített és a telítetlen zsírsavak arányát, és a különböző hullámhosszaknál kapott abszorbanciát. **A tiobarbitursav teszt esetében a fő reakció partner a malonaldehid** volt, melynek segítségével a romlott zsiradékot egyértelműen ki lehetett mutatni. A tiobarbitursav teszt helyett manapság **a malonaldehid és a 2-hidroxi-pirimidin reakcióját használják fel**. A malonaldehid pontos koncentrációjának meghatározására a HPLC-t alkalmazzák. A tiobarbitursav teszt a Kreiss reakcióval együtt az oxidáció másodlagos termékeit méri, így ezek a reakciók nem specifikusak a peroxidáció szempontjából. A konjugált diének abszorpciójának mérése 280 nm-en hasznos lehet a korai oxidáció kimutatására, mert ezek a vegyületek az oxidáció kezdetén keletkeznek. Az alifás és az olefin protonok meghatározása mágneses magrezonanciával is hasznos lehet a korai oxidáció becslésére, és az olajok oxidatív stabilitásának meghatározására.

Az avasság meghatározására az utóbbi időben a headspace gázkromatográfias analízist fejlesztették ki, melynek során a gáztérből vett minták analízisét követően az avasságra pontosan lehet következtetni. A poláros és apoláros komponensek mennyisége és aránya is kiváló indikátora lehet az avasodásnak. **A zsírok és olajok minősége, avassága kémiai módszerekkel, pl. az epoxid tartalom alapján is becsülhető.** A meghatározás során a zsírokat és olajokat feloldják, pikrinsav oldattal addig forralják, amíg a színreakció ki nem alakul, majd lúgos közegben 490 nm-en mérik az abszorbanciát, melyből az epoxid tartalom számolható. A kemilumineszcencia, mely általános módszer az oxidációra érzékeny szerves anyagok kimutatására, ugyancsak használható a zsírok oxidációjának mérésére. **Szoros összefüggést állapítottak meg a kemilumineszcenciás jel és a tejpor, valamint a tejporból rekonstruált tej szaga között.** Állati zsírok esetében olyan fluoreszkáló komponenseket mutattak ki, melyek az avasodás során malonaldehidből és amino csoportot tartalmazó vegyületekből alakultak ki.

2.5.2. A hőkezelt olajok kimutatására alkalmas indikátorok

A fogyasztható olajok közül nagyon sokat alkalmaznak élelmiszerek sütésére, melynek során olyan mélyreható változások játszódnak le, mint pl. a hőindukálta oxidáció, a hidrolízis és a polimerizáció. **Nem minden olaj alkalmas a hőkezelésre,** ezért az olajokat a hőkezelés előtt különböző vizsgálatoknak vetik alá, mint amilyenek a viszkozitás és a habzás mérése, a színmérés, mely a telítetlen kötést tartalmazó karbonil vegyületekkel hozható kapcsolatba, az UV abszorpció, mely a konjugált diénekkal és triénekkal kapcsolatos, a dielektromos állandó, mely poláros komponensekkel kapcsolatos, és az organoleptikus tulajdonságok, melyek az illó komponensekkel kapcsolatosak. A kémiai tesztek közé tartoznak a savszám, amely a szabad zsírsavakkal kapcsolatos, a jódszám, amely a telítetlen kötések mérését, a peroxidszám és a különböző kolorimetriás reakciók pedig a kezdődő oxidációval kapcsolatosak. Az illó bomlástermékek, amelyek kidesztillálhatók az olajból, és a zsírsavak analízise, különösen a **linolsav/palmitinsav arány,** ugyancsak jó indikátorai lehetnek a hőterhelés mértékének a meghatározásakor sütőolajok esetében.

A peroxidszám és a savszám meghatározása

A zsírok tárolása során bekövetkező minőségi romlást okozó elváltozásokat gyűjtő néven avasodásnak hívjuk. Ez lehet egyszerű hidrolízis vagy oxidatív avasodás, melynek során víz és katalizáló anyagok (fémionok) jelenlétében, valamint a mikroorganizmusok *lipáz* enzimjeinek hatására a zsírok szabad zsírsavakra és glicerinnre bomlanak. A szabad zsírsavak lúgot kötnek meg, így a lúgfogyasztás meghatározásával a **savszám** megállapítható.

A telítetlen zsírsavak kettős kötése ige reakcióképesek, különösen a többszörösen telítetlen olajok hajlamosak oxidatív avasodásra, peroxidok képzésére. A peroxidok arányát jellemző ún. peroxidszám a peroxidfázisban hirtelen megemelkedik, majd egy csúcs után csökken, mert a peroxid helyén aldehid vagy keton képződik. Az erélyes oxidáló hatású peroxid a kálium-jodid-oldatból jódot szabadít fel, és ennek jodometriás titrálásával a **peroxidszám** meghatározható. A peroxidszám, illetve a savszám meghatározásához a zsírkinyerést hidegen végzett extrakcióval végezzük, melynek során megakadályozzuk a zsír minőségének változását a zsírkinyerés során.

Peroxidszám meghatározása. A petroléteres zsíroldatból osztott pipettával 2 cm^3 -t pipetázunk egy $250\text{--}300\text{ cm}^3$ -es jódzám lombikba, hozzáadunk 20 cm^3 ecetsav–kloroform 2:1 arányú elegyét, és 2 g porított kálium-jodidot, majd ötpercnyi állás után vízfürdőn forrásig melegítjük (amíg a légbuborékok a felszín $2/3$ -át be nem borítják). Ezután hideg vízben gyorsan hűtjük, és már hűtés közben 25 cm^3 1%-os kálium-jodid-oldatot adagolunk hozzá. Egy cm^3 keményítőindikátor-oldat jelenlétében a kivált jódot $0,01\text{ M Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ -mérőoldattal erős rázogatózás közben megtitráljuk. A peroxidszám az 1000 g zsír által leválasztott jóddal egyenértékű $1\text{ M Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ cm^3 -einek száma.

A savszám meghatározása. A petroléteres zsíroldatból beosztásos pipettával 1 cm^3 -t mérünk be egy $250\text{--}300\text{ cm}^3$ -es Erlenmeyer-lombikba, majd hozzáadunk 10 cm^3 dietilétert. Az oldathoz $2\text{--}3$ csepp 1%-os fenolftaleinindikátor-oldatot adunk, és $0,1\text{ M}$ -os etil-alkoholos KOH mérőoldattal megtitráljuk. A savszám az 1 g zsír közömbösítéséhez szükséges KOH mennyisége (mg).

A nagy linolénsavtartalmú olajok estében a gyűrűs származékok mérése szolgálhat hasznos információval a hőkezelés mértékéről. **A 2%-ot meghaladó nagy linolénsav tartalmú olajok hőkezelését** a ciklikus termékek keletkezése miatt **több országban nem is engedélyezték**. A linolénsav tartalmat manapság kapilláris GC-vel, MS detektálással mérik. A poláris lipidek is lehetnek indikátorok, ugyanis a $25\text{--}27\%$ -nál több poláris lipidet tartalmazó zsírokat nem lehet további hőkezelésnek alávetni. Az előzőeken kívül a sütőzsírok minőségének indikátora lehet még az oligopolimerek, a digliceridek és az oxidált trigliceridek mennyiségének mérése méretkizárásos kromatográfiával. A közeli infravörös spektroszkópiát is alkalmazzák a dimer és a polimerek trigliceridek együttes mérésére. Az olajok finomítása során sokszor keletkeznek **konjugált triének**, melyek mennyiségét UV spektrofotometriás módszerrel, a 268 nm -en mért extinkcióval meg lehet határozni. Ezen túl, a 315 nm -en mért extinkcióval, a **konjugált tetraének** mennyisége is meghatározható.

Ultraibolya és látható abszorpciós fotometria

A vegyületek kémiai kötése gerjesztéséhez az ultraibolya és a látható színek tartomány energiája elégséges. A σ -kötést a 180 nm-nél kisebb hullámhosszú, a π -kötést pedig a 180 nm-nél nagyobb hullámhosszú fény gerjeszti, amiből az is következik, hogy a módszer leginkább a különféle szerves vegyületek meghatározására alkalmazható. **A hullámhossz függvényében felvett fényelnyelés mértéke adja az abszorpciós spektrumot vagy színeképet**, amelyben az egyes kötéstípusokhoz jellegzetes elnyelési tartományok rendelhetők, amelyek alapján a vegyületek azonosíthatók. A különböző vegyületek spektruma egymástól annyira különbözik, hogy a különbség alapján a vegyületek egymástól elválaszthatók. A meghatározás során a spektrumok felvételét nem abszorbeáló oldószerben feloldott anyagokkal végezzük úgy, hogy a mintaoldat elnyelését az oldószerhez mint vakértékhez hasonlíttjuk. A leggyakrabban használt oldószerek a víz, az alkohol, a hexán és a benzol. **A vegyület fényelnyelése során mért intenzitáscsökkenés logaritmus arányos a mérendő elem koncentrációjával**, amit abszorbanciának hívunk. A **Lambert-Beer-törvény** alapján az abszorbancia a következő képlettel fejezhető ki.

$$A = \log \frac{I_0}{I} = \varepsilon \cdot c \cdot l,$$

ahol: I_0 = a belépő fény intenzitása, I = a mintaoldatot elhagyó fény intenzitása, l = a fény útja az oldószerben, c = koncentráció, (mol/dm^3), ε = a moláris abszorpciós koefficiens. A képlet segítségével, **ha megmérjük az abszorpciót, a koncentráció számolható**. Az abszorbancia mérésére olyan fotométereket használunk, amelyen a mérendő vegyület abszorpciós maximumának megfelelő hullámhossz beállítható. Erre azért van szükség, mert az abszorpciós maximumon a legérzékenyebb a mérés. Az ultraibolya tartományban végzett mérés, az UV-spektroszkópia, szerves vegyületek beazonosítására és mennyiségi meghatározására is alkalmazható.

2.5.3. Toxikus szennyeződések és összetevők

Az olajos magvak a betakarítás során gyomnövényekkel is szennyeződhetnek, melyek toxikus anyagokat is tartalmazhatnak. Ezek sok ember megbetegedését, mérgeződését okozhatják. Ehhez hasonló gondot okozhatnak a növényi olajok tárolási körülményei is, amikor a jó minőségű, biztonságos növényi olajat olyan tartályokban tárolják, amelyekből **toxikus anyagok oldódhatnak be az olajba**. A szójában, a termőhelytől függően, az alábbi toxikus anyagok lehetnek: hidrokinonok, tropán alkaloidok, gitagenin, klavin, indol alkaloidok, ricinin, ricin, szaponinok, glikoproteinek, pirrolidizin alkaloidok, tropán alkaloidok. Ezek a vegyületek **rosszullétet, izomgyengeséget, hányást és testtömeg csökkenést okoznak**. Olyan olajokat is keverhetnek a

szójaolajhoz, melyeket egyébként étkezési olajként nem használnak. Ilyen pl. karanja olaj, az argemone olaj, a kusum olaj és a taramira olaj. A chaulmoogric olaj például a ciklopentil mérgező zsírsavakat tartalmazza, melyek HPLC-vel meghatározhatók.

A nem megfelelő technológia következtében a növényi eredetű olajok kenőolajokkal is szennyeződhetnek. Beszámoltak a többek között a kókuszszír ásványi olajokkal történő szennyeződéséről is, mely gázkromatográfiás analízissel könnyen kimutatható. A zsírsavak kapilláris gázkromatográfiával jó hatékonysággal szétválaszthatók, melynek során az ásványi olajok egy szétválaszthatatlan komplexet képeznek, egy púpot és nem csúcsot produkálnak, mely karakterisztikus erre a szennyeződésre. Más gázkromatográfiás módszerrel az alkánokat lehet a zsírsavaktól elkülöníteni, melyek jelenléte egyértelműen utal az ásványi olajjal való szennyeződésre.

Az ipari célokra szánt **repceolajat gyakran használják emberi fogyasztásra**, amikor az anilinnal kevert olaj légzési nehézségeket és idegrendszeri zavarokat okoz. Gyakran található az ilyen olajokban növényvédőszer származékok és zsírsav anilidek, amelyek teljes mértékben alkalmatlanná teszik az emberi fogyasztásra. Gyakran az ilyen olajoknak magas az erukasav tartalma is, és ugyancsak magas a zsírsavanilid tartalma, sőt néha állati eredetű zsiradékot és más szennyezőanyagokat is kevernek hozzá. Közülük az anilid származékok a legveszélyesebbek, ezért a hamisítással kapcsolatos kutatás is ezzel foglalkozott legtöbbit.

2.5.4. Módszerek a különféle egymáshoz kevert olajok kimutatására

Az étkezési olajok és zsírok hamisítása más növényi vagy állati eredetű zsiradékokkal sajnos **manapság mindennapi gyakorlat**. Természetesen elsősorban a jó minőségű, márkás olajokat és zsírokat hamisítják olcsóbb, máshonnan származó zsírokkal és olajokkal, vagy olyan technológiai megoldásokat alkalmaznak, melyek nem felelnek meg az előírásoknak. Előszóval **hamisítják a jó minőségű olíva olajat olcsóbb növényi olajokkal**, melyet akár szénizotópos módszerrel, akár infravörös spektroszkópiával is ki lehet mutatni, mely utóbbi alkalmas az extraszűz olaj minősítésére is.

A növényi olajokat növényi olajokkal viszonylag egyszerű hamisítani, mert ezek korlátlanul és könnyen elegyíthetők egymással. A hamisítás kimutatására legalkalmasabb talán a folyadék-gáz kapilláris kromatográfia, mellyel a zsírsavakat lehet azonosítani, és **a standardtól eltérő zsírsavösszetétel nagy biztonsággal jelzi a hamisítás tényét**, sőt még a hamisítás mértékére is lehet belőle következtetni. Például ha szójaolajat kevernek az olívaolajhoz, akkor az a kaprilsav-, kaprinsav-, laurinsav- és mirisztinsav-tartalom, valamint az egyes zsírsavak relatív mennyisége

alapján kimutatható. A 10%-nál nagyobb mennyiségű mályva olajat pedig **a ciklikus zsírsavak és a szteroid tartalom alapján lehet kimutatni**. 10%-nál nagyobb mennyiségű gyapotmag olaj a ciklopropén zsírsavak alapján mutatható ki az olívaolajból. A ciklopropén zsírsavak kimutatása nehéz, mert hő hatására instabillá válnak, ami gázkromatográfiás kimutatásukat néha nem teszi lehetővé. A földidió olajhoz kevert mustárolajat az erukasav tartalom alapján lehet kimutatni kromatográfiás módszerekkel.

Olyan klasszikus vizsgálatokkal, mint pl. a jódszám meghatározás, az étkezési repceolajhoz kevert lenmagolajat ki lehet mutatni, köszönhetően a lenmagolaj magas telítetlen zsírsavtartalmának. A **kókuszolajat** kiváló technológiai tulajdonságai miatt a Világ **számos országában hamisítják**. A hamisítás könnyen leleplezhető, mert a kókuszolaj, a tejszírhoz hasonlóan, **nagyon sok rövid szénláncú zsírsavat tartalmaz**, amelyek a hamisításra szánt zsírokból csak nyomnyi mennyiségben mutathatók ki, és rendkívül alacsony a kókuszolaj telítetlen zsírsavtartalma is. A különféle növényi olajok összekeverését a zsírsavösszetétel analízise alapján a jelentősen eltérő zsírsavösszetétel miatt viszonylag könnyen ki lehet mutatni, és ugyancsak alkalmas a zsírsavösszetétel analízis az olívaolajhoz kevert napraforgó vagy repceolaj kimutatására is.

A gázkromatográfiás analízissel a mandula, a földidió, a rizs és az olívaolajat és ezek különböző keverékeit is lehet mérni, és általánosságban elmondható, hogy ezen a területen gyakorlatilag **bármilyen hamisítási kérdés eldöntésére leghatékonyabb a gázkromatográfia, bár** a HPLC-t is alkalmazták az olívaolaj hamisításának kimutatására alacsony linolsav tartalmú olajokkal. A kókuszvajhoz hamisítás céljából hozzákevert pálmamag olajat a benne nagy koncentrációban előforduló laurinsav és mirisztinsav alapján lehet kimutatni, a gyapotmagolaj mennyiségéről az olívaolajban pedig az olajsav és a linolsav együttes mennyiségéből vagy az olajsav/linolsav arányból lehet következtetni. **A szójaolaj lenmagolajjal történő hamisítása során** csökken a linolsav, és nő a linolénsav tartalom, ami a hamisítás kimutatására felhasználható. A tökmagolajhoz kevert repceolaj az erukasav tartalom alapján, a szója és a lenmagolaj a linolénsav tartalom alapján, a napraforgó olaj pedig a behénsav- és a lignocerinsav-tartalom alapján mutatható ki.

Érdekes technikát dolgoztak ki a **zsírok analízisére lipázzal történő kombinálással**, melynek során a lipázzal 2-monoglicerideket állítottak elő, majd ezen monogliceridek zsírsavösszetételét határozták meg gázkromatográfiával. A kettes pozíciójú zsírsav jellemző az egyes zsiradékokra, ezért ezzel az analízissel sikerült a napraforgó olaj minőségét meghatározni, és **az olívaolajhoz kevert szintetikus olajokat analizálni**. Az olajokban természetes formában előforduló izolált kettőskötéseket alkalikus vagy hő hatására konjugált kettős kötéseké lehet átalakítani, mely jelenség az UV abszorpció megváltozása révén nyomon követhető. E jelenséget felhasználták a

lenmagolajhoz kevert szója és egyéb olyan olajok kimutatására, amelyek nem, vagy csak alig tartalmaznak linolénsavat. E módszer alkalmas arra is, hogy a marha-, a sertés- és a juhhus hamisítását ki lehessen mutatni növényi olajokkal, mert **a húсок alig vagy nem tartalmaznak három telítetlen kötést tartalmazó zsírsavakat.**

Zsírok és olajok hamisításának kimutatására a zsírsavanalízisen kívül gyakran alkalmazzák a trigliceridek analízisét is. Az alacsony erukasav tartalmú canola olaj kimutatása olíva olajból **a rendkívül hasonló zsírsavösszetétel miatt nagyon nehéz.** A canola olaj kimutatására ezért **a 40-es tömegszámú triglicerideket használják,** amelyek az olíva olajban nem fordulnak elő, de hasznos segítség lehet a 42-es tömegszámú trigliceridek mérése, és a 46:44 tömegszámú trigliceridek arányának felhasználása is a hamisítás kimutatására. A többszörösen telítetlen zsírsavak alkotta trigliceridek alapján az olívaolajhoz kevert mogyoró vagy egyéb észterezett olajokat is ki lehet mutatni. A gázkromatográfias analízisen kívül használják még a különböző olajok egymáshoz történt keverésének kimutatására a HPLC-t és a differenciál refraktometriát, mely utóbbival pl. a többszörösen telítetlen trigliceridek analizálhatók. A tiszta olívaolaj pl. nem tartalmaz dilinoleil linoleátot, mely a szójaolajban kb. 10%-ban fordul elő, vagy trilinoleátot, mely a szójaolajban 29,6, a napraforgóolajban pedig 43,6%-ban fordul elő.

Néhány olyan esetet, amikor pl. az olíva olajat vágóállatok zsírjából készített olajkészítményekkel hamisítják, nehéz vagy lehetetlen kimutatni a rendkívül hasonló zsírsavösszetétel miatt. Ilyen esetben a zsírok el nem szappanosítható frakciója adhat információt a hamisításról vagy a termelőhely beazonosításáról, mert pl. az olívaolaj el nem szappanosítható frakcióját erősen befolyásolja a termőhely. A sajtolt olívaolaj el nem szappanosítható részének hidroxil-száma sokkal alacsonyabb, mint az extrahált olajé és a legtöbb egyéb magolajé. A szója, a napraforgó, a gyapotmag, a kókuszszír, az olívaolaj és az avokádóolaj el nem szappanosítható lipid frakcióit vizsgálva jelentős különbségeket állapítottak meg az összes el nem szappanosítható lidtartalomban, és a szkvalén, a tokoferolok és a szterolok, valamint a tokoferol frakciók mennyiségében. A szterolok, a tokoferolok és a zsírsavak kombinációjával valójában mindenfajta elegyítést, hamisítást az olajok között ki tudtak mutatni. A módszerrel meg tudták állapítani a napraforgóolaj, a földimogyoró olaj, a gyapotmagolaj, a kukoricaolaj, az olívaolaj és a pálmaolaj **egymáshoz kevert mennyiségeit a zsírsav metilészterek, a 4-metilszterolok, a triterpén alkoholok, a tokoferolok és a szkvalén analízise alapján.** Ezen komponensek mennyisége és egymáshoz viszonyított aránya egészen más volt a felsorolt étkezési olajoknál.

Az el nem szappanosítható frakció szteroltartalma alapján az olíva olajat a szójaolajtól könnyen meg lehetett különböztetni. Az **el nem szappanosítható frakció szterol-összetétele** különösen jellemző a szűz olívaolajra, melynek **alapján eredetiségét ellenőrizni lehet.** Olyan magolajakat

adva az olívaolajhoz, mint a szója, a napraforgó, a mogyoró vagy szőlőmagolaj, az megváltoztatja a szterolok arányát, pl. a β -szitoszterol arányát a szigmaszterol és a kampeszterol összes mennyiségéhez viszonyítva. A földimogyoró olaj hamisítását sáfrányolajjal ezzel a módszerrel könnyen ki lehet mutatni.

Némi problémák azonban ezzel a módszerrel is adódhatnak, mert a nyomnyi mennyiségben előforduló komponensek koncentrációja tovább csökkenhet a semlegesítés, a fehérités és a szagtalanítás következtében. A finomítás során csökken a tokoferol és a szterolok mennyisége, megváltozhat a szterolfrakciók aránya, ami pl. felhasználható nyers és a finomított olajok megkülönböztetésére. A koleszterin és a fitoszterin észterek meghatározására legalkalmasabb a gázkromatográfia, de a HPLC-t és annak fordított fázisú változatát is többen használták analízisre. A napraforgó olaj és a paradicsommag olaj jelentős mennyiségben tartalmaz telített zsírsavak szterinekkal alkotott észtereit, melyen alkalmasak e két olajféleség beazonosítására. A hasonló zsírsav összetételű kókuszolaj és pálmaolaj is csak a szterolok különbözősége alapján választható el egymástól.

A fenolos komponensek közül a tirozol felhasználható **a szűz olívaolajhoz kevert finomított olaj mennyiségének kimutatására**, ugyanis a tirozol, 4-hidroxi-fenil-ecetsav, és a hidroxitirozol együttesen kb. 50%-át teszik ki a szűz olívaolaj fenolos komponenseinek. A finomítatlan olaj tirozol tartalma legalább 30 mg/kg, míg a finomított olaj gyakorlatilag nem tartalmazza ezt a komponenst. A fenolok meghatározására a fordított fázisú HPLC-t, UV detektálással és a GC-MS módszereket alkalmazták.

A magasabb szénatomszámú zsírsavalkoholok alapján a sajtolt pogácsából extrahált olaj is kimutatható az olívaolajban. A görög olívaolaj tetracosanol és hexacosanol analízisével ki lehet mutatni a hidrogénezett olajok vagy a gyenge minőségű olívaolaj hozzákeverését a jó minőségű olajhoz. Extrahált olajok hozzákeverése a hidegen préselt olajokhoz a magasabb szénatomszámú alkoholok és a triterpén-dialkoholok segítségével mutatható ki. Az eritrodiol mérése alkalmas arra, hogy 5% extrahált olaj a hidegen préselt olajban kimutatható legyen.

2.5.5. A növényi olajok valamint a tengeri származású és állati zsírok elegyítésének kimutatása

A növényi olajokból **a tengerei eredetű olajok** és állati zsiradékok gázkromatográfias analízissel mutathatók ki, melynek alapja az eltérő zsírsavösszetétel, a megnövekedett mirisztinsav- és palmitinsav-tartalom, a 20 és 22 szénatomos zsírsavak megnövekedett mennyisége, valamint az, hogy az utóbbiak **páratlan számú zsírsavakat is tartalmaznak**. Az állati zsiradékok sokkal több

tetradekán- és hexadekán savat tartalmaznak, mint a növényi olajok, így pl. marha- és a birka-faggyú, valamint sertézsír 0,6-4,8% tetradekánsavat és 0,1-6,7% hexadekánsavat, míg az olívaolaj kevesebb mint 1% tetradekánsavat tartalmaz, hexadekánsav pedig nem is található benne. **A tengeri eredetű olajok sok többszörösen telítetlen zsírsavat** (eikosa-pentaénsav, dokoza-hexaénsav) **tartalmazzak**, mely ugyancsak lehet a kimutatás alapja, mert ezek a zsírsavak a növényi olajokban nem fordulnak elő.

Az el nem szappanosítható frakció analízise különösen alkalmas a növényi és az állati zsírok megkülönböztetésére, ugyanis **koleszterin a növényi zsírokban és olajokban nem fordul elő**. A koleszterinen kívül alkalmas a különböző zsírok keverékének kimutatására a brasszिकासzterol, a sztigmataszterol, a kampeszterol és a szitoszterol mennyiségének, és a koncentrációk arányának mérése. **A koleszterin tartalom alapján 10% állati eredetű zsíradék a növényi olajokból kimutatható**, és az előbbi szterolok segítségével a pálmaolajhoz kevert disznózsír, és a növényi olajokhoz kevert tengeri eredetű zsír is kimutatható. Az el nem szappanosítható frakció szeroltartalmát vékonyréteg, de főként gázkromatográfiával lehet meghatározni eredeti állapotunkban is, de többnyire megfelelő származékképzés után.

2.5.6. A zsírok és olajok egyéb szennyezőanyagai

Hidrogénezéssel és átészterezéssel a zsírok keménysége növelhető. E folyamatok során transz zsírsavak is keletkezhetnek, melyek pl. infravörös spektroszkópiával könnyedén kimutathatók, de újabban a kapilláris GC nyert teret a cisz és a transz konfigurációjú zsírsavak analízisében. Mivel a transz zsírsavak a növényi zsírokban nem, vagy csak nyomnyi mennyiségben fordulnak elő, a transz zsírsavak analízise információval szolgál a hidrogénezés tényét, ill. intenzitását illetően. Az átészterezés tényére a zsírsavaknak a trigliceridekben elfoglalt helyéből lehet következtetni, melyet lipázos hasítás után gázkromatográfiával határoznak meg. Ha a palmitinsav mennyisége a 2-monoglicerid pozícióban nagyobb, mint 2%, nagy valószínűséggel átészterezett zsír van jelen a mintában.

2.5.7. Egyéb speciális komponensek az egyes olajok kimutatására

Nagyon sok növényi olaj tartalmaz olyan komponenseket, amelyek csak az illető olajra jellemzőek, más olajokban nem fordulnak elő, ezek tárgyalása azonban meghaladja a könyv kereteit. Néhány kiragadott példa: A mustár olaj kimutatása más étkezési zsírokból és olajokból azon alapul, hogy a mustárolaj tartalmazza az allil-izotiocianát illékony komponenst, ami az egyéb olajokban nem fordul elő. A rizskorpa olaj orizanolót tartalmaz, mely gyűjtőneve az olyan vegyületeknek, mint a metil-ferulát, a cikloartenil-ferulát, a 24-metilén-cikloartenil-ferulát, mely az

egyéb növényi olajokban nem fordul elő. A szűz és a finomított olívaolaj megkülönböztetésére gyakran használják a nátrium tartalom meghatározást atomabszorpciós spektrofotométerrel, melynek során az összes nátriumtartalmat meghatározva a hamisítás tényére tudnak következtetni, ugyanis a finomított olaj nátrium tartalma lényegesen nagyobb a szűzéénél.

2.5.8. Az egymáshoz kevert állati zsiradékok analízise

A legnagyobb problémát ezen a téren a marhafaggyúhoz kevert disznózsír kimutatása jelenti, mely vallási okokból rendkívül fontos analízis. Mivel a sertészsír transz konfigurációjú zsírsavakat nem tartalmaz, a kérődzők bendőjében viszont a bakteriális fermentáció alatt jelentős mennyiségben keletkezik, ami meg is jelenik a marhafaggyúban, **a transz zsírsavak kimutatása lehet a megkülönböztetés alapja**. Rendkívül eltérő a két zsiradék egyéb zsírsavösszetétele is, ezért ezen zsírsavak, különösen a sztearinsav mennyisége, a palmitinsav:olajsav és a palmitinsav:linolsav arány alkalmas lehet a marhafaggyúhoz kevert disznózsír mennyiségének a meghatározására. **A sztearinsav és az olajsav arány alapján a libazsírhoz kevert sertészsír is kimutatható**. A meghatározásokat kapilláris gázkromatográfiával, oszlop előtti származékképzéssel, metilészterek formájában végzik, míg a zsírsavak helye megállapításához a trigliceridekben lipázos előemésztést is alkalmaznak.

2.6. Az élelmiszerek minőségében bekövetkezett változások nyomon követése az előállítás során

Mire az élelmiszer eljut a fogyasztóhoz, sok olyan változáson megy keresztül, melynek során összetétele jelentősen megváltozhat. Ilyen változást idézhet elő a technológia, melynek során a nyersanyagból élelmiszer lesz, a szállítás, a tárolás és pl. a hűtés és a fagyasztás, melyet követ a felengedés és a fogyasztásra történő előkészítés, felmelegítés. A legfontosabb élelmiszereinknél fontosak lehetnek az alábbi kérdések: A sajt vajon nyers vagy hőkezelt tejből készült-e? A fagylalkészítéshez használt tej vajon friss volt vagy rekonstituált, tejporból készült víz hozzáadással? Az ételkészítéshez használt hús vagy hal friss volt-e vagy lefagyasztott és kiolvasztott? Milyen technológia eljárásokat alkalmaztak az előállítás során, érte e hő vagy sugárkezelés az élelmiszert? Az élelmiszer alapanyagokat hűtötték vagy fagyasztották? Alkalmaztak-e pasztörözést, forrázást vagy sterilizációt a készítés során? Csak ezen kérdések megválaszolása után dönthetünk arról, hogy az élelmiszer jó minőségű alapanyagból készült-e, és hogy az előállítás során alkalmaztak-e olyan módszereket, amelyek jelentős mértékben rontották volna az étel minőségét. Hogy ezekről a kérdésekről dönteni tudjunk, **olyan indikátorokra van szükségünk, amelyek egyértelműen jelzik mind a kedvező, mind a kedvezőtlen változásokat**.

2.6.1. A hőkezelés hatása az élelmiszer összetételére

A hőkezelés a legelterjedtebb technológia művelet, melyet mind az iparban mind a háztartásokban széles körűen alkalmaznak mind az élelmiszertartósítás, mind az ételkészítés során. **Az elsődleges cél a mikroorganizmusok elpusztítása és az eltarthatósági idő növelése.** Az alapvető cél a patogén mikrobák teljes pusztítása, ill. legalább számuknak az eredeti érték 10%-a alá csökkentése, melyet különböző idő és hőkombinációkkal érnek el. A tartósítóiparban ezen alapelvek megvalósítása nem ütközik nehézségbe, az összes élelmiszer előállításánál azonban ezek a feltételek nehezen kivitelezhetőek. A hőre érzékeny élelmiszer esetében, mint amilyenek pl. a paradicsomlé vagy a narancslé, a sterilizálás a hosszabb eltarthatóság érdekében létfontosságú. Magas fehérjetartalmú anyagoknál a hőkezelés és annak mértéke a fehérjék hő hatására bekövetkezett denaturációjával nyomon követhető, de jó indikátor erre a hústermékek kreatin:kreatinin aránya is, mellyel a hőkezelés mértékére lehet következtetni. **Bioindikátorokat is alkalmaznak** pl. a sterilizáló belsejében lejátszódó mikrobapusztulás mértékének jelzésére, különböző **hőnek ellenálló mikroorganizmusok segítségével.**

A spórás bacillusok vagy a klosztridiumok kiválóan alkalmasak a nedves környezetben végzett hőkezelés minőségének jellemzésére, de alkalmasak erre a különféle élesztőféleségek és a Clostridium butyricum is, melyek közül az első a 60-65, a második pedig a 95-100 °C közötti hőtartományra szolgáltat adatokat. A módszer hátránya, hogy a hőkezelést túlélő mikroorganizmusok segítségével csak hosszadalmas tenyésztés után értékelhetők az eredmények, ami akár 2-10 nap is lehet.

Az enzimek is kiváló indikátorai a hőkezelés hatékonyságának. A **peroxidáz** egy **hőstabil** enzim, melyet **a 60-85 °C közötti pasztörözés ellenőrzésére lehet alkalmazni**, melynek során az enzimaktivitást vagy annak hiányát különböző analitikai módszerekkel kell mérni. Jól használható a hőkezelés minőségének becslésére **a foszfatáz enzim aktivitásának mérése is**, mely különösen alkalmas hőkezelt konzervek minőségi vizsgálatára, mert egyértelmű összefüggés van a foszfatáz aktivitás és a hőkezelést túlélő vegetatív csírák mennyisége között. A módszert jó hatásfokkal alkalmazzák **hőkezelt sonkák minőség ellenőrzésénél.** A foszfatáz enzim aktivitásának meghatározásánál szükséges a nagyon jó átlagminta, a megfelelő szubsztrát koncentráció és az optimális pH beállítása, mely tényezők jelentősen növelhetik a módszer érzékenységét. A főtt baromfi-hús hőkezelttségének ellenőrzésére **egy gyors fluorimetriás foszfatáz tesztet dolgoztak ki, mely három perc alatt megmondja a hőkezelés végső hőmérsékletét.** Fentiekben túl alkalmazzák még a hőkezelés ellenőrzésére az alanin amino transferázt (ALT) és az aszparaginsav amino transferázt (AST), valamint ezek egymáshoz viszonyított arányát. Ezen

enzimrakciók segítségével olyan kit-eket állítottak össze, melyek segítségével a hőkezelés mértéke üzemi körülmények között is optimálisan ellenőrizhető.

A mitokondriális **glutamin oxálecetsav transzamináz** (GOT) és annak szarkoplazmából származó izoenzime a sertés vázizom hőkezelttségének mérésére használható. A GOT aktivitása 0-4 °C közötti hőmérsékleten csak némileg csökken, ezért inkább **a hőkezelés végső hőmérsékletének megállapítására javasolják alkalmazni**. A pulykahús hőkezelttségének mérésére az AST/GOT arány bizonyult a legjobbnak. A **marhahús hőkezelttségének mérésére a laktát dehidrogenáz aktivitásának mérését javasolják**, melynek segítségével a hőkezelés végső hőmérséklete pontosan megállapítható. A szendvics ELISA módszert ugyan csak alkalmazták a baromfi-hús legmagasabb hőmérsékletének mérésére a hőkezelés során, és ez a módszer Amerikában különösen elterjedt a pulykahús minőségének meghatározására; annak ellenőrzésére, hogy a hús belső hőmérséklete elérte-e az előírt 71,1 °C-ot.

A húsból **kivonható fehérjék mennyisége jelentős mértékben csökken a hőkezelés során**. A 64,5-68,8 °C között hőkezelt sonkákból extrahált piruvát kináz, malát dehidrogenáz, adenilát kináz, izocitrát dehidrogenáz, kreatin kináz, aszparaginsav aminosztransferáz, fruktóz-1,6-difoszfát aldoláz, citrát szintetáz és glutaminsav oxálcetát transzamináz aktivitása gyakorlatilag nullának bizonyult. Még több enzim aktivitásának mérése után arra a következtetésre jutottak, hogy a marha, a sertés és a baromfi-hús triózfoszfát izomeráz enzime az, amely alkalmas a 68,8 °C-os végső hőmérsékletű hőkezelés jelzésére. Ugyancsak alkalmas a fehérjét ért hőintenzitás mértékének becslésére **a szarkoplazma fehérjék denaturációjának foka**, mint amilyenek a laktát dehidrogenáz, a mioglobinn, az albumin, az immunoglobulin-G és a transferrin. A laktát dehidrogenáz az 55-60 °C közötti, a szérumban albumin pedig a 65-70 °C közötti hőkezelés mértékének mérésére kiváló indikátor.

A tej és különösen a tejpor felhasználhatósága függ attól milyen hőkezelésen ment keresztül, ugyanis az jelentős mértékben megszabja a felhasználhatóságát, a főtt vagy UHT szagát, és a tápanyag tartalomban bejövő veszteségeket. A tejfehérje szabad SH-csoportjainak száma szoros összefüggésben van az UHT szaggal, nincs összefüggésben a környező oxigénnel, ezért mértékéből a hőkezelésre lehet következtetni. A hőkezelés mértékének becslésére kidolgozott módszerek többsége a nem denaturált savófehérjék közvetlen mérésén alapul. Magas hőmérsékletű rövid idejű hőkezelés során (73 °C, 15 másodperc) az α -laktalbumin 20%-a, a β -laktoglobulin 25%-a, a szarvasmarha szérumban albuminnak pedig 39%-a csapódik ki, míg ezek az értékek UHT körülmények (135 °C, 6 másodperc) között kezelt tej esetében 46%, 89% és 100%. Mivel **nagyon szoros az összefüggés a savófehérje denaturációja és a hőkezelés foka között**, immunoelektroforézissel ebből a hőkezelés körülményei megállapíthatók. Amikor a tejet 80

°C-ra vagy a fölé melegítik, akkor az albumin kicsapódik, és szervesen sók jelenlétében precipitátot képez a kazeinnel, melynek mértéke turbidimetriásan mérhető. Amennyiben a tejporban a ki nem csapódott összes szérum nitrogén mennyisége nagyobb, mint 6 mg/g, akkor a tejpor optimális, alacsony hőbehatásnak volt kitéve, ha a mennyiség 5,99-1,51 mg/g között van, akkor a hőbehatás közepes volt, ha 1,51 mg/g-nál kisebb, akkor nagy volt a hőbehatás a tejpor előállításakor. Módszert dolgoztak ki a hőbehatás mértékének megállapítására a cisztein szám alapján, és HPLC-vel meghatározták a savófehérje frakciókat is.

A tejben lévő enzimek egy részét a **mikroorganizmusok** termelik, melyek **proteázai főként a κ - és a β -kazeint támadják meg** és bontják le. Ezen enzimek inaktiválásának hatásfoka nemcsak a hőkezelés intenzitásától függ, hanem attól is, hogy milyen típusú baktériumok szaporodtak el a tejben a hőkezelést megelőzően. A proteolízisen átesett kazein mennyiségének meghatározásával a tej eredeti mikrobiológiai minőségét lehet becsülni. A kazein frakciókat SDS-PAGE módszerrel lehet elemezni, mellyel a nagy molekula tömegű bomlástermékek határozhatók meg. A κ -kazein frakció ellenáll a tej eredeti fehérjebontó enzimeinek, ezért ha para- κ -kazeint lehet az UHT tejből kimutatni, **az a hőstabil, bakteriális eredetű fehérjebontó enzimek jelenlétére utal**, melyek képesek a továbbiakban a κ - és a β -kazeint is hasítani. Ezért ha fennáll a gyanú, hogy az UHT tejet rossz mikrobiológiai minőségű nyerstejből állították elő, akkor az az SDS-PAGE-vel igazolható, tehát a κ -kazein frakció a nyerstej minősítésére is használható index.

Az élelmiszer előállítás során alkalmazott intenzív hőkezeléskor a fehérjék aminosavai egy része racemizálódik, és a D-aminosavak mennyiségéből a hőkezelés mértékére lehet következtetni. A pasztörözés során alkalmazott hőkezeléskor is keletkezhetnek D-aminosavak, melyek mennyiségét HPLC-vel, oszlop előtti származékképzéssel, diasztereoizomer származék formájában, akirális oszlopon, vagy származékképzés nélkül, királis oszlopon is meg lehet határozni. Alkalmos lehet még a meghatározásukra a királis gázkromatográfia is, illékony királis származékok képzését követően. A D-aminosavak mellett még egyéb olyan aminosav származékok is keletkezhetnek, mint a lizino-alanin vagy a hisztidino-alanin, melyek mennyiségéből ugyancsak lehet következtetni a hőkezelés mértékére.

A tej redukáló diszacharidja, a laktóz, a hőkezelés során izomerizációs reakcióban vehet részt, és Maillard reakció termék is keletkezhet belőle. Az aldóz-ketóz izomerizáció során laktulóz, galaktóz és tagatóz keletkezhet, ezért a laktulózt, az epilaktózt és a galaktózt a hőkezelés indikátorának is használják. A tagatóz galaktózból keletkezik a hőkezelés során, melynek mennyisége a hőkezelés intenzitásával párhuzamosan nő. Ezeket a reakciótermékeket HPLC-vel meg lehet határozni. **A galaktóz mennyisége a tejpor tárolása során folyamatosan nő.** A Maillard reakció termékek, mint amilyen pl. laktozil-lizin, mely hőkezelés során keletkezik a redukáló laktózból a lizin ϵ -mino

csoportjával történő reakció során, valamint a belőle keletkező bomlástermékek, a hangyasav, a furozin és a laktulóz:furozin arány, jó jelzői a hőkezelés intenzitásának.

Az UHT tej glikozilált és szénhidrátmentes kazeino-makropeptid tartalma csak 40%-a a nyerstejének, ezért ez a komponens is jól használható a hőkezelés mértékének megállapítására. Ehhez hasonlóan a laktozán, a 4-O- β -D-galaktopiranozil-1,6-anhidro- β -D-glükopiranoz, mely a laktóz pirrolízise során keletkezik, ugyancsak jó indexe a hőkezelés mértékének.

A tej pasztörözése során elfordulhat, hogy technológiai hibából **a tej nem kapta meg a megfelelő hőkezelést**, vagy esetleg a pasztörözött tejet nyers tejjel keverték össze. A **foszfátáz teszt** segítségével az ilyen tejminták pozitív eredményt adnak, a negatívok pedig nagy biztonsággal felhasználhatók. A teszt segítségével **0,1-0,2% nyerstej a pasztörözött tejből vagy tejszínből kimutatható**. A módosított módszer szerint a p-nitrofenil-foszfátról az aktív enzim lehasítja a p-nitro-fenolt, melynek mérésével a hőkezelés elégtelenségére lehet következtetni. Fenolftalein-monofoszfát alkalmazásával alkalikus közegben a szabaddá vált fenolftalein vörös színe jelzi a pozitív reakciót. A foszfátáz teszt alkalmas annak ellenőrzésére is, hogy **a sajtot pasztörözött vagy nyers tejből készítették**, ugyanis a nyers tejből készült sajt néhány embernél emésztési zavarokat okozhat. A nyers tejből készült sajtokat csak bizonyos idő után lehet forgalomba hozni; így pl. a cheddar sajtnál előírás, hogy a készítés után 60 napon belül forgalomba hozott sajtokat csak pasztörözött tejből szabad készíteni. A foszfátáz próba alkalmas a citrusfélék leve pasztörözöttségének megállapítására is, ugyanis az enzimaktivitás rohamosan csökken a hőkezelttség mértékével.

A folyékony tojás a kismértékű fertőzöttség következtében szalmonella baktériumokat tartalmazhat, melyek elpusztítására 64,4-65,5 °C-os hőkezelést kell alkalmazni úgy, hogy a fehérje kicsapódna, vagy elveszítené funkcionális tulajdonságait. **A tojásban jelenlévő α -amiláz hő hatására károsodik**, amit fel lehet használni a hőkezelés mértékének ellenőrzésére. A teszt során a mintát 44 °C-on keményítővel inkubálják, és ha megfelelő volt a hőkezelés (64,4 °C legalább 2,5 percig), akkor az amiláz teszt negatív, és a tojás a kellő hőkezelést megkapta.

Az élelmiszerek, különösen a zöldségek forrázása több esetben megelőzi azok tartósítását, fagyasztva történő szárítását, mert a forrázás hatására a legtöbb enzim inaktíválódik, és csökken a mikrobiális romlás lehetősége is. A nem megfelelő forrázás hatására a zöldségek rossz szagúak lesznek, mert **az enzimaktivitás következtében beindulnak a romlási folyamatok**. A megfelelő forrázási technológia esetén a peroxidáz és a kataláz enzimek inaktíválódnak, tehát aktivitásuk megmaradása a nem megfelelő hőkezelésre utal. A lipoxigenáz enzim a zsírok és zsírsavak oxidációjának beindításával alakít ki rossz ízt és zamatot a babféléknél, ezért megerősítést nyert,

hogy a **hőkezelés mértékének becslése során a lipoxigenáz enzim jobb indikátor, mint a peroxidáz.**

Az **előfőzés** egy olyan technológia, melynek során a rizst a végső szárítás előtt forró vízben hőkezelik. Ez a kezelés javítja a termék tulajdonságait, táplálkozási értékét, és a hidratációt a főzés során. Az előfőzés minőségéről a fehérje oldhatósági teszttel, a mag színével és a duzzadás mértékével lehet meggyőződni.

A **pörkölést** sok olyan élelmiszer előállításánál alkalmazzák, mint amilyen pl. a kávé vagy a kakaó. A hőkezeléskor előforduló Maillard reakció során sok olyan aroma és zamatanyag keletkezik, amelyek hozzájárulnak a termék organoleptikus tulajdonságaihoz. **A fő aroma komponensek a redukáló cukrok és az aminovegyületek reakciója során keletkeznek**, melyekhez tartoznak az alkilpirazinok, melyek koncentrációja függ a hőkezelés hőmérsékletétől és idejétől. A hőkezelés során mono-, di-, tri- és tetrametilpirazinok keletkeznek, melyek a kezeletlen kakaóbabban is előfordulnak, és koncentrációjuk csak lassan nő a hőkezelés során. Egyedül a tetrametilpirazin koncentrációja nő erőteljes mértékben, ezért a tetra-2,5-dimetilpirazin mennyisége és a tetra-/trimetilpirazin aránya jó indikátora a megfelelő hőkezelésnek.

A kávé esetében a vízdékony melanoidinek és a szerves oldószerben oldható aromás anyagok mennyiségéből lehet a pörkölés optimális végpontjára következtetni, melyet érzékszervi vizsgálatokkal határoztak meg. A pörkölés során keletkezett illóanyagok mennyiségére az alanin, a leucin, a fenilalanin és a glutaminsav enantiomerei mennyiségéből és arányából lehet következtetni. A pörkölés során keletkezett szerves illó anyagok meghatározása indirekt módszer, mely független a pörkölési hőmérséklettől, a pörkölés technológiájától, a kávé fajtájától, és a zöld kávé gőzzel való előkezelésétől.

2.6.2. Kémiai markerek a hőkezelés kimutatására

A hőkezelés tanulmányozásakor nem azokat a markereket vizsgáljuk, amelyek eltűntek, hanem azokat, amelyek keletkeztek vagy átalakultak hőkezelés hatására. Jelenleg három különböző markert használnak a hőkezelés kimutatására, amelyek közül a 2,3-dihidro-3,5-dihidroxi-6-metil-(4H)-piran-4-one (M_1) a brokkoli, a baromfi-hús, a sonka a zöldségek és gyümölcsök hőkezelése során keletkezik, az 5-hidroximetil-furfural (M_3) a hőkezelt gyümölcsökből és zöldségekből készült levekből, míg az M_2 **a fehérjék, elsősorban a hús hőkezelését követően mutatható ki.** Az M_1 és M_3 **prekurzora a fruktóz**, mely vegyületek anion méretkizárásos kromatográfiával, UV detektálással reprodukálhatóan, pontosan mérhetők. E két komponenst széles körben alkalmazzák a különféle élelmiszerek hőkezelésének kimutatására, és kiválóan alkalmasak a húsok, a

gyümölcsök és a zöldségek mind magas hőmérsékleten, mind a hagyományos módon, de akár a mikrohullámmal végzett hőkezelésének tanulmányozására is.

A fehérje minőségét és oldhatóságát tanulmányozva megállapították, hogy a PAGE-val végzett analízis, a hasznosítható bázikus aminosavak elemzése és a barna szín megjelenése mind azt sugallják, hogy nincs jelentős változás a hús táplálkozási értékében **a hőkezelés után, a fehérje csak kis mértékben változik meg**, melyet a foszfát pufferben való oldhatósággal és a diszulfid hidak elemzésével is megerősítettek. Némely magas hőmérsékletű és hosszantartó hőkezelés hatására sötétbarna elszíneződés jelentkezhet, és az összes fehérjénél **megjelennek a nem diszulfid kovalens kötések**, és a makromolekulák is némi bomlást mutatnak. A mélyhűtve történő tárolás a hőkezelés előtt megváltoztatja az elektroforetikus mintázatot, tehát **a mélyhűtőben tárolt hús fehérjeje érzékenyebb a hőkezelésre**.

A kereskedelmi forgalomban kapható húsok esetében a szín az, amit először analizálnak a hőkezelés után. A baromfihús színét a hagyományos módszerekkel, nagymennyiségű, egységes színhatású minta esetében, reflexiós spektrofotometriával, vagy **az extrahált pigmentek abszorpciós spektrofotometriájával határozzák meg**. Mindkét módszer elég bonyolult, és a mindennapi rutinellenőrzésekre nehéz őket alkalmazni. A mioglobín abszorpciós spektrumában van egy határozott, éles csúcs 560 nm-en, mely határozott csökkenést mutat akár sütés, akár főzés hatására. A csökkenés határozottan mutatkozik még az 500 nm-es határon túl is.

2.6.3. A friss és a fagyasztott majd kiengedett élelmiszerek megkülönböztetése

A fagyasztott zöldségek kiengedése után, amennyiben a fagyasztás előtt a forrázás nem volt megfelelő, gyakran érződik az acetaldehid szaga. Más élelmiszereknél is nagyon jelentős, hogy **a friss és a fagyasztás után felengedett alapanyagokat meg lehessen egymástól különböztetni**. A hús és halmintáknál mérik **a szabad aminosav tartalmat**, mely **a fagyasztás és felengedés hatására jelentős mértékben megnő**, valamint a fagyasztás hatására szabaddá vált szarkoplazma mitokondriális enzimeit, hisz fagyasztáskor és felolvasztáskor az állati szövetek, sejtek és sejt szervecskék, mint a mitokondriumok és a lizoszómák, jelentős mértékű bomlást szenvednek, és a felbomlott struktúrák szabadon engedik az enzimeket. E célból vizsgálják az olyan **mitokondriális enzimeket**, mint a citokróm oxidáz c, a glutaminsav aszparaginsav aminosztransferáz, a szukcinát dehidrogenáz, a lizoszomális enzimek közül az aril szulfatáz, a β -glükuronidáz, a savas foszfataz és proteináz, valamint a α -glükozidáz és az N-acetilglükózaminidáz, amelyek **mind alkalmasak a friss, valamint a fagyasztott és felengedett élelmiszerek (elsősorban hal és hús) megkülönböztetésére**.

Az enzimek, ill. az enzimek aktivitásának vizsgálata komoly felszereltséget, nagy szaktudást és hosszú előkészítési műveleteket igényel, ezért a gyakorlatban csak kevés terjedt el e módszerek közül. A sertéshús esetében csak az észteráz-lipáz, a β -glükuronidáz és az α -glükozidáz enzim mérése terjedt el a gyakorlatban, melyek segítségével **a friss és a lefagyasztott és felolvasztott sertéshús teljes bizonyossággal megkülönböztethető**, és amelyekkel a $-10 - -60$ °C közötti fagyasztási hőmérséklet is becsülhető.

Halaknál az izom enzimjei közül a β -N-acetilglükózaminidázt és a proteináz aktivitást alkalmazták a friss és a fagyasztott-felengedett alapanyagok megkülönböztetésére, ugyanis ez az enzim a hal vörös vér sejtjeiben található, mely az érintetlen sejtben inaktív, a fagyasztás-kiolvasztás hatására viszont aktívvá válik. Meghatározása egy egyszerű, spektrofluorimetriás módszerrel megoldható. A friss, az egy-három napig négy fokon tartott hal alig mutat fluoreszcenciát, míg azok a halak, melyeket egy napig vagy annál tovább $-20 - -40$ °C-on tároltak majd kiolvasztottak, erős fluoreszcenciát mutatnak. A glutaminsav oxálacetát transzaminázt eredményesen alkalmazták szarvasmarha tőkehúsoknál a friss és a mélyhűtött húsok megkülönböztetésére.

Mivel az édesvízi és a tengeri halak enzimmészete különböző, ezért **a különböző enzimaktivitásból a hal származására lehet következtetni**. Legújabbán az ATP-áz és a laktát dehidrogenáz használatos a hidegen történő tárolás során bekövetkező romlás mértékének becslésére.

2.6.4. A tárolás során bekövetkező változások becslésre alkalmas indexek

Az élelmiszerek vagy élelmiszer alapanyagok hosszú utat tesznek meg, amíg az előállítási helyükről eljutnak a fogyasztóhoz, és közben az **összetételük is kedvezőtlenül változhat**, mert a szállítási és tárolási körülmények, beleértve a hőmérsékletet és a pártartalmat, esetenként nem ideálisak. Különösen ezen két utolsó tényezőnek van nagy hatása a minőségre, ezért ezeket tanulmányozták kiterjedtebben. Ilyen esetben lehet egy olyan rendszert alkalmazni, amely segítségével a tárolási hőmérséklet és páratartalom az egész folyamat során végig követhető, amíg az élelmiszer eljut a fogyasztó asztalára.

A tárolás során változhat a termék aromája, ha a csomagolás nem megfelelően aromazáró, a pH csökkenés következtében megváltozhat a szín a kontrollált enzimatis tevékenység következtében, melynek során zsírsavak keletkeznek, melyek csökkentik a pH-t. A gabonafélék tárolása során bekövetkező káros folyamatokra az ureáz enzim aktivitásának mérésével lehet következtetni, mely a nedves körülmények között végzett tárolás során jelentős aktivitást mutat.

Mikroorganizmusokat is alkalmaznak a tárolás során bekövetkezett hőváltozások becslésére, melyek közül legelterjedtebb a liofilezett tejsavbaktériumok használata, mely mint nem toxikus anyag, jól jelzi a tárolás során bekövetkezett változásokat, mert ha nő a hőmérséklet, megnő a baktérium aktivitása, ami megfelelő tápanyag és indikátor jelenlétében színváltozással jelzi a történéseket. A pszeudomonasz baktériumokat is alkalmazták előszörban tej és tejtermékek esetében a változások jelzésére, de alkalmasaknak bizonyultak a 18-42 °C tartományban a hőmérséklet becslésére félkész baromfiús esetében is. Több olyan módszert is kidolgoztak, amelyek **valamilyen színváltozással jelzik, ha a hőmérséklet a tárolás során jelentősen megnövekedett**, vagy a mikrobiális romlás során olyan anyagok, pl. szerves savak keletkeztek, amelyek valamely okszerűen megválasztott indikátor színét megváltoztatják. Az édesítőszer bomlás, mint amilyen az aszpartám, ugyancsak a nem megfelelő tárolási feltételeket jelzi, és az aromaanyagok változása, pl. a limonén elbomlása a citrusfélék esetében, vagy epoxidok keletkezése is jelezhetik a nem megfelelő változásokat.

2.6.5. Az élelmiszerek besugárzását jelző indikátorok

Az élelmiszerek **alacsony dózisú besugárzása elfogadott technológia**, mellyel csökkenteni lehet a burgonya csírázását, meg lehet akadályozni a gyümölcsök romlását, a rovarok okozta kártételeket, és növelni lehet az eltarthatósági időt. A **túlzott besugárzás** azonban **káros változásokat is előidézhet**, és a legutóbbi időkig nem nagyon voltak olyan módszerek, amikkel a káros változásokat nyomon lehetett volna követni. Több fizikai, kémiai, mikrobiológiai és biológia módszert is kidolgoztak a túlzott sugárkezelés kimutatására, melyek közül csak azoknak van jelentősége, ahol a változás lineáris a sugárkezelés intenzitásával. A fizikai módszerek az elektromos impedancia, a viszkozitás és a víztartó képesség mérésén, a kémiai módszerek a fehérjék, a lipidek, a szénhidrátok, a vitaminok, a nukleinsavak és az illó komponensek megváltozásán alapulnak. A többi módszer a sejtek morfológiai tulajdonságaiban, valamint a szokványos mikroflórában bekövetkezett változásokat, és a szabad gyököket mérik kemilumineszcenciával, termolumineszcenciával vagy elektron spin rezonanciával.

A vizsgálatok során megállapították, hogy **a besugárzás jelentős mértékben megváltoztatja a csírázási képességet**, a sejtmag és a mitokondriumok membránja sérül, és kromoszóma aberrációk is felléphetnek. A sejtmembrán sérülése maga után vonja a membrántranszport sérülését is, így változás következhet be az elektromos vezetőképességben. A mikroorganizmusok eltérően reagálnak a besugárzásra, az érzékenyebbek elpusztulnak, a kevésbé érzékenyek túlélnek, így **besugárzás hatására jelentős mértékben megváltozik a mikroorganizmusok mennyisége, de főként aránya**. A baktériumok által termelt összes illósav és összes illó nitrogén

mennyiségét sikeresen használták fel a besugárzott és az attól mentes hal megkülönböztetésére, mely egy egyszerű rutin módszerrel forrta ki magát.

A fehérje minőségében is jelentős változások történhetnek a szükségesnél nagyobb mértékű besugárzás hatására, melyet elektroforézissel lehet nyomon követni. Nyolchetes korban levágott csirketesteket hat órán át 2 °C-on tartva (kontroll) és 6, 10 és 20 kGy-jel besugározva PAGE-vel vizsgálták a fehérjében bekövetkezett változásokat. Megállapították, hogy kontroll és **a besugárzott minták jelentős különbséget mutattak az elektroforetikus képet illetően**, ugyanis besugárzás hatására néhány kontrollhoz viszonyított csík (fehérje frakció) eltűnt, néhánynak az intenzitása megváltozott, és megjelent néhány olyan fehérje frakció is, amely a kontroll mintában nem volt jelen. Ez utóbbi bizonyára a fehérje bomlásánál keletkezett új, megváltozott molekula tömegű frakciókat jelezte. Ezek mennyisége szoros összefüggést mutatott a besugárzás intenzitásával, így **a PAGE előnyösen alkalmazható a besugárzott csirkehús minősítésére.**

Besugárzás hatására olyan hidroxil csoportot tartalmazó biomarkerek is létrejönnek, melyek koncentrációja jelzi a besugárzás erősségét. A fenilalanin tartalmú fehérjék besugárzása orto-, meta- és a para-tirozint eredményez, melyek markerei a besugárzásnak. Ezek közül az **orto-tirozint** könnyű a para tirozintól kromatográfiás módszerekkel elválasztani, ezért ezt **használják széles körben markerként.** Eredményesen használták a csirkehús gamma sugarakkal való kezelésének kimutatására, mert **mennyisége független a besugárzás után eltelt időtől.** Az eljárás során oldószeres extrakcióval eltávolítják a szabad tirozint, amely a kezeletlen húsban is jelen van, majd a fehérje sósavas hidrolízisét követően HPLC-vel meghatározzák az o- és p-tirozin tartalmát.

Amikor a nyers hús több mint 50% vizet tartalmaz, besugárzás hatására szabad hidroxil gyökök keletkeznek, melyek reagálhatnak a fehérjeépítő aminosavakkal, melynek során **2-hidroxi-fenilalanin keletkezik**, mely ugyancsak **jó jelzője a besugárzás mértékének.** Ezt a vegyületet egyébként a kontroll minták esetében is lehet hasznosítani az in vivo változások mérésére, amikor az élelmiszert mesterséges besugárzás egyáltalán nem érte. A besugárzás hatására a fehérjékben keresztkötések is kialakulhatnak, melyek markerként történő sikeres alkalmazásáról azonban nincsenek adatok.

A sugárzás hatására keletkező illó anyagok is indikátorai lehetnek a sugárzás intenzitásának. Mivel a legtöbb élelmiszer tartalmaz **lipideket**, ezek változásának nyomon követése sok élelmiszer esetében adhat hasznos információt a sugárkezelésről. A **fehérjékből is keletkezhetnek sugárzás hatására illó komponensek**, ezek azonban csak csekély mértékűt képviselnek. Az

izom és a kötőszövet lipidjei esetében a besugárzás semmiféle hatással sem volt a zsírsavösszetételre, ill. a neutrális lipidek trigliceridjeire.

A besugárzás hatására a hosszú szénláncú zsírsavak részben átalakulhatnak hosszú szénláncú szénhidrogénekké, melyek mérésével a besugárzás intenzitására lehet következtetni. A legkézenfekvőbb markerek a tetradekaén, a hexadekadién és a heptadecén, melyek koncentrációja jelentős mértékben nő a besugárzás hatására, és amelyek koncentrációja HPLC-vel és főként GC-vel, lángionizációs detektálással, kiválóan mérhető. A baromfihús besugárzásának mérésére a legalkalmasabbak a pentadecén, a tetradekadién, a heptadekadién és a hexadekatrién, melyek a baromfihús fő zsírsavaiból, a palmitolajsavból és a linolsavból keletkeznek a besugárzás hatására. Illékony szénhidrogének is keletkezhetnek a besugárzás hatására, melyek koncentrációja pl. a Camembert sajt besugárzásának megállapítására alkalmas. A tridekán, az 1-dodecén, az 1-tetradecén és az 1-hexadecén, amelyek a mirisztinsav, a palmitinsav és a sztearinsav radiolízise során keletkeznek, **sohasem fordulnak elő nem sugárkezelt sajtokban, sőt az érlelés és a tárolás során sem keletkeznek** ilyen vegyületek. A sugáradag meghatározása akkor lenne lehetséges, ha mindig rendelkezésre állna **nem sugárkezelt, eredeti minta**. A meghatározás során az illékony komponenseket vákuum desztillációval eltávolítják, majd gázkromatográfiával azonosítják, és mennyiségüket meghatározzák. A GC/MS módszert alkalmazták pl. a szénhidrogének analízisére olyan tojás esetében, amelyet előzetesen 3 kGy-jel sugároztak be.

Az olyan ciklikus vegyületeket, mint a 2-alkil-ciklo-butanonok, a hasonló szénatomszámú zsírsavakból keletkeztek nagyobb mennyiségben, a tiszta trigliceridek besugárzása után. A **2-dodecil-ciklobutanon** a palmitinsavból keletkezik a csirkehús 10 kGy-nél kisebb energiájú besugárzása során. Ez az anyag **a kezeletlen húsban nem fordul elő, hőhatásra sem keletkezik**, ezért kiváló indikátornak tűnik a csirkehús besugárzásának vizsgálatakor. A 2-tetradecil-ciklobutanon a sztearinsavból keletkezik a besugárzás hatására, melyet ugyancsak kimutattak a sugárkezelt csirkehúsból. A sugárkezelt tojásból és sertéshúsból 2-dodecil-ciklobutanont és a 2-tetradecil-ciklobutanont mutatták ki, és ezen előbbi a csirkehús besugárzása mérése a legjobb indikátorának tartják.

A koleszterin oxidált származékai főként oxidatív körülmények között keletkeznek, de képződnek vizes közegben ionizáló sugárzás hatására is. A reakció termékei az α - és β -epoxidok, a 6-ketokolesztanol és a 7-ketokolesztanol, melyek semmi más egyéb termékben sem fordulnak elő, és nem keletkeznek az autooxidáció során sem, ezért mivel a sugárkezelt csirkehúsból is kimutatták őket, **jó indikátorai lehetnek a csirkehús sugárkezelésének**. A koleszterin oxidált származékait a kloroform-metanol-vizes extrakciót követően szilárd fázisú extrakcióval dúsítják,

majd mennyiségüket vékonyréteg- vagy gázkromatográfiával határozzák meg. Ezen utóbbi esetében a meghatározás alsó határa 10 µg/kg.

Ionizációs **besugárzás hatására a DNS szerkezete károsodik**, a hélix szerkezet felbomolhat, a bázisok átalakulhatnak, a ribóz és a foszfát közötti foszfodiészter kötés széteshet, és károsodhatnak a DNS és a fehérjék közötti kapcsolatok is. Meghatározva ezeket a károsodásokat, mennyiségükből a besugárzás mértékére lehet következtetni. A timin-glikol (5,6-dihidroxi-dihidrotimin) mind a DNS in vivo, mind a besugárzás hatására bekövetkező károsodása során is keletkezik. Ez utóbbi adta az ötletet, hogy potenciális marker lehet a besugárzás mértékének becslése során, melyet megerősített, hogy sugárkezelt búzából, rákókból és a csirkehúsból is ki tudták mutatni. A meghatározás azon alapszik, hogy a timing-likol lúgos körülmények között instabillá válik, fragmentáció következtében acetollá alakul, amely aztán az o-aminobenzaldehiddel végbemenő kondenzáció során fluoreszkáló 3-hidroxiquinaldinné alakul, melynek mennyisége könnyen mérhető. **A DNS besugárzás hatására keletkező bomlástermékeit élelmiszerekből enzimatikus módszerekkel, HPLC-vel és a GC-MS-sel is ki lehet mutatni, de a DNS fragmentumok meghatározására talán legjobb eljárás a mikroelektroforézis.** Bár a többszöri lefagyasztás és felolvasztás is károsítja a DNS-t, a besugárzás hatására bekövetkező károsodás mintázat egészen eltérő az előbbitől, így ezt a gyors és egyszerű módszert előnyösen lehet alkalmazni a csirkehús, a paradicsom és a burgonya besugárzásának mérésére.

A mitokondriális DNS károsodása is jó indikátora lehet a sugárterhelésnek, mert védve van azokkal az enzimatikus folyamatokkal szemben, melyek a fagyasztás és felolvasztás alatt a sejtmag DNS-eit károsítják, és úgy tűnik a fagyasztás-kiolvasztás nincs hatással a stabilitására, ezért a bomlástermékek analízise megbízható eredmény adhat a besugárzás intenzitásának mérésére.

A **termolumineszcencia** egy olyan emissziós eljárás, melynek során a szabad gyökök által elnyelt fény melegítés hatására felszabadul, melynek mérése alkalmas a besugárzás mennyiségének becslésére. A nem sugárkezelt élelmiszerek nagyságrendekkel kevesebb fényt bocsájtanak ki melegítés hatására, mint a sugárkezelték, **ezért a termolumineszcencia alkalmas lehet a sugárterhelés mérésére.** Fűszerek esetében a meghatározás során 5-25 mg fűszermintát 250 °C-ra hevítenek, majd 30 másodpercig mérik a fénykibocsájtást, melynek mértékéből a sugárterhelésre tudnak következtetni.

A sugárterhelés mérésére felhasználják még kemilumineszcenciát és az elektron spin rezonanciát is. Csontot is tartalmazó élelmiszerek estén, amikor az élelmiszert sugárterhelés éri, a szabad gyökök csapdába esnek a csont kristályrácsában. A besugárzás által keltett **szabadgyökök**

elektron spin rezonancia jelet adnak, mely alkalmas a sugárdózis meghatározására. Mivel a szabad gyökök mennyisége a besugárzás mennyiségével nő, ez a módszer alkalmas a sugárdózis mennyiségének mérésére. A szabad gyökök mennyisége független a csont tulajdonságaitól, a besugárzás hőmérsékletétől és a környező gázok minőségétől.

Egyéb módszerek a besugárzás intenzitásának mérésére a pigmentekben bekövetkező változás, az enzimaktivitás megváltozása, a szénmonoxid mennyiségének a mérése, valamint a sugárzás hatására keletkező hidrogén, szén-dioxid és metán mennyiségének elemzése.

2.7. Példák a közelmúltból az élelmiszerek hamisítására

2.7.1. Csecsemőtápszerek hamisítása melaminnal

2008-ban Kínában **6000 csecsemő és kisgyermek betegedett meg a tejporhoz kevert melamin miatt**, 150-en a vese működés leállása következtében súlyosan, és közülük **hatan meg is haltak**. A melamint azért keverték a tejporhoz, hogy megnöveljék annak „fehérjetartalmát”, így jobb áron lehessen eladni a vásárlóknak. A hamisítás akkor derült ki, amikor egy újjeländi importőr észrevette a melamint a Kínából származó tejporban, és ezzel egy időben, Kínában, több gyereknél észleltek vesekövet.

Kína lakosságának jelentős része nem képes a tej fogyasztására, mert a laktóztolerancia miatt a tejcukrot nem tudják emésztetni. Fogyaszthatnak azonban minden tejcukormentes, vagy csökkentett tejcukortartalmú tejalapú élelmiszereket, amelyek jelentős mértékben hozzájárulnak a lakosság állati eredetű fehérje szükségletének kielégítéséhez.

A csalásra, hamisításra több okból kerülhetett sor. Egyrészt azért, mert **a melamin nitrogén tartalma 67%**, amit a hagyományos módszerekkel meghatározva és a 6,25-ös konverziós faktorial szorozva **419% nyersfehérje tartalmat jelent**, tehát kis mennyiségű melamin bármilyen élelmiszerhez keverve annak nyersfehérje tartalmát jelentős mértékben megnöveli. **Lehetővé tette ezt sajnos az a két módszer is**, amellyel világszerte meghatározzák a fehérjetartalmat, nevezetesen **a Kjeldahl és Dumas módszer**. A Kjeldahl féle eljárásnál a tömény kénsavas roncsolás során a melamin nitrogénjei ammóniává konvertálódnak, hasonlóan a fehérjében lévő nitrogénhez, tehát ezzel a módszerrel nem lehet különbséget tenni a két anyag között. A Dumas módszernél pedig az össze nitrogéntartalmú vegyületet nitrogén gázzá konvertálják, és a nitrogén mennyiségéből határozzák meg a nyersfehérje tartalmat.

De mi is a melamin? **A melamin egy magas nitrogéntartalmú, heterociklusos aromás szerves vegyület**, melyet a műanyagiparban és rovarölő szerként is alkalmaznak. Előállítás során kalcium-cianidból kénsavval cianamidot szabadítanak fel, melyből enyhén lúgos közegben dicianamid keletkezik, melyből 160 °C-on egy tautomer vegyületen keresztül gyűrűs, trimer termék, a melamin keletkezik. A melamin képlete $C_3H_6N_6$, **kémiai elnevezése 1,3,5-triazin-2,4,6-triamin**, molekulatömege 126,12 g/mol, fehér, szilárd, kristályos anyag, melynek oldhatósága vízben 20 °C-on 3,1 g/dm³. Minden szempontból ideális arra, hogy a tejpor fehérjetartalmát vele megnöveljék. A melaminhoz hasonló szerkezetű cianuronsav és a szervezetünkben képződő húgysav is. E vegyületek képesek egymással hidrogénhid kötések kialakításával **kristályokat képezni, melyek többek között a vesekő és húgykő kialakulásához vezethetnek**. Ezt bizonyítja az a tény is, hogy a betegek vesekövéből a melamin és a húgysav 1:1,2-2,1 arányú elegyét mutatták ki, tehát a szervezetünkben **természetes úton keletkező húgysav a tejporhoz hozzáadott melaminnal együtt okozta a vesekövet**, és 6 kisgyermek halálát. A kisgyermek azért is alkotják a fő veszélyeztetett csoportot, mert a felnőttekhez hasonlóan relatíve nagyobb mennyiségben választanak ki húgysavat. Még akkor sincs nagyobb probléma, ha a melamin mérgezést időben felismerik, mert a kőképződés savas közegben játszódik le, és ha a vizelet pH-ját nátrium-citráttal vagy nátrium-karbonáttal megemelik, a kőképződés nem játszódik le, a kisebb kövek pedig esetleg feloldódnak.

A melamin önmagában nem mérgező, LD₅₀ értéke 3000-6000 mg/testtömeg kg, a vérplazmából mintegy három óra felezési idővel ürül, de eközben is vesekőképződést, húgyhólyag-gyulladást, sejtburjánzást és húgyhólyagrakot okozhat. Az Európai Élelmiszer-biztonsági Hatóság szerint Európa lakosait nem fenyegeti veszély, ha véletlenül fogyasztottak is a melamin tartalmú tejporból, mert 0,2 mg/ttkg napi adag még elviselhető a szervezet számára. Mivel a melamin viszonylag gyorsan kiürül a szervezetből, ezek a szintek szinte teljesen biztonságosnak tekinthetők.

Milyen módszerrel lehet a tejpor melamin tartalmát jelezni, ill. mennyiségét meghatározni? A melamin meghatározás legelterjedtebb módszere a folyadékkromatográfia és a gázkromatográfia tandem tömegspektrométerrel kombinálva (HPLC/MS, GC/MS, MS/MS). A kromatográfiai módszerek azonban viszonylag drágák, és speciális, nagy értékű műszereket kívánnak, és csak egy jól felszerelt laboratóriumban lehet alkalmazni azokat. Az olcsó és hatékony módszerek közül kiemelkedik az ELISA (Enzyme-Linked Immunosorbent Assay), mely immunanalitikai módszer az antigén és antitest (ellenanyag) reakcióján alapul, amelyek másodlagos kötőerőkkel összekapcsolódva komplexet hoznak létre. Az ELISA továbbfejlesztett változata, a szendvics immunoassay lényege az, hogy az antigén fehérje felületén több olyan hely található, melyhez ellenanyag kapcsolható.

A hagyományos eljárás szerint a mikrotiter lemez felületéhez antigéneket kötnék, melyhez hozzáadják a vizsgálni kívánt mintát. A felülethez kötött antigének **és a minta antigének versengenek az ellenanyaghoz való kötődésben**. A kötődés után mosás következik, melynek során mindent eltávolítanak, ami nem kötődött az antigénhez, a felületen megkötődött ellenanyaghoz pedig hozzáadnak egy specifikus enzimmel konjugált ellenanyagot, melyhez az enzim szubsztrátját adva **egy színes termék keletkezik, melynek intenzitása fotométerrel mérhető**. A mért abszorbancia a vizsgálandó antigén (minta) koncentrációjával fordítottan arányos, mert minél több az antigén a mintában, annál több ellenanyagot köt meg, így annál kevesebb ellenanyag kötődik a felületen immobilizált antigénekhez.

A melamin ELISA módszerrel történő meghatározásához szükséges a melamin ELISA kit, amely tartalmazza a mikrolemezekhez kötött melamin antitesteket, a torna peroxidáz enzim (HRP) által kötött melamint, és a peroxidáz kromogén szubsztrátját. Mind az ismeretlen mintát, mind a HRP-hez kötött melamint a mikrolemezekhez kötött melamin antitestekhez adják. Ezt követően mind a HRP-hez kötött, mind a szabad melamin kompetitíve az antitestekhez kötődik, melynek során a kötődési arány a koncentráció arányának felel meg. Ennek eredményeképpen a HRP-hez kötött melamin mennyisége függ a szabad melamin koncentrációjától. A megkötődést követően a meg nem kötődött anyagokat a mikrolemezekről mosással eltávolítják, majd a kromogén HRP szubsztrátot adják a lemezhez. Ebben a lépésben a HRP enzim aktivitása egyenesen arányos a HRP-hez kötött melamin mennyiségével, és arányos a mintában lévő szabad melamin mennyiségével is. Az utolsó lépésben **a HRP enzim működését bizonyos inkubációs idő után leállítják, és a HRP enzimreakcióban keletkezett színes vegyület koncentrációját 450 nm-en végzett fotometrálással mérik**.

A mérés során 1 ml tejmintát, vagy ennek megfelelő tejporból készített folyékony mintát mértek egy centrifuga csőbe, majd 10 °C-on, 10 percig, 1500 g-n centrifugálták. 200 µl tejmintát pipettáztak egy tiszta kémcsőbe, 800 µl tesztfolyadékot adtak hozzá, gondosan összekeverték, melyet követően a minta kész volt a meghatározásra. A meghatározás során 100 vagy 150 µl melamin standardot adtak az antitesttel borított lemezekhez, majd 50 µl HRP-hez kötött melamint adtak hozzá. A két anyagot rövid ideig kevertették, majd 30 percen keresztül szobahőmérsékleten inkubálták. Az összes meg nem kötődött mintát a lemez desztillált vizes mosásával eltávolították. A mosási lépéseket négy alkalommal, 300 µl térfogatú mosófolyadékkal megismételték. 100 µl HRP szubsztrátot adtak mindegyik lemezhez, majd a lemezeket 20 percig szobahőmérsékleten inkubálták. Az enzimreakciót 100 µl stop oldat segítségével megállították, majd a keletkezett színes anyag abszorbanciáját 450 nm-en mérték.

Az ismeretlen minta melamin tartalmának meghatározásához **hitelesítő egyenest készítettek ismert koncentrációjú melamin standardokkal, és a melamint nem tartalmazó mintát tekintették a zéró pontnak.** A kalibrációs egyenes segítségével az ismeretlen melamin tartalmú minta abszorbanciáját felhasználva a melamin tartalom számítható. Ez a módszer jól használható tejek és tejporok melamin tartalmának mérésére, mert nem kíván jól felszerelt, drága laboratóriumokat és analitikai eszközöket, hanem a feladatot egy szerényen felszerelt laboratóriumban is, az ELISA kit-ek megvásárlása után, meg lehet oldani. Amennyiben az ELISA mérési eredmények pozitívak, mindenképpen javasolt a pozitív mintákat egy HPLC/MS/MS, vagy egy GC/MS/MS laboratóriumban ellenőriztetni.

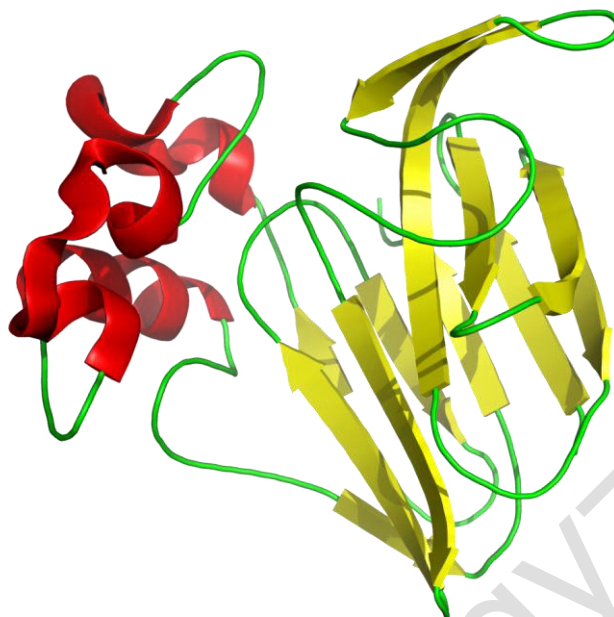
2.7.2. A taumatin édesítőszer hamisítása, és annak kimutatására alkalmas módszerek

A taumatin egy 207 aminosavból álló fehérje, melyben dominál a β -szerkezet, és csak kis α -hélix szakaszok találhatók a molekulában. **Alacsony energiatartalmú édesítőszerként és íz módosító anyagként alkalmazzák az élelmiszeriparban.** Első ízben Nyugat-Afrikában a katemfe gyümölcséből fehérje keverékként izolálták, nagyobb mennyiségben pedig a taumatint a *Thaumacoccus deniellii* növény termésének külső burkából állítják elő 2,5-4,0 pH-án végzett vizes extrakcióval.

A kutatások során rájöttek arra, hogy egy egész **taumatin családról van szó**, némileg eltérő aminosav-összetétellel, melyekben közös, hogy **rendkívül édesek; és közülük néhány kétezerszer olyan édes, mint a répacukor.** A két legfontosabb fehérjét taumatin I-nek és taumatin II-nek nevezték el. Annak ellenére, hogy nagyon édes, az édes íz jelentősen különbözik a cukortól, egyrészt mert **a taumatin édes íze csak lassan alakul ki**, másrészt **az édes érzet a cukornál sokkal hosszabb ideig tart.** Előnyös tulajdonsága, hogy vízben jól oldódik, nem érzékeny a hőre és stabil savas körülmények között.

A taumatin molekula szerkezete

Jobb oldalon a β -lemezek, a bal oldalon pedig az α -hélixek láthatók



A növény életében biológia szerepe a védekezésben van, ugyanis **a taumatin egy patogén ellenes fehérje**, mely in vitro körülmények között meg tudja akadályozni a gombák szaporodását. Stressz és a patogén organizmusok támadásakor a növény nagyobb mennyiségben termeli, ezért védekező mechanizmusának részét képezi. A taumatinhoz hasonló fehérjéket a kiviből és az almából is izoláltak, melyek az emésztőrendszeren áthaladva allergén hatásukat teljes mértékben elveszítették. Nyugat-Afrikában a katemfe gyümölcsét hosszú idő óta alkalmazzák élelmiszerek és italok édesítésére. Az Európai Unióban a taumatin engedélyezett édesítőszer (E957), és ugyancsak engedélyezték használatát Izraelben és Japánban is, míg az Egyesült Államokban csak aromaanyagként használatos, édesítőszerként nem alkalmazzák.

Előállítása rendkívül munkaigényes és kis termelékenységű folyamat, ezért a taumatin rendkívül drága édesítőszer. Egy kg gyümölcsből csak kb. 6 g taumatint lehet előállítani, viszont ez az egyetlen természetes édesítőszer, mely engedélyezett az Európai Unióban. Későn megjelenő, hosszantartó, likőrös utóízű, rendkívül erőteljes édesítőszer, mely két-hárromezerszer édesebb a répacukornál. **A szervezetben testépítő aminosavakká bomlik le**, és mivel rendkívül kis mennyiségben kerül alkalmazásra, energiatartalma gyakorlatilag nulla, és a fogakra hatástalan. **Főzés és sütés hatására** minimálisan változik, **édesítő és ízfokozó képességét megtartja**, és más alacsony energia tartalmú édesítőszerekkel is jól kombinálható. Mivel természetes vegyület, **egészségügyi kockázatot nem jelent.** Különösen előszeretettel alkalmazzák kávéitalok, frissítőszer, gyümölcslevek, rágógumi, joghurtok, zselék és lekvárok édesítésére.

Mivel rendkívül drága anyagról van szó, **a taumatint előszeretettel hamisítják** cukrokkal, cukoralkoholokkal és mesterséges édesítőszerrel. A hamisítás kimutatása során figyelemmel kell lenni szerkezetére, vagyis arra, hogy alapvetően két fehérje főkomponenst tartalmaz, mely mellett megtalálhatók még az eredeti növényi anyagból származó kisebb mennyiségű komponensek is. Nitrogén tartalma nem kevesebb, mint 15,1%, mely fehérjére számolva 93%-ot jelent. Szagtalan, tejszínre hasonló színű por. Vízen nagyon jól oldódik, acetonban oldhatatlan. **Kimutatása és mennyiségének meghatározása többféle módszerrel történhet.**

A **ninhidrinteszt** során 5 ml egy ezrelékes taumatin oldathoz hozzáadunk egy ml frissen készített ninhidrin oldatot (200 mg ninhidrint oldunk 100 ml vízben), majd összekeverés után kékes színű terméket kapunk. Melegítés hatására a szín intenzívebb lesz. A kimutatás a fehérjék és az aminosavak valamint a ninhidrin közötti reakción alapul.

Ha van infravörös spektrofotométerünk akkor felvehetjük a taumatin infravörös spektrumát, melynek során egy-két mg mintát 100-200 mg kálium-bromiddal keverünk össze, majd az elemzés során karakterisztikus maximumokat kapunk az alábbi hullámszámokon: 3300, 2930, 1650, 1529, 1452, 1395, 1237, 1103, és 612.

2-es pH-jú vizes oldatban **279 nm-en mutat abszorpciós maximumot**. Ha arra gyanakszunk, hogy a minta szénhidrátot tartalmaz, akkor elvégezzük a **szénhidrát tesztet**, melynek során a mintát cisztein-hidroklorid és 86%-os kénsav frissen készített elegyével reagáltatjuk. Jeges vízben majd szobahőmérsékleten elvégzett reakciót követően **a szénhidrát mennyiségét 412 nm-en végzett fotometrálassal határozzuk meg** 10-100 µg/ml közti koncentráció tartományban felvett hitelesítő görbe segítségével.

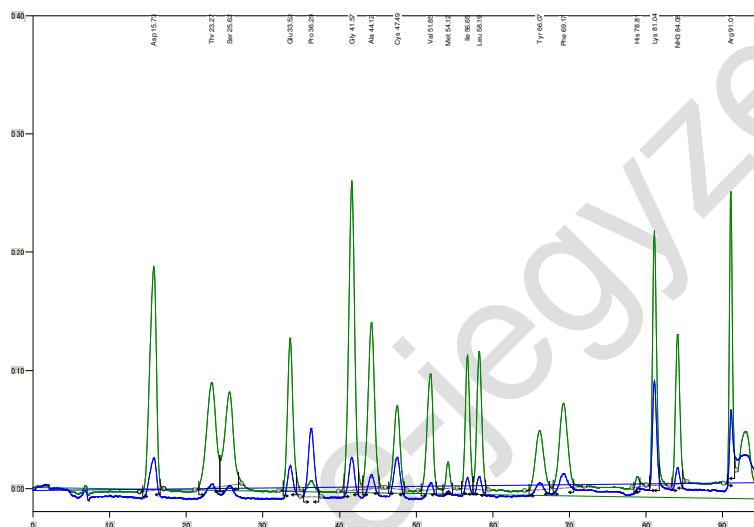
Ha rendelkezésünkre áll egy nitrogén analizátor, akkor meghatározhatjuk a minta nitrogéntartalmát mind Kjeldahl, mind Dumas módszerrel, és **a nitrogén tartalom alapján következtetünk a minta minőségére.**

Az előzőekben felsorolt tesztek azonban nem specifikusak, más anyagok is adhatnak hasonló reakciókat, melyek a vizsgálókat tévútra vezethetik. **A legspecifikusabb dolog az aminosav összetétel**, hisz a ma alkalmazott technikák segítségével az pontosan meghatározható, és a hamisítás ténye a nitrogéntartalom és az aminosav összetétel alapján nagy valószínűséggel megállapítható.

A következő, gyakorlatból vett példa **a taumatin hamisításáról és annak kimutatásáról ad áttekintést** módszerként az ioncserés oszlopkromatográfia elvén működő aminosav analízist

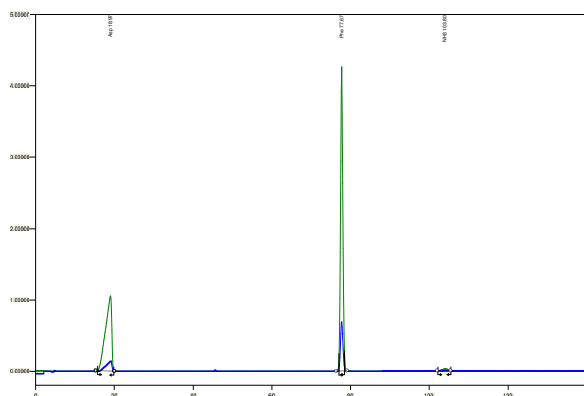
alkalmazva. Egy távol-keleti országból származó „taumatinnak” nevezett anyagról szeretnék volna megtudni, hogy mi is valójában. Mivel a taumatin aminosav-összetétele ismert, kézenfekvő volt egy aminosav összetétel elemzést készíteni, melynek eredményeit hasonlítva az irodalomban közöltekhez, el lehet dönteni, hogy **az aminosav összetétel megfelel-e a taumatinnak**. Fentiek miatt egy standardra van szükség, melynek meghatározzuk az aminosav-összetételét. Az első kromatogram egy finomvegyszergyárból beszerzett analitikai tisztaságú taumatin aminosav-összetételét mutatja.

Az analitikailag tiszta taumatin standard kromatogramja



A kromatogramból látszik, hogy **a taumatin minden fehérjeépítő aminosavat tartalmaz**, relatíve nagy az aszparaginsav-, a prolin-, a glicin-, a lizin- és az arginin-tartalma. Ezt követően elvégeztük különböző „taumatin” minták aminosavösszetételének meghatározását, melynek során a következő kromatogramokat kaptuk.

Az első „taumatin” minta kromatogramja

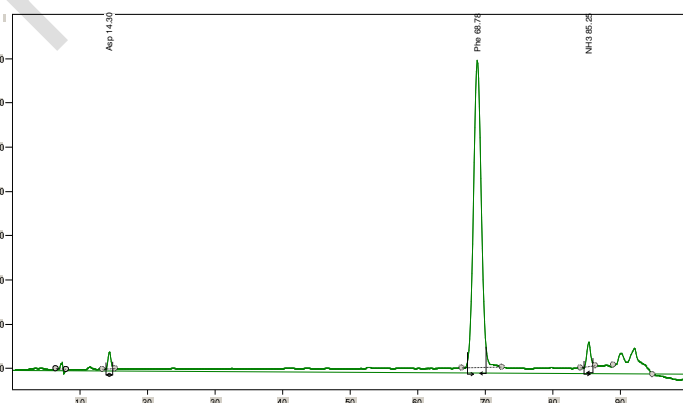


A mintából aszparaginsav és fenilalanin, valamint minimális mennyiségű ammónia volt kimutatható, ami az aminosavak bomlásából keletkezhetett a hidrolízis során. Az aminosav analízis eredményeit a táblázat tartalmazza.

A minta és a vegytiszta taumatin aminosav-összetétele

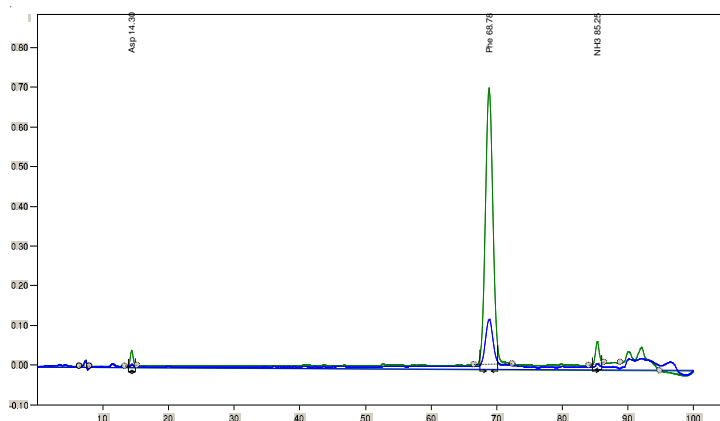
Megnevezés	„Taumatin”		SIGMA Taumatin	
	gAS/100g minta	gAS/100g fehérje	gAS/100g minta	gAS/100g fehérje
Aszparaginsav	36,93	41,7	12,65	13,4
Treonin	-	-	7,80	8,3
Szerin	-	-	5,08	5,4
Glutaminsav	-	-	6,60	7,0
Prolin	-	-	5,49	5,8
Glicin	-	-	7,03	7,5
Alanin	-	-	5,53	5,9
Cisztin	-	-	4,78	5,1
Valin	-	-	4,21	4,5
Metionin	-	-	0,66	0,7
Izoleucin	-	-	3,84	4,1
Leucin	-	-	4,20	4,5
Tirozin	-	-	5,33	5,7
Fenilalanin	51,42	58,0	6,64	7,1
Hisztidin	-	-	0,26	0,3
Lizin	-	-	6,10	6,5
Ammónia (NH ₃)	0,23	0,3	1,16	1,2
Arginin	-	-	6,74	7,2
Triptofán	-	-	-	-
Összeg	88,58	100,0	94,1	100,2

A második „taumatin” minta kromatogramja



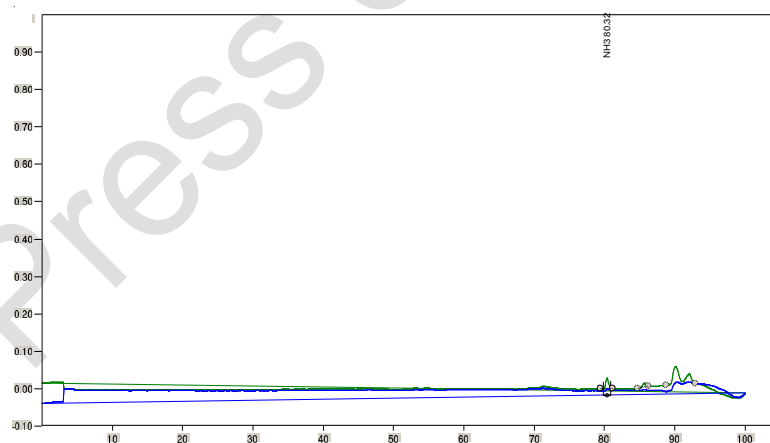
A minta egy minimális mennyiségű aszparaginsavat tartalmazott, míg legnagyobb részét a fenilalanin tette ki. Némi ninhidrin pozitív vegyület mutatkozott az ammónia, a lizin és a hisztidin retenció idejénél.

A harmadik „taumatin” minta kromatogramja



Gyakorlatilag a második és a harmadik minta aminosav összetétele megegyezett, és mindkettőre **jellemző volt a fenilalanin túlnyomó mennyisége**. A fentiek alapján **az első mintánál talán aszpartámra is gyanakodhatnánk**, a második és a harmadik mintánál azonban az aszparaginsav mennyisége ehhez kevés, a gyanú bizonyításához több aszparaginsavnak kellene a mintában jelen lenni. **Hogy valójában a fenilalanin milyen formában van jelen a mintában, elvégeztük a minták szabad aminosav tartalmának meghatározását**, egy citrát-pufferes kioldás után, melyet követően a következő kromatogramot kaptuk.

A „taumatin” szabad aminosavainak kromatogramja



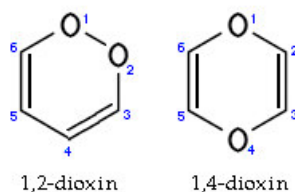
E kromatogramból meg tudtuk állapítani, hogy a minta nem lehet aszpartám, se szabad aminosav (aszparaginsav, fenilalanin), mert azok jelen lennének a kromatogramon, nem lehet di és tripeptid, mert azok is mutatkoznának, csak oligopeptid, vagy annál nagyobb (több, mint 10 aminosav a peptidláncban) molekuláról lehet szó. A minta valószínűleg polifenilalanin, az a legrégebbi mesterséges fehérje, melyet még az aminosavak kódjainak megfejtése előtt mesterségesen, lombikban előállított DNS-sel (poli-uridin) állítottak elő, hisz a polifenilalanin kódja UUU. Pár

„taumatin” mintánál szabad aszparaginsavat se tudtunk kimutatni, mely arra utal, hogy a minimális mennyiségű aszparaginsav is kötött formában fordul elő a mintában.

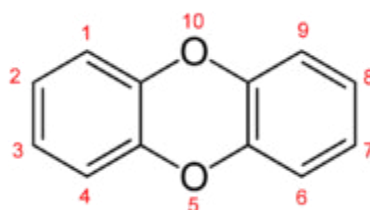
Fentiek alapján tehát **megállapítható a hamisítás ténye**, hisz a tiszta taumatin aminosav összetétele annyira jellemző a fehérjére, hogy ahhoz, ha bármit hozzákevernek, legyen az szabad aminosav vagy aszpartám, vagy akármilyen peptidszármazék, az lényeges eltérést okoz az eredeti aminosav összetételtől, tehát kimutatható. A kromatogramok **ioncserés oszlopkromatográfia elvén működő aminosav analizátorral készültek**, de a hamisítás kimutatására **alkalmas lehet a HPLC** is oszlop előtti származékképzéssel, vagy a gázkromatográfia, az illó aminosav származékok képzését követően.

2.7.3. Az élelmiszerek dioxintartalma és hatása az emberi szervezetre

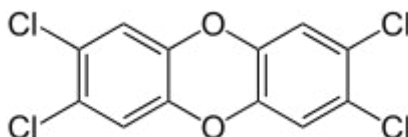
A dioxin, más néven p-dioxin, kémiai képlete $C_4H_4O_2$, moláris tömege 87,07 g/mol, igen lobbanékony, mérgező, színtelen folyadék. Heterociklusos vegyület, melynek két izomere létezik, az 1,2-dioxin vagy más néven o-dioxin, és az 1,4-dioxin, vagy más néven p-dioxin. Az orto izomer peroxid szerkezete miatt igen labilis, keletkezésekor könnyen elbomlik. A dioxin általánosságban annak a vegyületcsoportnak a neve, melynek tagjai, szubsztituált származékai környezetszennyezők és mérgezők, és amelyeket a szakirodalom poliklór-dibenzodioxinnak (PCDD) hív. **A dioxin elnevezés általánosságban mindazon szerves vegyületekre is vonatkozhat, melyek szerkezetére jellemző a dioxinváz, vagyis a dioxinhoz képest helyettesítő atomcsoportok is vannak benne.** Ilyen pl. a dibenzo-p-dioxin, melyben a dioxinváz mellett jobb és baloldaltól két benzolgyűrű is található, mely a PCDD család alapvegyülete. A szakirodalom dioxinnak nevezi a dibenzo-p-dioxin klórozott származékait is, melyeket poliklór-dibenzo-dioxinoknak hívnak.



Az 1,2 és az 1,4 dioxin szerkezete



A dibenzo-p-dioxin szerkezete



A 2,3,7,8- tetraklórdibenzo-*p*-dioxin (TCDD) szerkezete

A poliklór-dibenzodioxin egy vegyületcsoport neve, amelyekben az 1,4-dioxin alapvegyület benzolgyűrűi néhány hidrogénjét klór helyettesíti. A klóratomok elhelyezkedése miatt mintegy 75 izomere van, melyek közül a 2,3,7,8-tetraklór-dibenzo-*p*-dioxin vagy más néven 2,3,7,8-tetraklór-dibenzo[1,4]-dioxin (rövidítve TCDD) a legveszélyesebb mérgező hatású anyag. **A kiemelkedő mérgező hatása miatt az elmúlt évek kutatásai erre a vegyületre összpontosultak**, a többi izomert gyakorlatilag figyelmen kívül hagyták, és a legtöbbször erre a vegyületre gondolunk, amikor a dioxin szót használjuk.

A dioxin az ember környezetében mindig is előfordult, mert az **égetés, fával való tüzelés során jelentős mennyiségben keletkezik**, azonban mennyisége környezetünkben az ipari forradalom óta megháromszorozódott. Ma már a dioxin minden olyan ember szervezetében megtalálható kisebb nagyobb mértékben, akik jelentősebb ipari üzemek környékén élnek. Először nagyobb mennyiségben a vietnami háború során az Agent Orange gyomirtószer szennyezéseként került a környezetbe, mellyel az amerikai katonák az őserdőket próbálták kiirtani.

A dioxin azért is rendkívül veszélyes, mert **zsírban jól oldódik, és a szervezetbe jutva a zsírszövetben raktározódik**. Főként jelentős zsírtartalmú élelmiszerekkel, hallal, hússal, tejjel és tejtermékekkel kerül az emberi szervezetbe. A dioxinok a környezetünkben folyamatosan keletkeznek többek között a tüzelés során, és **különösen jelentős mennyiségű dioxin keletkezik akkor, amikor műanyag (PVC) tartamú szemetet nem megfelelő hőfokon égetnek**, ugyanis a PVC-t 700-800 °C-on égetve jelentős mennyiségű dioxin keletkezhet. A műanyag hulladékot ezért 1200 °C felett kell égetni, megakadályozva ezzel a dioxin képződését.

A lakosság azon része különösen veszélyeztetett a dioxinnal kapcsolatban, akik foglalkozásuk következtében **klórozott szerves anyagokkal**, pl. gyomirtó szerekkel **kerülnek nap mint nap kapcsolatba**. Ugyancsak veszélyeztetettek az ilyen szereket előállító vegyi gyárak környezetében élők, mert a dioxin nemcsak akkor keletkezik nagyobb mennyiségben, ha klórtartalmú szerves oldószert égetnek el, hanem akkor is, ha a szerves vegyületek klórtartalmú szerves vegyületek jelenlétében égnek. A dioxin vegyületek 80%-áért felelős legfontosabb szennyező források az alábbiak: fa- és széntüzelésű berendezések, hulladékégetők, olvasztókemencék, dízelmotorok, szennyvíziszap, gombaölő szerekkel kezelt fa elégetése, háztartási szemét égetése. A megfelelő

technológiával történő szeméttisztítás az utóbbi időben jelentősen mérsékelte a környezetbe jutó dioxin mennyiségét.

Jelentős szennyező forrás lehet még a papír- és textilfehérítés, a fenol klórozása, a pentaklór-fenol és más klórtartamú vegyszerek gyártása, ezen kívül **még a cigaretta füstnek is alkotórésze**. Megtalálható olyan mindennapi eszközeinkben, mint a műanyag tárgyak, fehérítők, gyanták, csomagolóanyagok, stb., tehát **normál körülmények között is szinte mindennap kapcsolatba kerülünk a dioxinnal**. Megállapították azt is, hogy **az anyatejjel jelentős mennyiségű mérgező anyag kerülhet be a csecsemő szervezetébe**, ez a hatás azonban elenyésző az anyatej egyéb kedvező hatásaihoz viszonyítva.

A dioxin a zsíros ételekkel kerül a szervezetbe, és ott a zsírszövetben raktározódik, onnan sem az anyagcsere folyamatokkal, sem a bélsárral nem távozik. Izotópos vizsgálatokkal **felezési idejét a szervezetben hét és 135 év közöttinek találták**, mely nagy különbség a szennyező anyagok koncentrációjával és sokféleségével magyarázható. A TCDD esetén átlagosan nyolc évvel számolnak, ami a többi káros anyaghoz viszonyítva még így is rendkívül hosszú idő.

A dioxin mérgező hatásával kapcsolatban bevezették a „mérgezőképességi egyenérték szorzót” (Toxicity Equivalence Factor), melynél a legmagasabb értéket legmérgezőbbnek tartott 2,3,7,8-tetraklórbenzo[1,4]-dioxin kapta. Ismert az „összes dioxin mérgezőképességi egyenérték” is (Total dioxin toxic equivalence value), mely a dioxin-származék keverékek mérgezőképességét a tiszta PCDD mérgezőképességéhez viszonyított aránnyal fejezi ki. Valójában megállapítást nyert, hogy akármilyen származék keverékről is van szó, a **mérgező képesség arányos volt a legmérgezőbb, 2,3,7,8-tetraklórdibenzo[1,4]-dioxin arányával**.

Milyen mértékben mérgező a dioxin a többi szervezetünkbe kerülő mérgekhez hasonlítva? A dioxin LD₅₀-értéke tengerimalacnál 0,0006-0,002; Rhesus majomnál 0,070; patkánynál 0,022-0,045; kutyánál 0,10-0,20; hörcsögnél pedig 1,16-5,05 mg/ttkg. Ugyanez az érték botulinotoxinra 0,000000001 mg/ttkg, tehát megállapítható, hogy **a dioxin nem tartozik a legmérgezőbb vegyületek közé** az ember esetében, hisz vannak olyan adatok, hogy az ember a hörcsögnél is jobban elviseli a dioxint, tehát **az ember a dioxinnak ellenálló fajnak tekinthető**. Ennek oka valószínűleg az, hogy az ember a tűz feltalálása óta folyamatosan kapcsolatba került a dioxinnal, bár az ipari tevékenység következtében annak koncentrációja hirtelen többszörösére nőtt a környezetben. Az **ember tehát hozzászokott a dioxinhoz**, és a kismennyiségű dioxint jól el tudja viselni.

Milyen hatással van a dioxin az emberi szervezetre? A dioxin a táplálkozás útján kerül az emberi szervezetbe, elsősorban az állati eredetű élelmiszerek kapcsán, a biológiai felhalmozódás következtében. **A dioxin által okozott legismertebb betegség a klórakne**, az arcot eltorzító bőrbetegség. Hatással van ezen túl a gyermekkori fogzománc-fejlődési rendellenességek kialakulására, a központi és a környéki idegrendszert érintő megbetegedésekre, a pajzsmirigy rendellenes működésére, károsítja az immunrendszert, cukorbetegséget okozhat és befolyásolja a normális fiú/lány ivararányt. Állatoknál teratogén, mutagén, karcinogén hatást tudtak kimutatni, és káros hatással volt az immunrendszerre, a májra, a belső elválasztású mirigyekre és a növekedésre.

Embereken természetesen ilyen kísérleteket nem végeztek, de a Vietnamban harcoló katonák esetében **a dioxin hatása utódaik születési rendellenességében mutatkozott meg** első sorban. A katonák szervezete még évekkel később is 300-600-szor nagyobb dózisban tartalma a TCDD-t (600 pg/kg), mint a lakosság átlaga. Az alkalmazott **gyomirtószer következtében nőtt az élelmiszerek dioxin tartalma**, és jelentősen nőtt szintje a területen élő vadállatok testében is.

Milyen módszerek alkalmasak az élelmiszerek dioxin tartalmának meghatározására? **A dioxin meghatározásra különösen alkalmasak a kromatográfiai módszerek**, mind a HPLC, mind a GC, különösen akkor, ha detektorként tömegspektrométert alkalmaznak. Sok helyen alkalmazzák a dioxin analízisére a gázkromatográfiát elektronbefogásos detektorral, lángionizációs detektorral vagy tömegspektrométerrel vagy ezek kombinációjával csatolva. Nagyon érzékeny módszerekre, ill. detektorokra van szükség, mert a dioxin koncentrációja a mintákban pg/g, esetleg pg/liter koncentráció tartományba esik. Az érzékenység növelésének egyik lehetősége a minta mennyiségének növelése, ill. nagyobb mennyiségű minta juttatása a gázkromatográfba, ez azonban jelentősen megnöveli az előkészítő művelet idejét. A GC/MS kombinációja a nagymennyiségű injektálással nem rontotta a hatékonyságot a split és a splitless injektáláshoz viszonyítva, az érzékenység azonban egy-két nagyságrenddel javult.

2.7.4. A méz hamisítása és annak kimutatása

A méz ősidők óta kedvelt élelmiszere az emberiségnek, és a Kőkorszak óta a történelem során ez volt a legfontosabb anyag, amellyel élelmiszereit édesíteni tudta. A méhek állítják elő növényi nektárból, nedvekből, vagy a levéltetvek váladékából, melyet saját enzimeikkel részben átalakítanak, majd beszárítanak, és a lépekben tárolnak. **Eredetét tekintve lehetnek mézharmat mézek**, melyeket a nedvszívó rovarok kiválasztott édes váladékából állítanak elő, és **nektárból származó virágmézek**. Édes ízét a benne lévő mono- és oligoszacharidok, főként a fruktóz vagy

gyümölcs-cukor, zamatukat pedig a bennük lévő illóolajok okozzák, melyek mennyisége változik a tárolás során.

A méz alapanyaga tehát a nektár vagy a levéltetvek által kiválasztott édes szirup, de sajnos **az ember is készíti mézet különféle szénhidrátokból enzimek hozzáadásával**, de ennek a minősége és egyéb, az emberi szervezetre kiváló hatása, messze elmarad a méhek által készített méztől. **A hamisított mézet vagy önmagában, vagy mézhez keverve értékesítik.** Ez a mesterséges méz nem káros az emberi szervezetre, azonban eredet megjelölés nélküli mézhez keverése hamisítás, ami ellen a becsületes méhészek és a saját jól felfogott érdekeink miatt is küzdeni kell. **A mézhamisítók legtöbbször azt az olcsón előállítható izocukrot használják, amit a méhek visszautasítanak.**

A méz átlagosan 38% fruktózt és 30% glükózt tartalmaz, de van benne ezen túl még szacharóz, melitóz valamint egyéb di-, tri- és poliszacharid is. Tartalmaz ezen kívül még minimális mennyiségben ásványi anyagokat, fehérjéket, szabad aminosavakat, enzimeket és hormonokat, ezek koncentrációja azonban olyan csekély, hogy hatásuk az emberi szervezetre, a többi élelmiszerhez képest, elhanyagolható. Sajnos ellent kell mondani annak a közhiedelemnek, hogy a méz jelentős fehérje, aminosav, ásványi anyag és vitaminforrás lenne, mert ezek a komponensek csak jelentéktelen mennyiségben fordulnak elő benne. **Általános jó hatása a szervezetre a könnyen emészthető szénhidrát tartalmának köszönhető.**

A hazánkban forgalmazott mézfajták és azok legfontosabb tulajdonságai: A **vegyes virágmézre** jellemző, hogy többféle növényfaj virágpóráját és nektárját tartalmazza, melynek színe és íze a növényfajoktól függ. A **repceméz** színe fehér elefántcsontszínű, íze karakteres, gyorsan kristályosodik, ezzel szemben az **akácméz** sokáig folyékony marad, világos aranysárga színű, íze nagyon kellemes, az egyik legkeresettebb mézfajta. A **napraforgóméz** világos narancssárga színű, gyorsan kristályosodó fajta, míg a **hársméz** világoszöld, néha sárgászöld, gyümölcsös ízű, enyhén mentás, nagyon édes mézfajta. Ismert mézek még a szelídgesztenye méz, mely vörösesbarna színű, erőteljes ízű, nehezen kristályosodó mézfajta, és a facélia méz, mely fehér színű, jellegzetes aromájú. Ismeretes még hazánkban a eukaliptusz méz, a kakukkfűméz és a hangaméz, valamint a mézharmatméz, melyek között ismertebbek az erdei méz, a mézharmatméz (lombos fákról) és a fenyőméz.

A mézfajtákat egymáshoz is keverhetik, de az igazi mézhamisítás az, amikor a nagyobb haszon elérése érdekében a méztől és a méhektől teljesen idegen anyagokat kevernek a mézhez. Ennek következtében jelentősen megváltozik a mézek zamat, viszkozitása, kristályosodásra való hajlama, de legfőképpen élvezeti értéke. Ha mézhez idegen anyagot

kevernek, akkor az nem nevezhető méznek, ha mégis ilyen néven hozzák kereskedelmi forgalomba, akkor mézhamisítást követnek el. A szabályozás visszássága, hogy ha egészségre nem ártalmas anyagokkal hamisítják a mézet, akkor az nem büntethető.

A méz hamisítására régebben alkalmazták a keményítőt, **a mézhez lisztet keverték**, ami egy egyszerű keményítő teszttel kimutatható. **Vizezték is a mézet**, melyre ugyancsak könnyű volt rájönni. A fruktóz hozzáadásával a méz kristályosodása gátolható, de a fruktóz drágasága miatt ez a módszer nem terjedt el a gyakorlatban. **Legújabbán izocukorral próbálkoztak**, melyet kukoricából állítottak elő, és melynek oldatát addig párolták be, míg annak viszkozitása nagyon hasonlított mézére. Mivel az íze semleges, **a fogyasztó a hamisítást alig veszi észre**, melyre csak a nagyműszeres analitikai technikák alkalmasak.

A **mézhamisítás leleplezésére** több nagyműszeres eljárást dolgoztak ki, melyek közül a **szénizotópok elemzése** azon alapszik, hogy a cukornád és a kukorica fotoszintézise más úton megy végbe, mint a mérsékelt égövben élő növényeké, így **megváltozik a cukor széntartalmának izotóp eloszlása**, míg **a fehérje izotóp összetétele nem változik**. Az izotóp arány változásának mérésével a hamisítás kimutatható. Alkalmazzák a **HPLC-t** is az izocukor kimutatására, mellyel ugyancsak a hamisítás leleplezhető le.

Mielőtt azonban a nagyműszeres technikák kerülnének ismertetésre, néhány ötlet a hamis vagy **rosszminőségű mézek felismerésére**. Az éretlen, magas víztartalmú mézek könnyen megromlanak, ezért idő előtt nem szabad a méz pergetéséhez fogni. A méz vizezését könnyen tudjuk ellenőrizni, ha az üvegben lévő mézet a feje tetejére állítjuk, és a benne lévő gázbuborék gyorsan halad felfelé, akkor a mézet nagy valószínűséggel vizezték. Ügyeljünk a hőmérsékletre is, mert a nagyobb hőmérsékletű mézek viszkozitása kisebb, ami megtévesztő lehet a vizsgáló számára, a hűtött mézben viszont a buborék mozgása lelassul. Ha a méz színe és állaga, vagy zamata és illata eltér a szokásostól, akkor **a mézet melasszal, glicerinnel, mesterséges aromákkal stb. hamisították**. Az invertcukorral hamisított mézet felismerhetjük, ha egy kávéskanálnyit tiszta szeszből feloldunk: amennyiben teljesen oldódik, akkor valódi mézről van szó, ha az oldat opálos lesz, majd üledék keletkezik, akkor a mézet hamisították.

A Codex Alimentarius definíciója szerint **a méz semmilyen idegen élelmi anyagot nem tartalmazhat**, csak amit a méhek maguk állítanak elő, és **a mézből semmilyen komponens sem lehet eltávolítani**. Nem tartalmazhat semmiféle olyan kifogásolható anyagot, mint amilyenek a növényekről származó vegyszerek, vagy amelyek a kezelés és tárolás közben kerülhetnek bele. A méz nem indulhat erjedésnek, **nem lehet belőle a polleneket és a mézre jellemző egyéb**

anyagokat eltávolítani, nem szabad hőkezelní, és semmi olyan technológiát nem lehet alkalmazni, ami megváltoztatja a méz tulajdonságait.

A méz édes ízű anyagokkal való hamisítása a legszélesebb körben alkalmazott eljárások egyike. Mivel a méz ára viszonylag magas, ezért régóta hamisítják, melynek következtében a hamisító jelentős gazdasági haszonra tehet szert. **Az édes anyagokat közvetlenül hozzá lehet keverni a mézhez, vagy a nektár hordás idején tudják a méhek táplálékát az édes anyagokkal kiegészíteni.** A leggyakrabban alkalmazott ilyen anyagok a cukorszirup és a melasz, melyben a cukrot savas vagy enzimátikus módszerekkel invertálták, és az előállítás alapja a kukorica, a cukornád, a cukorrépa vagy a juharszörp. Sok módszert kidolgoztak a mézhamisítás leleplezésére, azonban még mindig nincs olyan módszer, amely ezt a feladatot tökéletesen meg tudná oldani.

A hamisítás kimutatására alkalmazták a mikroszkópos analíziseket, a $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ izotóp arány mérését, a magmágneses rezonanciát, a kromatográfiás eljárásokat a cukrok kimutatására, a kapilláris gázkromatográfiát a mézben elő nem forduló oligoszacharidok kimutatására, jelenleg pedig különféle spektroszkópiás módszerekkel próbálják a nádcukrot kimutatni, ami meglehetősen nehéz a méz változatos természetes előfordulása miatt. Amikor a méheket etették ilyen hamisításra alkalmas anyagokkal, az infravörös spektroszkópia és a fluorometria alkalmatlan volt a hamisítás kimutatására.

Mivel a méhek magas víztartalommal gyűjtik be a nektárt, illetve ha a mézhez mesterségesen vizet kevernek, **lehetőség van arra, hogy a méz erjedni kezdjen.** Az erjedést először a gombák mikroszkópos elemzésével ellenőrizték, ez a teszt azonban nem hozott megfelelő eredményt, ugyanis a gombák egy része inaktív a mézben, a fermentációhoz nem járul hozzá. Az erjedés termékeinek mérésével, mint amilyen pl. a glicerín és az alkohol, azonban jelentős eredményeket értek el.

A kikristályosodott mézet nem szabad a felolvasztás érdekében jelentős hőkezelésnek kitenni, mert **a hőkezelés során az illékony komponensek egy része elpárolog**, megjelenik a nem kívánatos hidroximetil-furfurol (HMF), és a hő hatására megszűnik az invertáz és a diasztáz aktivitás is. **A hőkárosodás kimutatására mind a HMF koncentráció mérése, mind az enzimaktivitás csökkenésének elemzése alkalmas** lehet, bár a méz nem megfelelő tárolása is okozhatja az enzimaktivitás csökkenését és a HMF tartalom növekedését.

A méz szűrése is a hamisítás lehetőségét rejti magában. A mézet nem lenne szabad 0,2 mm-nél kisebb lyukbőségű szitával szűrni, mert az a **polleneket is eltávolítja belőle**, és mivel a pollenek nagyon fontos információt adnak a botanikai és a földrajzi eredetről, a **pollenek eltávolítása**

lehetőséget ad a hamisításra, illetve a földrajzi eredet is meghatározhatatlanná válik. Az ilyen méret csak "Szűrt" megnevezéssel lehet forgalomba hozni.

Az organikus mézet olyan körülmények között állítják elő, mely megfelel a hagyományos kaptáros méhtartásnak, és a méhek környezete is megfelel a természetesnek. Az organikus méz nem tartalmaz semmi olyan gyógyszermaradványt, amellyel az állatokat kezelik. Amennyiben mégis tartalmazna ilyen szereket, az organikus jelölést nem szabad alkalmazni. A természetes méz megnevezést nem lenne szabad alkalmazni, mert a megnevezés félrevezető. A nyers vagy nem hőkezelt méz elnevezés is félreérthető, mivel a nektár gyűjtése és a méz előállítása során nincs semmiféle hőkezelési lépés. Az előírások nem engedik meg a méz túlzott hőkezelését, **a kéméletes pasztörözés azonban semmiféle lényeges elváltozást nem okoz a méz összetételében**. A pasztörözést a méz esetében nem kell külön jelölni, azonban **az organikus méz pasztörözése nem megengedett**.

A méheket tilos nem regisztrált gyógyszerekkel kezelni, tehát ha ilyen anyagot fedeznek fel egy mintában, akkor azt nem lehet kereskedelmi forgalomba hozni. Ugyanilyen elbírálás alá esik az is, ha a méz antibiotikumokat tartalmaz.

A pollen analízis a legelterjedtebb eljárás a méz fajtájának és eredetének meghatározására.

Mivel a méhek a nektárgyűjtés során több virágot is felkeresnek, teljes mértékben egy növénytől származó méz nem létezik. A különböző növényektől származó mézek különböző érzékszervi és fizikai-kémiai tulajdonságokkal rendelkeznek. A pollenanalízis a klasszikus módszer a botanikai eredet meghatározására, bár a pollentartalomban mutatkozó nagy variációk miatt figyelembe kell venni a méz érzékszervi és fizikai-kémiai tulajdonságait is. A másik módszer szerint a méz eredetét a cukortartalom, az elektromos vezetőképesség, az optikai aktivitás és pl. a nitrogéntartalom alapján határozzák meg. Ezen utóbbi módszerek kombinációjával el lehet dönteni, hogy a méz milyen növényfajtól származik, bár az így kapott eredmények nem lehetnek perdöntőek. **Újabban az aromakomponenseket is bevonták az analízisbe**, mellyel jelentős eredményeket értek el a mézek azonosítása területén. A fluorometriát és az infravörös spektroszkópiát is alkalmazzák a méz legfontosabb paramétereinek meghatározására.

A méz földrajzi eredetének meghatározása is nehéz feladat. A gazdaságilag fejlett országok sok olcsó mézet importálnak Távol Keletről vagy Dél Afrikából, melyek lényegesen olcsóbbak, mint a helyi mézek, ami gazdasági okokból felveti az eredet meghamisításának lehetőségét. **A pollen analízis alkalmasnak tűnik a földrajzi eredet meghatározására**, mivel jelentős különbségek vannak a különböző földrajzi környezetből származó mézek pollenösszetételében. Azonban ha egymáshoz közeli helyekről kell döntést hozni, akkor a pollenanalízisnél érzékenyebb módszerre

van szükség. Újabban **a stabil izotópok tömegspektrometriás analízise mutatkozik ígéretes módszernek**, ahol nem a növényi eredetet, hanem az esővíz összetételében fennálló különbségeket analizálják, és ennek alapján hoznak döntéseket a földrajzi környezetről.

A mézhamisítás kimutatására alkalmas módszerek rövid ismertetése után két, a nemzetközi gyakorlatban alkalmazott módszer részletesebb ismertetése következik.

A méz hamisításának kimutatása a fehérje és a cukorkomponensek $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ stabil izotópjainak segítségével elemanalízis, folyadék kromatográfia és izotóp arány tömegspektrometria kapcsolt technikák alkalmazásával

Hazai viszonyaink között a méhek a mézet olyan növényekről gyűjtik, amelyek **fotoszintézise a Calvin ciklus szerint történik**, azaz a szén-dioxid akceptor egy öt szénatomos molekula, a ribulóz-1,5-difoszfát, ami CO_2 felvétellel hat szénatomos átmeneti terméket képez, ami két három szénatomos vegyületre, 3-foszfoglicerátra hasad, mely a glükózlebontás intermediere. Ezeknél a növényeknél a szénizotóp arány viszonylag szűk intervallumban változik, ezért **ha a mézbe a kukoricából előállított izoszörpöt kevernek, amelynek szénizotóp aránya jelentősen eltér a mézétől, a hamisítás kimutatható.**

A kukoricánál és a cukornádnál ugyanis a Calvin ciklustól eltérő módon nem három szénatomos, hanem négy szénatomos vegyületekben, szerves savakban kötődik meg a szén-dioxid, majd a kloroplasztiszokban a széndioxid felszabadul, és újra fixálódik a Rubisco (ribulóz-1,5-biszfoszfát-karboxiláz-oxigenáz) enzim segítségével. A lassabban reagáló és nagyobb molekulatömegű $^{13}\text{CO}_2$ **nagyobb mennyiségben kötődik meg a C3, mint a C4 növényeknél, ami a meghatározás alapja.** Ezért lehetséges kimutatni a mézben a hozzáadott, C4-es növénytől származó izoszörpöt, mert a $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ arány sokkal kisebb, mint a C3 növényeknél. **(A referencia méz $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ aránya 25,4‰, míg ez az arány az izoszörpben csak 9,7‰.)**

A bennünket körülvevő levegőben a szén-dioxid $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ aránya 7-9 ‰ között változik, addig a C4-es növényeknél 8-16‰, a C3-as növényeknél pedig 22-32‰ között alakul átlagosan. A kukoricánál ez az arány 8-13, a kukorica hidrolizátumnál 9,5-12,5, a magas fruktóztartalmú kukorica szirupnál 9,5-9,8, nádcukornál pedig 1,3-12,2% között változik. Ezek az arányok a C3-as búzánál 23,5-26,5, a répacukornál 24,3-26,4, a rizsből készült szirupnál 26,1-27,4, a magas fruktóztartalmú szirupnál 25,4-25,9‰ között van, a méhek etetésére használt szirupnál pedig 24,2‰.

Az eredeti méznél a szénizotóp arány a mézben lévő fehérjében és monoszacharidokban azonos, ha azonban ez jelentősen eltér egymástól, akkor a mézet kukoricából vagy cukornádból készült sziruppal hamisították. A módszer alkalmazását tehát az a felismerés tette

lehetővé, hogy **a hamisítatlan mézben a cukorban is és a fehérjében is ugyanaz az izotópok aránya, míg ha izoszörpöt kevernek hozzá, akkor ez az arány megváltozik.**

A meghatározás során első lépésként a fehérjét valamilyen ioncserés eljárással a mézből kivonjuk, majd elégetjük, és tömegspektrométerrel meghatározzuk az így kapott szén-dioxid szénizotóp arányait. Ugyanezeket a lépéseket elvégezzük a teljes méz esetében is, majd **a teljes mézre kapott szénizotóp arányt hasonlítjuk a fehérje szénizotóp arányához**, és amennyiben ez az arány különbség a 0.8 ezreléket meghaladja, akkor a mézet hamisítottnak kell tekinteni, és az arányból, regressziós egyenletek alkalmazásával, a hamisítás mértéke is meghatározható.

A méz hamisításának kimutatása nagyhatékonyságú folyadékkromatográfiával

Ahogy az korábban említésre került, a mézet legtöbbször nagy fruktóztartalmú kukorica sziruppal hamisítják. A kukorica szirupot a megfelelő előkészítés után α -amilázzal hidrolizálják 10-15 glükózból álló dextrinekké, majd glükoamilázzal 94-96%-ban átalakítják glükózzá. A glükóz egy részét glükóz-izomerázzal 47-48%-ban fruktózzá alakítják át, majd ioncserés eljárással magas fruktóztartalmú szirupot (90%-os) tudnak előállítani. **Az enzimreakciók paramétereinek megfelelő megválasztásával 42 és 90% között bármilyen koncentrációban tudnak fruktóz tartalmú szirupot képezni.**

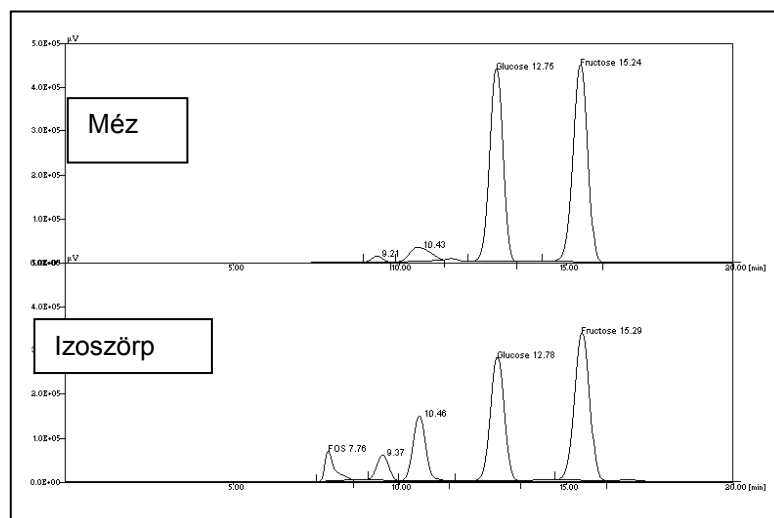
Mivel a méz és az izoszörp (kukorica szirup) szárazanyag tartalma nagyon hasonló, és az izoszörp lényegesen olcsóbb, mint a méz, adódik a lehetőség a méz hamisítására. **Mivel az izoszörp cukorösszetétele nagyon hasonlít a mézéhez, azért a hamisítás tényét a hagyományos analitikai módszerekkel nehéz bizonyítani.** A stabil szénizotópos módszer mellett az oligoszacharidok meghatározása mutatkozik hatékonynak a mézhamisítás kimutatására. Az oligoszacharidok meghatározására alkalmazzák a vékonyréteg kromatográfiát, újabban pedig a folyadékkromatográfiás és a gázkromatográfiás módszerek kezdenek elterjedni a gyakorlatban.

A meghatározások alapja az, hogy **a végtermékben az eredeti keményítő egy százaléká oligoszacharid formában marad vissza**, ami alapján a hamisítás bizonyítható, hisz **nagyobb tagszámú oligoszacharidok a mézben nem fordulnak elő.** Ilyen anyagok jelenléte (**újlenyomat oligoszacharidok**) egyértelmű bizonyítékai a hamisításnak.

A HPLC alkalmas az ilyen oligoszacharidok kimutatására és meghatározására. (A következőkben a Herpai és mtsai által kidolgozott módszer ismertetésére kerül sor.) A mézmintából mintegy egy grammnyi mennyiséget oldottak fel kromatográfiás tisztaságú vízben, majd a megfelelő előkészítés és szűrés után ezt a vizes oldatot használták analízisre. Az analízisek előtt 5 pontból álló kalibrációs görbét vettek fel, mely az 1-100 mg/ml-es koncentráció tartományt fogta át. Az analízis

során egy Supelcogel 30 cm hosszú és 7,78 mm belső átmérőjű oszlopot használtak, melyet egy 5 cm-es, 4 mm belső átmérőjű Supelguard oszloppal védtek. Az oszlophőmérséklet 70 °C, az eluens ultra tiszta víz, az áramlási sebesség pedig 0,5 ml/perc volt. A kromatogram az eredeti, hamisítatlan méz és az izoszörp összetételét mutatja.

A tiszta méz és az izoszörp kromatogramja



A 7,76 percnél eluáló csúcs kivételével mindkét kromatogramon ugyanazok a csúcsok láthatók, ez viszont csak az izoszörpben található meg. A csúcs alakja jelzi, hogy nemcsak egy molekula eluálódott ebben az időben, hanem **ez a csúcs magasabb tagszámú, hasonló összetételű oligoszacharidok összessége lehet**, melyek az adott kromatográfiai körülmények között a monoszacharidok előtt eluálnak. Az izoszörpnél a második és a harmadik csúcs valószínű diszacharidok lehetnek, míg mindkét kromatogramon **az utolsó csúcs a fruktóznak, az utolsó előtti pedig a glükóznak felel meg.**

A glükóz és a fruktóz elválása kiváló, és tökéletes az elválás a többi komponenstől is. Mivel az első csúcs a kromatogrammon csak az izoszörpben fordul elő, levonható az a következtetés, hogy az izoszörppel való hamisítás feltárására a leírt nagyhatékonyságú folyadékkromatográfiai módszer nagy biztonsággal alkalmazható, és 1% izoszörp mézhez keverése kimutatható.

2.8. A bor és annak hamisítása

2.8.1. A szőlő, a must és a bor kémiai összetétele

Ahhoz, hogy a borhamisítást fel lehessen deríteni, meg kell ismerni azokat a folyamatokat, melynek során a szőlőből must, a mustból pedig bor keletkezik. **A bor összetételének ismeretében lehet csak olyan módszereket kidolgozni, melyekkel a hamis vagy hamisított borokat ki lehet szűrni,** és a hamisítás tényét bizonyítani lehet. A borászati kémia tárgya a szőlő, a must, mint alapanyag, a bor, mint végtermék összetételének meghatározása, és azon bonyolult folyamatok tisztázása, melynek során a gyümölcsleiből bor keletkezik.

2.8.1.1. A szőlő érésének biokémiája

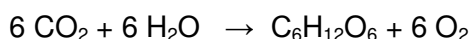
A szőlőbogyó növekedése, érése és túlérése

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 klorofill-tartalmú, 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 klorofill-tartalmát, 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.

A szőlő érése során lejátszódó kémiai-biokémiai folyamatok

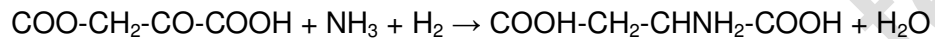
Fotoszintézis, anyagvándorlások

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

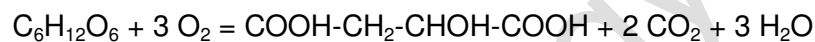


A szén asszimilációja erősen endoterm, sok energiát igényel, mely a klorofill által elnyelt fényenergia függvénye. A fotoszintézis során először a víz fotolízise következik be, ami lehetővé teszi a napsugárzás fényenergiájának tartalékolását redukáló hidrogén formájában. Az enzimek működésének hőmérséklet függése 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 az 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. almasav keletkezik a glükóz oxidációjával:



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.

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 tőke különböző részeiben raktározott cukroknak a zsendüléskor hirtelen a bogyóba való beáramlásából ered. A zsendülés idején a fruktóz-tartalom növekszik, a glükóz/fruktóz arány (G/F) viszont gyorsan csökken, és a zsendülés vége felé közeledik az egyhez.

A szerves savak változása a szőlőbogyóban

A szőlőbogyó savtartalmát főként három szerves sav alkotja: a borkősav, az almasav és a citromsav. Igen kis mennyiségben oxálsav, glikolsav, glioxisav és borostyánkősav is előfordul

benne. Egyes évjáratokban különböző mennyiségű borkősav és almasav képződik, melyek aránya is különböző. A bogyó növekedésekor, a zsendülés idején az almasav van túlsúlyban, a borkősav:almasav arány egynél kisebb. Az érés folyamán az arányszám növekszik, érett állapotban mindig nagyobb egynél.

A borkősav változása

A borkősavtartalom 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 borkősavnak kb. 85%-a, végén mintegy 60%-a van szabad állapotban. A borkősav 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 gūlonsavvá alakul, ezt követi az 5-keto-gūlonsavvá alakulás, ami az enol-formán keresztül átalakul 4-keto-gūlonsavvá. A mindkét folyamat során keletkezett 4-keto-gūlonsavból közvetlenül, vagy a glikolaldehid, glikolsav, glioxilsav folyamat során keletkezik a borkősav.

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 enyhe 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.

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.

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:

Ammóniumkation (NH_4^+) \rightarrow aminosavak ($\text{R-CHNH}_2\text{-COOH}$) \rightarrow polipeptidek, peptonok \rightarrow proteinek (fehérjék) \rightarrow proteidek (összetett fehérjék).

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.

Az érettség meghatározása

Mint érettségi indexet (É.I.) a cukor:sav-arányt használják fel az érettségi állapot meghatározására. 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/dm^3 -ben adják meg.

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.

A szőlőfürt szerkezete és összetétele

A szőlőfürt a kocsányból és a szőlőbogyóból áll. A kocsány cukrokban szegény, szabadsav-tartalma 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.

A szőlőhéj összetétele

A héj legjellemzőbb anyagai a **sárga és vörös pigmentek, az elsődleges aromaanyagok.** A zöldszőlőben a pigmentekből (klorofill, xantofill, karotinoidok) az érés ideje alatt csak kevés marad meg. A sárga pigmentek (flavonok) és a vörösek (antocianidok) a zsendüléskor kezdenek megjelenni, **maximumukat a teljes érettség idején érik el.** A flavonok a héjban és a bogyóhúsban is megtalálhatók, **az antocianidok csak a héjban vannak.** A legfontosabb flavon alkotórész a kvercitrin, a kvercetinnek egy glükózidja. A szőlő héjában kisebb mennyiségben más flavonszármazékok is vannak.

A szőlőmag összetétele

A szőlőmagok tömege a bogyóéna 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. Az előző anyagok a borkészítés folyamán részben beoldódnak a borba.

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.

2.8.1.2. A must kémiai összetétele

A szőlő sajtolásakor nyert **édes, zavaros folyadék** a must. A fehér szőlőfajták mustjának színe zöldsárgától 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 sajtolt must, 10%-a utósajtolású must. A must jellemzésére felhasználható a pH-érték, a hamutartalom, a hamuoldhatóság (hamualkalitás), az extrakttartalom és a redoxpotenciál.

A must alkotórészei

A must alkotórészei a szénhidrátok (monoszacharidok, diszacharidok, keményítő, pentozók, cellulóz, pentozánok, glikogén, pektinanyagok, gumik), a szerves savak (borkősav, almasav, citromsav, egyéb szerves savak), az ásványi alkotórészek, a nitrogéntartalmú anyagok, a polifenolok, a színezékek (zöld és sárga színezékek, vörös színezékek), viaszok, olajok, zsírok, enzimek, vitaminok, aromaanyagok és egyéb alkotórészek.

Szénhidrátok

A **szénhidrátok** túlnyomó részét a redukáló cukrok, 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, évjárattól, 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 levéltől 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.

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 enzimhatására lebomlik, a *pektin-metilészteráz* az észter kötéseket, a *poligalakturonáz* pedig a glükozidos kötéseket bontja.

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. 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, a galakturonsav. Csekély mennyiségben előfordul még benne az oxálsav, a fumársav, a 2-hidroxi-glutársav, a malonsav és a nyálkasav (a galakturonsav oxidációs terméke).

Ásványi alkotórészek

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.

Nitrogéntartalmú anyagok

Az összes nitrogéntartalom 0,2 és 2,0 g/dm³ között ingadozik, ami a must cukormentes extrakjának 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. Kisebb-nagyobb mennyiségben még 10 aminosav található a mustban. A polipeptidek közül a peptonok és albumózok (propeptonok) a fehérjebontás nagy molekula tömegű termékei. A szervetlen-nitrogén-tartalom a talaj nitrátjaiból kerül a bogyóba, ott nem tud felhalmozódni, a szervesnitrogén-tartalmú anyagok szintéziséhez használandó fel; **a fehérjeszintézis a bogyóban zajlik, ami a zsendüléskor indul meg.** A nitrogéntartalom elsősorban a héjban és a magokban koncentrálódik. Az érés végére leáll a fehérjeszintézis, megtörténik a meglévő nitrogén újraelosztása, melynek során a magok nitrogéntartalma csökken, a bogyóhúsé 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 években az oldható szőlőfehérje mennyisége erősen megnő, kevesebb egyéb nitrogéntartalmú anyag képződik, száraz és meleg években 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 nitrogén-asszimilációjának, és prekursorai a magasabbrendű alkoholoknak.

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 szétzúzása során kerülhet. A must zsírtartalma nagyon alacsony (0,01 g/dm³), de a zsír az elhalt élesztőkből is a borba kerülhet.

Polifenolok, színyanyagok

A must és a bor egyik legérzékenyebb vegyületcsoportja, mert oxidációs hajlamuk miatt barnulással járó és más különböző kiválások okozói lehetnek, de a vörösboroknál 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, hidroxi-fahéjsav és származékai), **egyéb nem flavonoid fenolok** (pl. rezveratrol), **flavonoid-fenolok** (katechinek, 3-flavanol), **leukoantocianinok** (3,4-flavandiolok), **antocianinok** (flavonok és flavonolok) és tanninok.

A **nem flavonoid-fenolok** egyszerű fenolok, a bogyóhúsban található éster típusú vegyületek formájában. A szőlő és a bor hat benzoésav- és három fahéjsav származékot tartalmaz. **Benzoésav-származékok** a p-hidroxi-benzoésav, a protokatechusav, a vanillinsav, a veratrumsav, a szalicilsav és a gencizinsav, **fahéjsav-származékok** a p-kumársav, a kávésav és a ferulasav. A benzoésav-származékok az antocianinok lebomlásának termékei. A fahéjsav származékok 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 legfontosabb** (a stilbének családjában tartozó fenolos vegyület), melynek alapváza az α,β -difenil-etilén, és amely a szőlőbogyóban, elsősorban a héjszerkezetben, halmozódik fel. A borok rezveratrol-tartalma főként az alkalmazott szőlőfeldolgozási technológia függvénye. Átlagos koncentrációja $2,24 \text{ mg/dm}^3$, szélső értékek $0,44\text{--}4,71 \text{ mg/dm}^3$. A **rezveratrol** egyrészt fontos szerepet tölt be a szőlő patogén kórokozókkal szembeni védekező mechanizmusban, másrészt **szív- és érrendszeri betegségek elleni védőhatást fejt ki**. A rezveratrol gyógyhatása a vér HDL-koleszterin-szintjének 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 flavonoid koncentrációtól függ. Legfontosabbak a katechin, a leukoantocianin és az antocianin monomerek, melyek rendszerint glükozidjaik alakjában fordulnak elő. A flavonoidok könnyen oxidálhatók, jó fémmegkötő képességgel rendelkeznek, könnyen reagálnak fehérjékkel és egyéb polimerekkel. **Redukálóképességük az alapváz telítettségére, a különböző helyzetű és számú hidroxilcsoportok oxidációs-redukációs 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 áteresztő-képességének 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 sztereoizomerje a (-)-epikatechin fordul elő. A bor P-vitamin-aktivitása a katechin koncentráció 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 színtelen vegyületek, a flavandiol-3,4 alapváz hidroxilezett származékai. Ide tartoznak a leukoantocianidin, a leukodelfinidin, 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 színtelen leukoantocianinok dehidrogénezés révén flavon-származékokká 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 találhatóak, 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 pentagalloil-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 fehérjéket, ezért gátolják az enzimek működését.**

A procianidinek a tannin-típusú polifenolok 2–6 egységből álló oligomerjei. A szőlő fenolos vegyületei közül a procianidinek prekursorjai, 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 védő hatással 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 dihidroxibenzoésavak (protokatechusav, vanilinsav), a trihidroxibenzoésavak

(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, delphinidin, peonidin, petunidin, pelargonidin).

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.

Színanyagok

A színanyagok közé tartoznak az antocianinok, melyek **a kékszőlők és a vörösborok színét dominánsan meghatározzák**. A flavonoidok a héjban és a bogyóhúsban találhatóak, az antocianinok pedig a héjban, az epidermisz alatti 3–4 sejtsorban helyezkednek el. Az erjedés során az antocianinok kémiaiilag változatlanul kerülnek át a mustba, majd a borba. Az antocianinok a 2-fenil-benzo-pirillium-glikozid származékai, ahol az aglükon részt antocianidineknek nevezzük. A flavilium-váz savas közegben ionos szerkezetű, ezért az antocianinok vízben oldódnak, az antocianidinek (aglükonok) 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 aglükonra bomlanak. A természetben megtalálható antocianinok a delphinidin, 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 érlelés 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 színtelen, 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 klorofill-tartalom 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 izoprén-egységekből 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.

Aromaanyagok

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 aldehydekből és alkoholokból, kapronsavból, benzilalkoholból, valamint α -butirolaktonból 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-butil-3-metoxipirazin, a scheurebe-re pedig a 2-izobutil-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 aromaveszteséget 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 aromaveszteséget 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, 10–20 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$ 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.

Vitaminok és enzimek a szőlőben, a mustban és a borban

A szőlőben a karotin mutatható ki, amely a szőlő egyik sárga festékanyaga. A szőlőlé és a must C-vitamint csak nyomokban vagy egyáltalán nem tartalmaz. Egyéb **vízoldható vitaminokban a szőlő és a must meglehetősen gazdag**, tartalmazza a B-vitaminok számos tagját, H- és PP-vitamint, pantoténsavat, folsavat, mezo-inozidot, 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 160–450 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$, B₂ Riboflavin 3–60 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$, B₆ Piridoxin 0,16–0,50 mg/dm^3 , B₁₂ Kobalamin 0 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$, H Biotin 1,5–4,2 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$, PP Nikotinsav-amid 0,86–2,60 mg/dm^3 , Pantoténsav 0,5–1,4 mg/dm^3 , Mezo-inozid 380–710 mg/dm^3 , P-amino-benzoésav 15–92 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$, Folsav (pteroil-glutaminsav) 0,9–1,8 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$, Kolin 19–39 mg/dm^3 .

A szőlő és a must enzimelei

A szőlő, illetve a must fontos enzimelei 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 aminok és az aminosavak oxidációjáért, melyek koncentrációja a kékszőlőkben nagyobb. A szacharáz főleg a levélben található, és az érés kezdetén még a bogyóban is van szacharáz-aktivitás. Az invertáz aktivitása az érés során csökken. A cukoranyagcserében résztvesznek 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; szerepe 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 függ, 2,80 és 3,70 között váltakozik. A must pH-értéke már jelentős mértékben meghatározza a belőle erjesztett bor pH-értékét.

Ásványi anyagok

A must és a bor hamuja az extrakt elhamvasztása után visszamaradó anyag 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 ásványianyag-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 (Fe₂O₃) és nyomokban bór (BO₃). 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 borból a szerves 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.

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. Cukor- és savmentes extraktot akkor kapjuk

meg, ha a cukormentes extrakból 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.

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. **Minél 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 határpotenciálig (100–150 mV) csökken.

Az rH-értékkel megadott hidrogéngáz-koncentráció az oxidáló–redukáló nivó kifejezése. A 27,6-nál alacsonyabb rH-érték redukálóoldatokat, magasabb értékek oxidáló oldatokat jelentenek. Az rH-skála 0 értéke a legredukálóbb közegnek, a 42 érték pedig a legoxidáltabb közegnek felel meg. A mustok és borok oxidációs–redukációs nivója összehasonlítására az rH-érték alkalmasabb. Levegőztött 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.

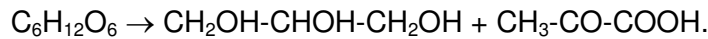
2.8.1.3. Az erjedés biokémiája

Borélesztők enzimrendszere soklépcsős biokémiai folyamatok során alakítja át a monoszacharidokat (glükóz és fruktóz) alkohollá. Az alkoholos erjedés során a mustban található erjeszhető 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.

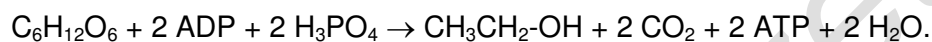


A glikolízis során képződött piroszőlőssav dekarboxileződik acetaldehiddé, majd alkohollá redukálódik. A cukormolekula egy része az ún. glicerín-piroszőlőssavas erjedésen megy át.



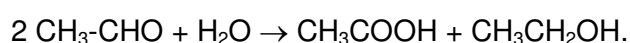
cukor glicerín piroszőlőssav

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 glicerin-aldehid-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.

Másodlagos (szekunder) termékek közé tartozik a tejsav, mely ha eléri a 400 mg/dm³-es erjedési tejsav-koncentrációt, akkor a piroszőlőssav 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-piroszőlőssavas 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 glicerin-aldehid-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 ecetsav-csökkenést 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/dm^3 , mely számos másodlagos termék keletkezésének kiindulópontja. A piroszőlősav prekürzora az acetil-CoA-nak, az acetoinnak és a diacetilnek, melyek két molekula piroszőlősav kondenzációjakor keletkeznek. A diacetil (2,3-butándiol) az acetoin oxidációjával keletkezik $0,5\text{--}2,5 \text{ mg/dm}^3$ -es koncentrációban, de az erjedés anaerob fázisában is keletkezhet az acetoin redukciójával. Maximális koncentrációja borokban 1 g/dm^3 . **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 $1,5 \text{ g/dm}^3$. A piroszőlősavból citramálsav (metil-almasav) is képződhet, mely az alkoholos erjedés során képződik az ecetsav és a piroszőlősav kondenzációjával. A borokban $0\text{--}300 \text{ mg/dm}^3$ -es koncentrációban fordul elő.

A nitrogén-tartalmú összetevők az alkoholos erjedés során lebomlanak. A must nitrogén-tartalmú 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 erjeszhető 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 prekürzor-ketosavait szintetizálja: α -ketovajsav (4C), α -ketoizovaleriánsav (5C), α -ketokapronsav (6C), α -keto- β -metil-valeriánsav (6C).

Az alkoholos erjedés során a mustban található szulfátok redukciójával kénszulfid (H_2S ; $10\text{--}100 \text{ }\mu\text{g/dm}^3$) és szulfid-ionok (SO_3^{2-}) képződnek, és $10\text{--}80 \text{ }\mu\text{g/dm}^3 \text{ SO}_2$ is keletkezhet.

2.8.1.4. A bor kémiai összetétele

A bor különböző szervetlen és szerves anyagok, vegyületek valódi és kolloid, alkoholos–vízes 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 bornak nem állandó, változatlan, hanem mindig változó, fejlődő vagy visszafejlődő tulajdonsága.** A bort az alábbi főbb komponensek alkotják: víz, alkoholok, cukrok, szerves savak, fenolos vegyületek, nitrogéntartalmú anyagok, pektinek és poliszacharidok, aromaanyagok, ásványi anyagok és vitaminok.

Alkoholok

A borok **metil-alkohol**-tartalma 20–350 mg/dm³, 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. 8–10 g metil-alkohol elfogyasztása súlyos látási zavarokat idézhet elő, 30–40 g pedig már halálos lehet, ezért kívánatos, hogy a borok metil-alkohol-tartalma minél kisebb legyen. Magyarországi vizsgálatok alapján a borok metil-alkohol-tartalma 21–293 mg/dm³, melyek megoszlása következő: fehér borokban 21–117, siller- és vörösborokban 40–160, direkttermő borokban 40–293 mg/dm³ metil-alkohol található.

Az **etil-alkohol** egyértékű alkohol; forráspontja 78,3 °C; sűrűsége 20 °C-on 0,7892 g/cm³. 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 kiemelkedő 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: CH₃-CH₂-CH₂-OH, forráspontja 97,2 °C, mely kellemes szagú folyadék, az izopropil-alkohol: CH₃-CH(OH)-CH₃, forráspontja 82 °C, az izobutil-alkohol: (CH₃)₂=CH-CH₂OH, forráspontja 107 °C, jellemző illatú folyadék, az aktív amil-alkohol: C₂H₅-CH(CH₃)-CH₂OH, forráspontja 128 °C, optikailag aktív, balra forgató, az izoamil-alkohol: (CH₃)₂=CH-CH₂-CH₂OH, 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-, az izopropil-alkohol-tartalom néhány mg/dm^3 , az izobutil-alkohol-tartalom 50–250 mg/dm^3 , az amil-alkohol-tartalom 100–300 mg/dm^3 között változik

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

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/dm^3 -t, melyből a száraz bor legfeljebb néhány g/dm^3 -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-borkősav 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 borkősavtartalomtól, melynek maximális értékét a must borkősavtartalma szabja meg. Az erjedéskor a kálium-bitartarát (borkő) kicsapódása folytán mennyisége csökken, ugyanis a keletkező alkohol miatt csökken az oldhatósága. A borkősav mennyisége 1 és 5 g között változhat literenként.

A borostyánkősav mennyisége 0,5 és 1,5 g/dm^3 mennyiségben váltakozik az erjedés körülményei szerint. Az L-almasav szerepet játszik a szőlő érettségi állapotának meghatározásában, mert a fiatal borok zöld íze, nyersessége az almasavaknak tulajdonítható. Koncentrációja a zöld szőlőtől

az érett borig az érési, alkoholos folyamatokon keresztül állandóan csökken. A borok almasavtartalma 0–8 g/dm³. A citromsav a szőlő és a bor természetes alkotórésze, a Fe³⁺-iont megköti, így meggátolja a vasas töréseket. A tejsav az alkoholos erjedés alatt 1 g/dm³-nyi mennyiségben képződik cukorból, de az erjedés lefolyásától függően koncentrációja elérheti az 5 g/dm³-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 kiejedt. 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/dm³-ig mindig kimutatható a borban; propionsavat az egészséges borok csak nyomokban tartalmaznak; vajsav pedig 10–20 mg/dm³ mennyiségben fordul elő 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/dm³ glükonsavat tartalmaznak. A glükuronsavat a nemesrothadáson vagy rothadáson átment szőlőkben mutatták ki. A borban 0,40 – 1,25 mg/dm³ 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 tisztulásakor, tisztításakor a színyanyag egy része adszorbeálódik. Az oxidációs lebomlás során a Cu²⁺ és Fe³⁺-ionok katalizálta folyamatokban keletkező peroxidok alkalmasak a szőlő és a bor antocianinjainak oxidatív lebontására. A kondenzációs mechanizmus valószínűleg kopolimerizáció, de valamely tanninmolekula kapcsolódó közbelépésével lejátszódhat 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 érlelése során is, így féléves tárolás alatt az antocianin-koncentráció átlagosan 25%-kal csökken.

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 színyanyag-komponensek 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 abszorbancia

értékek jól jellemzik a vörösborok színerősségét, színárnyalatát (színtónusát), ugyanis 420 nm-en a barna színű polifenolvegyületeket, 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-koncentráció változás 1,00 egység színindex-változást 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-koncentráció csökkenése az érlelés folyamán nem tekinthető színanyag-vesztésnek, 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.

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 50–1800 mg/dm³, ez 0,3–11,3 g/dm³ nitrogénvegyületnek felel meg, ami a bor extrakttartalmának 20–30%-át is kiteheti. A bor nitrogénvegyületei az ammóniumkation (NH₄⁺), 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. A amidok közül a borban az aszparagin és a glutamin fordul elő, melyek koncentrációja az összes nitrogéntartalom 1–2%-a, néhány mg/dm³. 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 alatt.

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 tirozin, a triptamin, a kadaverin, a fenil-etil-amin, a putreszcin és ritkábban a szerotonin fordul elő. A vörösborokban általában magasabb a hisztamin, illetve a tiramin koncentrációja. A magyar borok hisztamin koncentrációja 0,17–2,50 mg/dm³ közötti. A kadaverin a fehér borokban 0–0,30, a vörös borokban 0–0,90 mg/dm³ koncentrációban fordul elő. Ezek az értékek az etil aminra 0–0,40 és 0–0,80, a hisztaminra 0,17–1,25 és 0,59–2,20, a metil-aminra 0,21–1,30 és 0,30–0,87, a β -fenil-etil-aminra 0 és 0–0,78, a putreszcinre 0,31–1,78 és 0,45–5,49, a szerotoninra 0–0,75 és 0–1,07, a tiraminra 0,01–1,10 és 0,30–0,95, a triptamin pedig se a fehér, se a vörös borokban 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 fehérjenitrogéntartalom a magyar borokban 7–120 mg/dm³, amely 44–750 mg/dm³ fehérjét jelent. A mustok és borok tartalmaznak oldható szőlőfehérjét, mely a bor természetes ászkolása alatt lassan denaturálódik, kiválik, zavarosodást, majd csapadékot okozhat.

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 találhatóak, és amelyek mennyisége az ászkolás alatt csökken. A nyálkaanyagok és a mézgák közül jelentősebbek a glükozánok, a glükozanhidrid egységek, és a dextrán, melyek néhány tized g/dm³ koncentrációban találhatóak a borban.

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

A borokban mintegy 160 speciális észtert azonosítottak, amelyek csak alacsony (mg/dm^3 , $\mu\text{g/dm}^3$) koncentrációban vannak jelen. Gyümölcsillatra 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/dm^3 nagyságrendben fordulnak elő. Az erjedés végén a gyümölcsészterek hidrolizálnak alkohorra és ecetsavra, mely az aromajellel csökkenésével, laposodásával jár. Az alacsony erjedési hőmérséklet elősegíti a gyümölcsészterek (izoamil-, izobutil- és hexil-acetát) képződését, a magasabb hőmérsékletek a hidrolízisnek kedveznek. Az etil-acetát mennyisége egészséges borokban általában 50 és 100 mg/dm^3 között van. Alacsony (50 mg/dm^3) vagy ez alatti koncentrációban kellemes, 150 mg/dm^3 felett már savanyú, ecet jellegű, 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 gyümölcs-ízesítésű borok illatában. Az egészséges szőlő terpénalkohol-tartalma

stabil, de mennyisége csökken a tárolás alatt, így az illat kialakításában a szerepe csekély. A muskotály a linalooltól származó liliumra 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. Kénhidrogén és szerves kénvegyületek csak nyomokban fordulnak elő a kész borban. Érzékszervi küszöbértékük néhány pg/dm^3 . A kénhidrogént 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 ($\text{CH}_3\text{-S-CH}_3$) pedig rákra emlékeztető szagot okoz. A tiofének (2-metil-tiofén-3-ol) gyenge hagymaszagot okoznak, a tioészterek (3-etil-merkaptó-propionát) pedig a „rókaízt” adják.

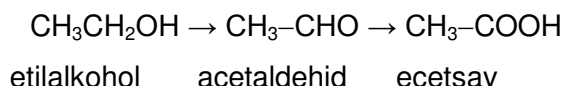
Polifenolok az aromaképzésben.

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 alkotják. A tirozin kb. 25 mg/dm^3 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 hidroxifahéjsav-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 vanília illatuk van. Az 5-hidroxi-metil-2-furánaldehid (oximetil-furfurol) a kamillára emlékeztető illatú.

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. Ecetízt mikrobiológiai folyamatok, az ecetsav megemelkedett mennyisége okozzák. Ha a borban az illósavak koncentrációja $0,8 \text{ g/dm}^3$ körüli, vagy több mint 90 g/dm^3 etil-acetát van jelen, erős „illóíz” jelentkezik, ha az etil-acetát több mint 200 g/dm^3 , érezhető

ecetíz tapasztalható. Az ecetsav-képződés 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 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$. A burgonyacsíra és a zöldpaprikaízt a 2-alkil-3-metoxipirazinok, melyek ízküszöbértéke 2–150 ng/dm^3 , és a 2-propil-3-metoxi-pirazin okozzák, mely a borokban 0,6–38 ng/dm^3 koncentrációban fordul elő. Az orvosságíz okozói az illékony fenolvegyületek. Ha a vinilfenol-tartalom $>700 \mu\text{g}/\text{dm}^3$, 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 bökser (bakszag) kialakulását különböző kéntartalmú vegyületek okozzák.

A tárolás során vagy **szennyezésként a borba kerülő ízhibák** közé tartozik a petróleumíz, melyet a karotionidok bomlásából származó szénhidrogének 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 felelősek (szárazság, kevesebb tápanyag (főleg nitrogén), a szőlő nagyobb terhelése).

A must ásványianyag-tartalma az erjedés alatt változik, mert egyes anyagokat az élesztő használ fel, mások pedig oldhatatlan sók alakjában kiválnak. A bor normális klorid (Cl^-) tartalma kicsi, 20–200 mg/dm^3 , de a sós, szikes talajon termesztett szőlők borai 1 g/dm^3 kloridot is tartalmazhatnak. A szulfát (SO_4^{2-}) 50–100 mg/dm^3 -nyi mennyiségben a szőlőből ered. A kénessav egy része kénsavvá oxidálódik, az ászkolás során a borok szulfáttartalma növekszik, de az 1 g/dm^3 -t ritkán haladja meg, általában 200–500 mg/dm^3 . A magyar borokban 200–540 mg/dm^3 foszfátot (PO_4^{3-}) találtak, melynek tizedrésze szerves kötésben van. A magyar borokban 0–52 mg szilikát-ot (SiO_3^{2-}) mutattak ki. A bromid (Br^-) kis mennyiségben (0,1–0,8 mg/dm^3), a fluorid (F^-) pedig 1 mg/dm^3 körüli koncentrációban mutatható ki a borokban. A jodid (I^-) igen kis mennyiségben, néhány tized mg/dm^3 koncentrációban, a borok normális alkotórésze. 10–80 mg/dm^3 „bórsavban” kifejezett borát (BO_4^{3-}) a borok normális alkotórésze. Nitrátot (NO_3^-) 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 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 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!

Vitaminok a borban

A borból teljesen hiányoznak a zsírolható, 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 jelenlevő C-vitamin is lebomlik. A többi vízoldható vitamin legnagyobb része 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 vörösbortan, a második a fehérborra vonatkozik). A vörösbortan jóval több B₂-vitamint (riboflavin) (177-32 µg) tartalmaznak, mint a mustok, mert a vörösbortan 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 (pteroid-glutaminsav) (2-2 µg) 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.**

2.8.1.5. A bor fejlődésének kémiája

A hordóban érlelt minőségi borok a tárolási idő alatt mélyreható kémiai és fizikai változásokon mennek keresztül, melyek **a bor érése, jellegének kialakulása, öregedése és elvénülése.** 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 acetáلكépződés az aldehidek és az alkohol között, és a kötött- és illósavak észtereződése alkoholokkal), és biológiai változások (a maradékcukor kiejedése (utóerjedés), biológiai almasavbomlás, az aminosavak alkoholos erjedése, az élesztők önmészése (autolízis)).

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 széndioxid 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 katalizációs hatást.

A bor tárolása, érése során képződő aromaanyagok

Az érés alatt alakul ki az **oxidatív buké**, melynek során aldehidek és acetálok képződnek. A vörösborok fahordós tárolása során a fából kioldódnak az aromadús fenolvegyületek (vanillin, eugenol, wisky-lakton), melyek jelentősen alakítják a bor ízét és zamatát. A **reduktív buké** kialakulás során az észtertartalom változik, az acetálok mennyisége és a gyümölcész, 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.

2.8.2. Borhamisítás

A **borhamisítás** története akkor kezdődött, amikor az emberek felfedezték a borelőállítás technológiáját. A bor kizárólag szőlőből készül, azonban olyan esetekben, amikor rossz volt a szőlőtermés, esetleg amikor a filoxéra majd 50%-át kipszította a szőlőnek, és nagyobb háborúk esetén, amikor megnőtt a katonaság részéről a borfogyasztási igény, eljött a hamis borok ideje. A különféle adalékokkal, színezékekkel, cukrokkal, íz anyagokkal kezelt borok, vagy szőlőt egyáltalán nem látott hamisítványok, jelentős konkurenciát jelentettek a becsületes borászok számára, és a becsületesek gyors meggazdagodását tették lehetővé.

2.8.2.1. A borhamisítás definíciója

A borhamisítás minden olyan technológia vagy különböző segédanyagok használata, melyet a törvények és a jogszabályok nem engedélyeznek a borkészítés során. A borhamisításról Magyarországon a „Bortörvény” rendelkezik, mely szerint *„Az a borászati termék, amelyet a jogszabályokban vagy nem engedett anyagok felhasználásával, vagy a jogszabályokban meg nem engedett módszerrel állítottak elő vagy kezeltek, nem minősül szőlőbornak.”* A jogszabály alapján hamisított bornak minősül, ha a borkészítés során engedélyezett anyagot használnak, de az engedélyezettnél nagyobb mennyiségben, vagy nem engedélyezett anyagot használnak, mint amilyenek a víz, az etilén-glikol, a glicerín, a mesterséges szín- és aromaanyagok. Az előbbire példa, ha szacharózt használnak a must cukorfokának feljavítására, de az engedélyezettnél nagyobb mennyiségben.

Hamisításnak minősül az is, ha a **bort jogsértő módon átcímkezik, átcsomagolják**, hamis az a bor is, melyet **emberi fogyasztásra alkalmatlan termékekből állítanak elő**, amelynek emberi fogyasztásra való alkalmasságát pl. szín-, íz- vagy zamatanyagokkal elfedik, amelyet az előállításra törvényesen jogosult engedélye nélkül állítanak elő, amelynek címkéjén félrevezető információkat közölnek, és így gazdasági előny vagy haszonszerzés céljából hoznak forgalomba.

5.8.2.2. A borhamisítás történeti áttekintése

A **borhamisítást a történelem folyamán mindig tiltották**, sőt a törvények komolyan büntették, azonban a hamisítók mindig egy lépéssel a törvény előtt jártak. Krisztus előtt 1800 körül Hammurabi törvényei szigorúan büntették a borhamisítást. Az ókori Görögországban és Rómában nagyon sok, adalékanyagokból készült silány bort fogyasztottak a szegényebb népréteg tagja, sőt esetenként borecet és víz keverékét adták a katonáknak bor gyanánt. Gyakori volt a gyenge,

ihatatlan borok feljavítására a gyantával és fűszerekkel történő kezelés, de a jó minőségű borokat is ízesítették pl. mirtusszal, mézzel, aszalt gyümölcsökkel és rózsaszírommal is.

A Középkorban sőt az Újkorban is tovább élt a borhamisítás hagyománya, és az igazi nagy hullám akkor indult el, amikor a 19. század végén **a kémiai és az élelmiszertudomány fejlődésével a hamisítók hozzájutottak különböző mérgező vagy nem mérgező színezékekhez**, melyek segítségével fehér borból vagy akár csak vízből vörös bor utánezatot tudtak előállítani. A **répa és nádcukor olcsó előállítását követően** a szőlőtörkölyből állítottak elő alacsony alkoholtartalmú borokat, és gyakran mérgező hatású színezékeket is alkalmaztak a borkészítés folyamán. Ez a hamisítási hullám elérte a világhírű tokaji borokat is, mellyel veszélyeztették az évszázadok alatt kialakult jó hírét. A 20. század elején **vízből, alkoholból, különféle növényi savakból és glicerinnél állítottak elő olcsó mesterséges borokat**, melyeket a kereskedők átcímkezve jó minőségű borként hoztak forgalomba a piacon.

A Monarchiában az első **bortörvényt** 1893-ban hozták, melyet 1908-ban egy még szigorúbb bortörvénnyel erősítettek meg. A szigorítás hatására a bor hamisítása alábbhagyott, ennek ellenére Magyarországon és az egész világon még ma is hamisítják a borokat. Egy-egy leleplezés hatására az egész borvidék elveszítheti jó hírnevét, mint ahogy ez történt hazánkban az Alföldi Borvidékkel, ahol a közelmúltban többszörös mennyiségű bort állítottak elő annál, mint amit a szőlőtermés lehetővé tett volna.

2.8.2.3. A borhamisítás leleplezésére alkalmas korabeli módszerek

A hamis borok leleplezésére **analitikai módszereket dolgoztak ki**, melyek segítségével a borhamisítók lebuktathatók. Hazánkban Wartha Vincze kiváló kémikusnak köszönhető, hogy a borhamisítás előtérbe került, hisz kémikusként ismerte a hamisításra használt színezékeket, és tanácsokat is adott a színezékek hamis borból történő kimutatására. Az ő munkáiból ismerjük, hogy *„Az isten adománya, az egrri bikavér ma már nem egyéb, mint fukszinnal festett borsav-, gliczerin- és spiritusztrilógia! Nem csoda, hogy az ily módon megtámadott társadalom felbőszül és irtó háborút akar indítani a hamisítók serege ellen, kik piszkos nyerészkedésből nemcsak elég lelkiismeretlenek, hogy embertársaik élete ellen valóságos merényletet követnek el, hanem még elég arczátlanok, hogy a magyar terméknek jó hírnevét a külföld előtt végképen elrontsák. Valóságos hazaárulás az ilyen cselekedet!”* Ehhez nem lehet semmit hozzátenni, legfeljebb búsan megjegyezni, hogy több mint 130 év alatt alig változott valami, a hamisítások ma is léteznek, és a hamisítás elleni küzdelem ma is folyik.

Hogyan hamisították Wartha Vince idejében a vörösborokat? A bor festésére előszeretettel alkalmazták a különböző kátrányfestékeket, melyek közül a fukszin azért bírt különös jelentőséggel, mert e festéket a kék, az ibolya, a zöld és a sárga színek előállítására is használják. Azért alkalmazzák a bor festésére, mert a növényi festékeknél (mályva, fagyalfa, gyalogbodza, alkörmös) sokkal kisebb koncentrációban is el lehet vele érni a kívánt hatást. 10-12 mg egy liter fehérborban annak színét vörösre változtatja anélkül, hogy íze és aromája megváltoznék, míg a növényi festékekből hasonló színhatás eléréséhez sokkal több kell, ami már megváltoztathatja a bor zamatát. A fukszin mellett annak savas változatát, **a savas fukszint is használták festésre**, amely vízben jól oldódott, és az állás során sem vált ki. Használták még a β -naftol és a naftilamin származékokat, az anilinbarnát, a krizotoluidint, a safranint, a grenadint és más anilin festékeket, és főként az anilin ibolyát, mely színének tompítására a karamel sárga színét használták fel.

Wartha Vince módszereket dolgozott ki ezen kátrányfestékek vörösorból történő kimutatására. Az első módszer szerint a bort magnézium-oxiddal túltelítette, majd a kapott elegyet amilalkohol-éter keverékével kirázva annak színe fukszin jelenlétében megvörösödött. A másik módszer szerint a bort ólomecettel kicsapatva a szűrlet vörös színe árulkodott a fukszin jelenlétéről. A legérzékenyebb módszere szerint a forralással besűrített bort ammónium-hidroxidos közegben kezelve, majd a kapott anyagot éterrel kirázva fehér porcelánedénybe töltötte. Az **extraktum a fehér gyapjuszál színét vörössé változtatta**. Ezzel a módszerrel egy mg fukszint is ki tudott mutatni. A vörös szín sósav vagy ammónia hatására elszíntelenedett.

A korabeli tudósok megemlítették azt is, hogy a borhoz kevert kátrányfestékek általános testi leromlást idéznek elő, amely mellett leginkább a vesére gyakorolnak káros hatást, melynek következtében megnő vizelet fehérje tartalma. Nem véletlen, hogy ezen ismeretek birtokában Wartha Vincét a hamisítások elleni háború élharcosának kell tekinteni, aki már 130 évvel ezelőtt fellépett a jó minőségű, hamisítástól mentes bor előállításáért. Többek között a hozzá hasonló tudósok munkájának eredményeképpen a borhamisítás pár évtized alatt minimálisra csökkent Európában.

2.8.2.4. A borhamisítás jelenlegi helyzete

Hamisítják-e a borokat mostanában, ill. milyen trükköket alkalmaznak a borhamisítók, egyáltalán miért hamisítják a borokat? A korábbi évszázadok során alkalmazott hamisítások kora, a modern analitikai módszerek térhódításával, lejárt. Azért is nehéz hamisítani, **mert a borkészítés során keletkezett melléktermékek újrahasznosítását a törvény tiltja**, ezért törköly, ill. seprőborokat ma már nem lehet előállítani. A bor természetes alkoholtartalma a szőlőcukorból keletkezik,

amelynek mennyisége a korai szüretkor, a sok termés esetében kevesebb a kívánatosnál, ezért ilyenkor törvényesen lehet, a megengedett mértékben, cukor kiegészítést alkalmazni, a megengedettnél nagyobb mennyiség hozzáadása azonban már hamisításnak minősül. Magas alkoholtartalom esetében a bort vizezéssel gyengítik, amely eljárás Magyarországon tilos, az Amerikai Egyesült Államokban azonban a hosszításnak vagy nyújtásnak nevezett vizezés törvényes keretek között zajlik.

A must cukrozása, vagy cukrozása és vizezése elterjedt gyakorlat az egész Világon.

Használják ezen kívül a borelőállítás során olyan adalék- és segédanyagokat, mint a fajélesztők, és azok szaporodásához szükséges tápanyagok, sűrítvények, színyanyagok, tannin, borkősav, citromsav, gumiarábikum, glicerín, és olyan anyagokat, melyekből kén-dioxid szabadul fel. Nem megengedett a vízelvétel, a sűrítés sem, mellyel édesebb és testesebb borokat lehet előállítani.

Előszeretettel alkalmazzák **a bor minőségének javítására a glicerinnel történő kiegészítést** is, amely ugyan természetes alkotórésze a bornak, de ha mennyisége meghaladja a maximálisan engedélyezettet, az már hamisításnak minősül. Amerikában egyébként a glicerinezést sem tiltják a törvények. A természeti környezet megváltozása, a klíma átalakulása is megkövetel bizonyos jogszabályváltozásokat, mert pl. a megnövekedett átlaghőmérséklet miatt a szőlő szervessav-tartalma lényegesen kisebb, mint korábban, ezért míg pár éve csak borkősavat lehetett a borhoz adni, addig manapság engedélyezett az almasavval és a tejsavval való kiegészítés is. Engedélyezett a tanninnal és az aszkorbinsavval való kiegészítés, sőt cukrozni is lehet a jogszabályban meghatározott mennyiségig. Aki a határértékeket átlépi, az borhamisító.

A magyar borok hamisítására gyakran használták az olcsó, külföldi borokat, melyeket hazaiaként drágábban tudtak eladni. Ez a módszer azonban az ellenőrzések miatt visszaszorult. A mennyiséggel is nehéz manipulálni, mert becsülni lehet, hogy egy hektárról mennyi szőlőt lehet betakarítani, ami átlagosan 12 tonna. A must a szőlőnek 75-80%-a, azaz 100 kg szőlőből 80 liter mustot, ebből pedig 75 liter bort lehet előállítani. A különböző szőlőfajták ugyan másként viselkedhetnek e tekintetben, de nagy különbségek nincsenek, a becslés biztonsággal elvégezhető.

Magyarországon **a Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal felügyeli a borok minősítését, és küzd a hamisítás ellen.** Az e célra kialakított laboratóriumban szinte atomi szinten képesek vizsgálni a termékeket a növényi eredet megállapításának érdekében. Bontás nélkül, a palackon keresztül is meg tudnak határozni bizonyos paramétereket, de a klasszikus analitikai módszerek mellett a nagyműszeres analitikát is használják a borok minősítésére. Ezek közé tartozik pl. **a mágneses magrezonancia analízis, az izotóp arány vizsgálat, a tömegspektrometriás**

analízis, a gáz- és a nagyhatékonyságú folyadékkromatográfia, az atomabszorpciós spektrofotometria, és az induktív csatolású plazma emisszió, és egyéb műszeres vizsgálatok. Ezekkel a technikákkal a leggyakoribb hamisítási trükkök, mint pl. a nem szőlőeredetű cukorral végzett túlzott feljavítás, a vízzel való hígítás, vagy pl. a mesterséges édesítőszer hozzáadása, könnyen kimutatható.

Ezen megbízható módszerek alkalmazására azért van szükség, mert **a korszerű módszerekkel készült hamisítványokat a fogyasztók többsége nem ismeri fel.** A nagyon olcsó boroktól mindig óvakodni kell, mert nagy a veszélye a hamisításnak. A leggyakoribb trükkök a hamisításra a túl magas kén-dioxid tartalom, esetleg nehézfémek kerülhetnek bele a hamisítás folyamán, **de kerülhetnek bele toxinok (alma lével való hamisítás során), etilén-glikol és metanol is.** Illegálisan mesterséges édesítőszeret és színezéket is adhatnak a borhoz azok tulajdonságainak javítása, vagy romlott voltának elfedése miatt.

Esetenként **maga az Állam is beszáll a hamisításba.** A múlt század hatvanas éveiben 13-szor annyi Leánykát adtak el a szovjeteknek Magyarországon, mint amennyi termett. A kilencvenes években szalma áztatásával hozták létre aransárga színű hamisított bort, ami a borhamisítás csúcsát jelentette Magyarországon. Az 1997-ben létrejött összefogás és szervezeti fellépés következtében Magyarországon a borhamisítás visszaszorult, de becslések szerint a forgalomban lévő borok 20%-a még mindig hamisított.

A hamisítás megítélését nehezíti az is, ha **egyes országok nem tudnak megegyezni abban, hogy ki jogosult bizonyos fajtájú borok előállítására.** A tokaji aszút az egész világon hamisítják, ami jelentős anyagi és presztízvesztést okoz Magyarországnak. Hamisítják az olaszok (Tocai Friuláno), az elzásziak (Tokay d Alsace), és Szlovákiával is vitás ügyeink vannak e tekintetben, mert a trianoni békediktátum kettévágta a tokaji borvidéket, ugyanis a tokaji borvidék három magyar községe Szlovákiához került. Összesen hét szlovák község tart igényt a tokaji megnevezésre, ami miatt Magyarország tiltakozik, mert a magyar aszú különleges minőségét a természeti adottságok, az emberi tényezők és hagyományok, valamint a speciális technológia adja, ami csak Magyarországon található meg. Az ukrainai Beregszászon nagyüzemi módon folyik a tokaji bor hamisítása, amit elsősorban olasz piacon értékesítenek, és próbálkoztak a tokaji szőlővessző Krímben való telepítésével is.

2.8.2.5. Néhány példa a bor hamisításának kimutatására nagyműszeres analitikai kémiai technikákkal

Egy jól felszerelt élelmiszervizsgáló laboratóriumban nem okozhat problémát a durva borhamisítások kiszűrése. A magyar bortörvény jelenleg ugyan megengedi a szacharóz mustjavításra való felhasználását, de csak az engedélyezett mértékben. A nagyobb mennyiségű szacharóz mind a klasszikus módszerekkel, redukáló és nem redukáló, valamint összes cukor meghatározás, vagy HPLC-vel könnyen kimutatható.

A mustok titrálható savtartalma a fajtától, a termőhelytől, az időjárási viszonyoktól és a szüret időpontjától függően tág határok között változik ugyan, de a szőlőben és a mustban csak L(+)-borkősav és L(-)-almasav fordul elő. Amennyiben a borból D-borkősavat és a D-almasavat lehet kimutatni, mondjuk oszlop előtti származékképzéssel, **HPLC-vel**, vagy királis oszlopon származékképzés nélkül, biztosak lehetünk abban, hogy a borhoz nem szőlő eredetű savakat keverték.

Nem ilyen egyszerű a helyzet a tejsav esetében, mert a borélesztők ugyan szinte kizárólag D(-)-tejsavat állítanak elő a cukorból, de a biológiai almasavbomlás során a tejsavbaktériumokban az L(-)-almasavból L(+)-tejsav keletkezik, így végül az enantiomerek analízise ebben az esetben nem alkalmas a borhamisítás kimutatására. A folyadékkromatográfiával meghatározható vegyületek közül említést érdemel még 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 hamisítás egyértelműen kimutatható.

Folyadékkromatográfiával meghatározhatók még a borban lévő összes mono- és diszacharid, a glicerín és az etilén-glikol, a mono-, di- és trikarbonsavak, a polifenolok, a színezékek a vitaminok és az aromanyagok, **ioncserés oszlopkromatográfiával** pedig a bor kötött és szabad aminosavai valamint a belőlük képződött biogén aminok. A glükonsav is meghatározható nagyhatékonyságú folyadékkromatográfiával, melynek jelenléte bizonyítja, hogy az édes bor nemes rothadású szőlőből származik. A mustok és a borok 120 mg/dm³ glükonsavat tartalmaznak. A glükuronsavat a nemesrothadáson vagy rothadáson átment szőlőkben mutatták ki. A borban 0,40–1,25 mg/dm³ mennyiségben található.

Gázkromatográfiával minden olyan hőstabil vegyület meghatározható, amely illékony, vagy származékképzéssel illékonyra tehető. Különösen hatékonyan alkalmazható borok analízisére a **kapilláris gázkromatográfiával kapcsolt tömegspektrometria (GC-MS)**, amellyel eddig vagy

350 illóanyagot tudtak a különböző borokból kimutatni. Ezek közé tartoznak az alkoholok, a ketonok, az aldehidek, az illó és nem illó zsírsavak, az észterek, a zsírsav-származékok, a viaszok és a gyanták komponensei, és az erjedés valamint a bor érése során keletkező számos zamatanyag. Meghatározhatók a különféle borfajták specifikus aromaanyagai, melyek segítségével azt is ki lehet mutatni, hogy milyen borokat házasítottak (Cuvée, küvé), ill. milyen bort milyen másikkal hamisítottak.

Az atomabszorpciós spektrofotométerrel és az induktív csatolású plazma emissziós fotometriával a makro és mikroelemek, de még a $\mu\text{g/liternél}$ kisebb koncentrációk is könnyedén kimutathatók és meghatározhatók.

Összegezve az elmondottakat, ha rendelkezésünkre állnak az előbbi nagyműszeres technikák, szinte nincs olyan komponens a borokban, amelyeket ne lehetne kimutatni és azonosítani. Ha ismerjük a komponensek mennyiségét és arányát, a különféle borfajtákra jellemző standardokat, nincs az a ravasz borhamisító, akit ne lehetne ezek segítségével leleplezni.

2.9. A pálinka és hamisítása

2.9.1. A pálinka definíciója

A 10/2008-as EK rendelet szerint a gyümölcspárlat olyan szeszes ital, amelyeket kizárólag húsos, magozott vagy magnélküli gyümölcsök mustjának, valamint bogyótermésének vagy zöldségek alkoholos erjesztésével és bepárlásával nyernek, amelyet 86%-osnál kisebb alkohol tartalomra párolnak be úgy, hogy a gyümölcsök és termékek aromája megmarad a párlatban, amelynek illóanyag tartalma legalább 200 g/hektoliter abszolút alkoholra vonatkoztatva. Csonthéjas gyümölcsből készült párlat esetén a hidrogén-cianid tartalom nem haladja meg a 7 g/hektolitert abszolút alkoholra vonatkoztatva, a gyümölcspárlatok maximális metil-alkohol tartalma 1000 g/hl abszolút etil-alkoholra vonatkoztatva, de egyes gyümölcsök esetében ez 1200 vagy 1350 g/hl is lehet, a gyümölcspárlat minimális alkohol tartalma 37,5%, és a gyümölcspárlat nem ízesített. Az Európai Unió belül pálinkának csak a Magyarország területén termelt, erjesztett és kifőzött párlatot lehet hívni, bár némi vitáink vannak a szomszédos országokkal e tekintetben.

2.9.2. A pálinka története

Az emberek már évezredek óta tudják, hogy az erjedt gyümölcsök vagy a belőlük készült lé bódító hatással bír, amit élvezetszerzés céljából ki is használtak. A legelső írásos emlékek a sörkészítésről a Kr. e. 1700-as évekből származik, amikor Hamurabi törvényei már rendelkeztek a

sör áráról és minőségéről. Hamarosan rájöttek arra is, hogy szőlőből hogyan kell bort készíteni, de a tömény szeszes italok előállítása még majd három évezredet váratott magára. A pálinka készítése és fogyasztása nagy hagyományokkal rendelkezik Magyarországon, ezért ezen ital kapcsán mutatjuk be azt, hogy a jó minőségű gyümölcsből hogyan lesz olyan eredetvédett élvezeti cikk, amelynek nevét Magyarországgal és a magyarokkal kötik össze. Ebben a fejezetben azokat a technológiai folyamatokat ismertetjük, melynek során az alapanyagból a tisztításon, az előkészítésen, a cefrőzésen, az erjesztésen, az elpárologtatáson és a kondenzáláson keresztül eljutunk a kiváló minőségű pálinkához.

Az első lepárlókat valószínűleg Egyiptomban üzemeltették, akkor azonban még nem szeszesitalokat, hanem különböző illóolajakat és párlatokat állítottak elő. Az arabok jöttek rá arra, hogy hasonló eljárással a szőlő- és pálmaborból égető ízű, nagy élvezeti értékű párlat állítható elő. Szibériában az őslakosok erjesztett tejből, kumiszból is készítettek párlatokat, majd a Kr.u. a X-XII. században Ázsiában és Európa nyugati felében is általánossá vált a szeszpárlatok előállítása. Az első fogyasztható szeszes italokat a XI. század közepén készíthették, az első gabonapárlat előállításának feltételezett ideje a XIII. század, míg a gyümölcspárlatok előállítására még pár 100 évet várni kellett.

E korból származik az égetett szesz elnevezés is, amely arra utal, hogy a párlat frakcióit még nem tudták tökéletesen szétválasztani egymástól, így égett, kozmás jellege lehetett a legtöbb szeszes italnak. A XVI. században a kolostorokban gyógynövényes alkoholos elixíreket állítottak elő, a XVII. században pedig már közismertek a gyógyászati célra előállított ízesített, illatosított párlatok, melynek előállítása során mentát, fahéjat, szegfűszeget, ánizst és szerecsendiót használtak ízesítőként, amelyekre rendkívüli módon megnőtt a kereslet. Általánossá vált a törkölypálinka főzése, és a borpárlaton túl előállítják a gabonaszeszből készített édes likőröket is.

A szeszfőzés technológiája az 1800-as évek elején még kiforratlan volt; nyílt tűz fölött kis üstökben végezték. Forradalmi változást a gőzkazánok elterjedése hozott, ami lehetővé tette az üstök és a gőzkazánok egybeépítését, a modern lepárló technika létrehozását, ami egyeduralmukodóvá válva a házi pálinkafőzést szesziparrá alakította át.

Kiváló minőségű, hosszú eltarthatósági idejű pálinka csak kiváló alapanyagokból, megfelelő technológiával készíthető, mely feltételezi, hogy az előállítás minden fázisában a legtökéletesebb eszközöket és módszereket alkalmazzák. Mind a felhasznált alapanyagokat, mind a technológiákat illetően az elmúlt évszázadban olyan fejlődés játszódott le a pálinka előállítás területén, hogy manapság gondos munkával mind a kisüzemekben, mind ipari méretben kiváló minőségű terméket lehet előállítani. A folyamat minden részvevője belátta, hogy az előállítás során fellépő bármely

hibás lépés az egész technológia egyébként kiváló munkáját elrontja, tehát a termékpálya bármely pontján elkövetett hiba a végtermék minőségét jelentősen befolyásolhatja.

2.9.3. A pálinkafajták csoportosítása

A pálinkafajtákat többféle módon lehet csoportosítani. Az alapanyag szerint ismertek nyers növényi alapanyagból készült gyümölcs alapú szeszes italok (gyümölcspárlatok, körtéből pl. körtepálinka, vagy barackból barackpálinka), gabonából készült szeszes italok (gabonapárlatok, pl. whiskey), vagy egyéb növényi anyagokból készült szeszes italok (pl. agavéből készült tequila, vagy burgonyából, kukoricából előállított tiszta szeszből készült szeszes italok). Borászati melléktermékekből, borból borpárlatot, seprőből és törkölyből pedig pálinkát lehet előállítani. A végén ott vannak még az tiszta szeszből készült pálinkák, melyet aromaanyagokkal állítanak elő. A pálinka aromájának fokozására, különleges ízek és aromák kialakítására gyümölcsöt, aszalt gyümölcsöt, fűszereket, gyógynövényeket és aromákat is használnak aromaanyagként.

A gyártás technológiája szerint a szeszes italok lehetnek erjesztéssel és lepárlással készült termékek, melyek az alapanyag erjesztésével, majd lepárlásával készülnek, mint amilyenek pl. a barackpálinka, a calvados vagy a tequila. Készülhetnek hidegúti technológiával is, melynek során tömény etil-alkoholból hígítással, ízesítéssel készítenek alkoholos italokat, végül a kombinált technológiával készülnek az olyan termékek, amelyeket tömény etil-alkoholnak aromás növényekkel való keverésével állítanak elő, melyet követ egy végső desztillálás. Ezen utóbbi technológiával készül pl. a gin.

A törvény szerint azokat az alkoholtartalmú cefréből lepárlással előállított termékeket nevezzük pálinkának, melyeket gyümölcscefréből állítanak elő. A gabonából készített párlatokat csak szeszesital néven lehet forgalomba hozni, és napjainkban a szeszipar készít etil-alkoholból esszenciák hozzáadásával kommersz, vagy hideg úton készített nagy alkoholtartalmú italokat is, melyek lényegesen alacsonyabb áron kerülnek forgalomba, mint a gyümölcspálinkák. Megkülönböztetést jelenthet még a szeszesitalok között a földrajzi eredetre való utalás, melyre példa a konyak (cognac) és a brandy elnevezés. Sok brandy van forgalomban a világpiacon, konyaknak azonban csak Franciaország egy meghatározott helyén termesztett szőlőből, annak borából megfelelő technológiával készült termék nevezhető.

2.9.4. A pálinka nyersanyagai, minőségi követelmények

A pálinkakészítés nyersanyagai a különféle, cukortartalmú vad és termesztett gyümölcsök, illetve a borászat melléktermékei. A gyümölcspálinkák alapanyagai a termesztett és vadon termő

gyümölcsök, melyekből jelentős mennyiség áll rendelkezésre a pálinkakészítéshez. Gyümölcspálinka készítéshez csak az olyan gyümölcsök alkalmasak, melyek jelentős cukortartalommal rendelkeznek, hisz cukorból lesz az alkohol. Jó a cefre magas alkoholtartalmú, de az alkohol ahhoz is szükséges, hogy számos íz- és illatanyag kioldhatóvá váljon, melyek alacsony alkoholtartalom mellett benne maradnának a cefrében. A magas alkoholkoncentráció ezen túl elősegíti a minőségi illatkaraktert adó észterek, aldehidek és acetátok képződését is. Rossz minőségű, rothadt, érésben visszamaradt vagy éretlen, csekély cukortartalmú gyümölcsből jó minőségű pálinka nem állítható elő. Csekély cukortartalom esetén a cefrét a törvény által meghatározott mértékig lehet cukrozni a nagyobb alkohol kitermelés miatt. Fontos, hogy a cefrealapanyag gyümölcs ne tartalmazzon erjedést gátló idegen anyagokat, talajmaradványokat, mert ezek károsan befolyásolják az alkohol mennyiségét, ezért a gyümölcsöt a feldolgozás előtt meg kell mosni. Szennyezett, éretlen vagy túlérett gyümölcsből nem lehet jó minőségű pálinkát előállítani.

A különféle, pálinka készítésre is használt gyümölcsök cukortartalma a következő: alma 6-12%, körte 8-12%, birs 10-11%, cseresznye 12-18%, meggy 8-15%, kajszibarack 8-12%, szilva 10-20% és őszibarack 8-12%. A cukortartalom egyértelműen megszabja a szeszhozamot. 100 kg gyümölcsből a cseresznye esetében 7,07 liter, körtéből 5,26 liter, szilvából 4,75 liter, kajszibarackból 4,72 liter, vegyes gyümölcsből 4,55 liter, almából 4,08 liter, meggyből 4,03 liter, vadon termő gyümölcsökből 3,84 liter, őszibarackból pedig 3,23 liter tiszta szeszt lehet előállítani. A XX. század első felében még az eperfa termését is használták pálinkakészítésre, azonban betegségei miatt kivágták őket, újakat pedig nem telepítettek. A belőle készült pálinka zamattal nem rendelkező, édeskés, semleges ízű ital, melyet a fogyasztók nem igen kedveltek.

A vadon termő boróka terméséből is kiváló pálinka készíthető. A borókamagok íze édeskés, illatuk a terpentínre emlékeztető. A gin típusú italok ízesítője, amit a termés alkoholos erjedést követő lepárlásával készítenek. Magyarországon is igen kedvelt és exportált ital volt, mert 20-25%-os cukortartalma jó szeszkihozatalt eredményezett. A termőhelyi adottságoktól függően az olajokban gazdagok kesernyésebbek, a kevesebb olajat tartalmazók zamatosabbak. A borókából készült pálinkát Erdélyben fenyőpálinkának vagy fenyővíznek hívják, a Szlovákiában termelt borókából pedig a borovicskát állítják elő. A gin ízesítésére a boróka gabonapálinka kivonatát használják. Az előzőekben felsorolt gyümölcsökön túl megemlítendő még a kék, illetve vörös áfonya, a berkenye, a bodza, a málna, a szeder és a szedermálna, mint pálinka alapanyag.

2.9.5. A pálinka készítés technológiája

2.9.5.1. Az alapanyagok átvétele és minősítése

A pálinkakészítés célja kellemes zamatú nyersanyagokból, gyümölcsökből olyan szeszes ital készítése, mely a nyersanyagra jellemző összes kellemes íz- és illatanyagot tartalmazza, és nincs zamatot rontó mellékíze. Fő alkotórészek a vízen és alkoholon kívül a zamathordozók. Minden olyan gyümölcs felhasználható pálinkakészítésre, amelynek jelentős erjeszhető cukortartalma van, amelyek jellegzetes, erős aromájúak, érettek, egészségesek, épek, penésztől, rothadástól mentesek. Előnyös, ha nagy a hús/mag, és alacsony a szár/gyümölcs arány és a pektintartalom. A gyümölcs átvételekor ellenőrizni kell az érettségi fokot, a tisztaságot, a penészmentességet, a héjsérülést, a törődöttséget és a fajtára jellemző illatot és ízt. A gyümölcs lehet éretlen, szedésre érett, túlérett, fonnyadt és folyós. A kellően érett gyümölcs alkalmas csak erjesztésre, mert ebben van a megfelelő mennyiségű cukor és aromaanyag. Az éretlen gyümölcsben ezek kis koncentrációban vannak jelen, a túlérett gyümölcs pedig a pálinka aromáját rontó anyagokat is tartalmazhat.

A gyümölcs lehetőleg ne tartalmazzon idegen anyagokat, elsősorban földet, vagy ha igen, azt mosással el kell távolítani. Penészes, rothadt gyümölcsből nem lehet jó minőségű pálinkát készíteni. Almából megengedett a rothadt részek kivágása. A gyümölcs legyen lehetőleg törődés és sérülésmentes, mert minden felületi sérülés a rothadásnak és a penészesedésnek kedvez. A jégveréstől sérült gyümölcs akkor dolgozható fel, ha a sérülés két-három napnál nem régebbi. Az íz és illat vizsgálatából meg lehet állapítani a fajtajellemzőket. A gyümölcs legyen a fajtára jellemző tiszta aromájú, mely függ az érettségi foktól is. Kézi refraktométerrel meg lehet határozni a gyümölcs összes extrakt tartalmát, amiből táblázatok segítségével ki lehet számítani a cukortartalmat.

A refrakcióérték alapján, tapasztalati úton meg lehet határozni a várható szesztartalmat. Az e célra alkalmazott szorzószámok a kajszibarack esetében 0,38, a szilvánál 0,36, a cseresznyénél 0,33, a meggyénél 0,30, az almánál 0,43, a vegyes gyümölcsnél pedig 0,36. Az így kiszámított szeszhozam csak ideális körülmények között érhető el, üzemi körülmények között ennél 10-20%-kal kevesebbel kell számolni. A ballasztanyagok (mag, rost, héj, szár) is csökkenhetik az alkoholtartalmat, közülük egyesek a pálinka aromáját kedvezően, mások hátrányosan befolyásolják. A számítások mellett célszerű próbaerjesztést is csinálni, mely három napos erjedést követő desztilláció után egészen pontos adatokat ad az alkoholtartalomról.

2.9.5.2. A cefrézés

A cefrézés során a gyümölcsöt a szennyező, szükségtelen részekről megtisztítjuk, melynek során olyan állapotba kerül, mely biztonságos és gazdaságos szeszelőállítást tesz lehetővé. Az átválogatás során az idegen, a szükségtelen vagy káros anyagokat eltávolítjuk, mert ezek kellemetlen, fanyar íz anyagot tartalmazhatnak, amelyek rontják a kész pálinka minőségét. Nagyon veszélyes a földszennyezés, mert a pálinka rossz ízt és zamatot kaphat tőle, sőt a talajbaktériumok az akrolein képződését is elősegíthetik. A dohos, penészes, romlásnak indult gyümölcsöket el kell távolítani, mert a rajtuk lévő gombák, penészek, vadélesztők kedvezőtlen, vajsavas-, tejsavas-, ecetsavas-, acetonos erjedési folyamatokat indíthatnak meg, melyek során akroleinen kívül sok egyéb káros anyag is képződhet. Az éretlen gyümölcsöt sem szabad feldolgozni, mert kevés cukortartalma miatt alacsony lesz a szeszkihozatal, másrészt túl sok savat tartalmaz, amelyek a pálinka aromáját előnytelenül befolyásolva savanyú, fanyar íz hatást okoznak.

Az előzőek miatt a talajbaktériumokkal, vadélesztőkkel szennyezett gyümölcsöket meg kell mosni, melynek során eltávoznak a permetezőszer maradványok is, melyek ugyancsak gátolják az élesztők tevékenységét, és nem kívánatos erjedési folyamatokat segíthetnek elő. A legveszélyesebb így keletkező mérgező anyag az akrolein, ami a talaj baktériumainak hatására keletkezik az erjedés melléktermékéből, a glicerinből. Az akrolein színtelen, köhögésre és a környezetre ingerlő szagú, a nyálkahártyát erősen irritáló folyadék.

A gyümölcsök mosása történhet a rekeszek vízbemártásával, vízpermetezéssel, gyümölcsmosó kádakban, alkalmazhatnak forgódobos alma vagy burgonyamosókat, kefék és ventilációs mosógépet. A magozásra a csonthéjas gyümölcsök esetében van szükség, mert a magbelsőben lévő amigdalint, ha nagyobb mennyiségben kerül a cefrébe, akkor a pálinka íze kellemetlen, keserű lesz, szinte élvezhetetlenné válik. Ezt a keserű ízt az okozza, hogy az amigdalint az erjedés során enzimatikusan bomlik benzaldehidre és hidrogén-cianidra, mely mindkettő keserű ízhatású vegyület, sőt az utóbbi még erősen mérgező is. A cianhidrogén a pálinkában maximum 40 mg/kg koncentrációban fordulhat elő, az ennél nagyobb mennyiséget tartalmazó pálinka nem hozható kereskedelmi forgalomba. A barackfélék magját akkor is el kell távolítani, ha nem törik össze, mert a mérgező anyagok a csonthéjon keresztül is átdiffundálnak. A barackpálinka magzatának kialakítása érdekében édes magvú kajsziarack magját összetörve, száz literenként 30-50 dekagrammot visszajuttatnak a cefrébe.

Cseresznye- és meggycefre készítéskor nem kell magozni, mert a mag egészben marad, és amigdalint tartalma nem okoz egészségügyi kockázatot, viszont fontos a szár eltávolítása, mert

nagyobb mennyisége kesernyés, fanyar jelleget ad a pálinkának. A magozás történhet kézzel, passzírozással, verőléces vagy kiszűrőtüskés magozó gépek alkalmazásával. Az aprítás és zúzás célja, hogy a sejtek szétroncsolásával, a gyümölcsle feltárásával gyorsabban induljon be az erjedés. Az aprításhoz hengeres gyümölcshúzó, kalapácsos darálót, fésűs vagy fogaszúzó, gyümölcsszeletelő gépet, fűrészkesztyűt vagy lyuktárcsás gépet használnak. Ha nagyon finom pálinkát akarunk előállítani, akkor préseléssel a zúzott gyümölcsből cukor és aromatartalmú levet préselünk, ezt erjesztjük gyümölcsborrá, majd ebből készítjük desztillálással a pálinkát. Az alma lé erjesztése során az almabor desztillálásával nyerik a híres Calvados almapálinkát.

A pálinkacefre erjesztése optimálisan kb. 18 °C-on játszódik le, ezért a technológiai beavatkozások következtében felmelegedett cefrét hűteni kell. Amennyiben a gyümölcs érése szempontjából kedvezőtlenek voltak a viszonyok, és a gyümölcs kevés olyan anyagot tartalmaz, mely aminosavai révén segítené az élesztők szaporodását, ásványi anyagokat, főként foszfort és nitrogént, és más egyéb, a gombák szaporodására jó hatással való anyagokat adnak a cefréhez. Az erjedés optimális lefolyásához megfelelő savkoncentrációra van szükség, a gyümölcsök azonban esetenként nem tartalmazzák ezt a savmennyiséget, amit foszforsav adagolásával pótolni kell. Így lehet elérni a mikrobiológiai szempontból optimális 2,8-3,2 közötti pH értéket is. Amennyiben a cefrét hőkezelik, akkor savadagolásra nincs szükség, mert a hőkezelés hatására drasztikusan csökken a mikrobaszám.

Minden gyümölcsön vannak vadélesztők, amelyek beindítják ugyan az erjedést, de az erjedési folyamatokat nemkívánatos irányba is terelhetik, vajsav, tejsav, aceton képződhet. Ezért célszerű az erjesztést irányítottan, fajélesztők hozzáadásával végezni. Kifejezetten gyümölcscefrék erjesztéséhez nincsen élesztő, de a borászatban alkalmazott fajélesztők a cefre erjesztése során is jó hatásfokkal használhatók. A különleges cefrézési eljárások közé tartozik, amikor pektinbontást alkalmaznak a rostos gyümölcsökből préselhető levek mennyiségének növelésére. A pektin vízkötő, kocsonyásító hatású poliszacharid, mely a növények sejtfalában található, ami miatt nehéz az ilyen gyümölcsökből levet készíteni. Az erjedés is nehezebben megy végbe, mert az enzimek nehezebben jutnak hozzá a cukormolekulákhoz. Ilyen esetben pektinbontó enzimeket alkalmaznak, melyek hatására nő a lé kihozatal, és emelkedik a terpinol, a linalool, a nerol és a geraniol mennyisége, melyek a gyümölcs fontos aromaanyagai.

Az erjesztésre való előkészítés során a gyümölcsöt víz hozzáadása nélkül 80 °C-on nyomás alatt gőzölik, melynek során a gyümölcs feltáródva péppé alakul, nem kell aprítani, a gőz megöli a mikroorganizmusokat, nagyobb lesz szeszhozam, és kiváló minőségű párlat nyerhető. Az eljárás a szilva és az alma esetében terjedt el, de a tequila készítés során is alkalmazzák. A cefre, az édes sejtnedveket tartalmazó anyag sűrűsége a cukortartalomtól függően egy fölött van. Az édes cefre

szerves savakat, szénhidrátokat, enzimeket, aromaanyagokat, vitaminokat és ásványi elemeket tartalmaz. Az erjesztés során egy molekula glükózból két molekula alkohol és két molekula szén-dioxid képződik. Az erjeszhető cukrok közül a legfontosabb a fruktóz, a glükóz és a szacharóz, melyet az invertáz enzim még az erjedés megindulását megelőzően glükózra és fruktózra bont. (Az erjedési folyamatokat a borral foglalkozó fejezetben részletesen tárgyaltuk). Az előerjedési fázisban a hőmérséklet lassan emelkedik, az élesztőszám növekszik, megindul az alkohol és a szén-dioxid képződése. A főerjedési fázisban, a harmadik napon a cefre hőmérséklete még hűtés esetén is 18 °C-ról 22-28 °C-ra emelkedik, majd az utóerjedési fázisban a hűtés hatására ismét visszaáll 18 °C-ra.

Az erjesztés lehet szakaszos vagy folyamatos. A szakaszos erjesztés során a cukorból alkohol és szén-dioxid keletkezik, ezért megjelennek a buborékok. Az erjeszhető cukortartalom csökkenésével a cefre az utóerjedési fázisba jut, amikor mozgása lelassul, a habzás megszűnik, a cefre felszínén szén-dioxid védőréteg keletkezik. Pár nap múlva a cefre megnyugszik, az édes cefre erjedése befejeződött. A folyamatos erjesztési eljárásnál a főerjedési fázisban a cefrét harmadolják, vagy felezik, majd ebből több tartályt beoltanak a klasszikus szintenyészeti eljárással. A főerjedésben lévő további tartályokból újabb édes cefre tartályok erjesztése indítható, azonban figyelni kell arra, hogy egy idő után az élesztősejtek tevékenysége lassul, az erjesztési hatások csökken, az élesztősejtek előregszeknek, amikor is új élesztővel kell az erjesztést folytatni.

2.9.5.3. Lepárlás

Előnyös a cefrét azonnal az utóerjedési fázis után kifőzni, mert az ilyenkor kialakult másodlagos aromaanyagok még frissek, az instabil illó aromák pedig még nem károsodtak. Hosszú várakozás után az a cefre előregedik, az élesztősejtekből aminosavak keletkeznek, amelyek kozmaolajokká alakulnak át, és bejutva a középpárlatba kellemetlen aromát okozhatnak.

A kiejert cefrében víz, 3-8 térfogat százalék etil-alkohol, illó és nem illó oldott anyagok és oldhatatlan szilárd anyagok találhatóak. A pálinka készítés egyik legfontosabb folyamata az alkohol és a megfelelő íz- és illatanyagok kinyerése a cefréből, melyre legalkalmasabb módszer a lepárlás vagy desztilláció. A lepárlás során a cefréből hőközléssel gőzt állítunk elő, majd hűtéssel cseppfolyósítjuk azt. A forrásban lévő anyag és az elpárolgott gőz összetétele jelentősen különbözik egymástól, mert a gőzfázisban az illó alkotórészek feldúsulnak. A lepárlási művelet tehát az elgőzölögtetésből és a cseppfolyósításból áll.

Elgőzölögtetéskor hőt közlünk a folyadékkal, melynek során gőz keletkezik. A folyadékok már a forráspontjuk alatti hőmérsékleten is párolognak, a forrásponton, ahol a folyadék elkezd forni, a

párolgás intenzívebb lesz, majd az egész folyadék gőz halmazállapotúvá válik. Mivel az anyagok különböző hőmérsékleten érik el forráspontjukat, ezért az alacsonyabb hőmérsékleten forró folyadékokat könnyen illó, a magasabb hőmérsékleten forró anyagokat pedig nehezen illó anyagoknak hívjuk. A cseppfolyósítás során a gőz fázisban lévő anyagokat hűtéssel cseppfolyósítjuk, amely lehet teljes vagy részleges.

A pálinka lepárlása szakaszos vagy folyamatos üzemben történhet. A szakaszos egyszerű desztilláció során a kiforráló üstbe helyezett anyag forrni kezd, majd a gőzt elvezetik és kondenzáltatják, és a kondenzátumot összegyűjtik addig, míg a kondenzátum el nem éri a kívánatos összetételt. A folyamatos egyszerű desztilláció során a cefrét folyamatosan táplálják be, a folyadékfázist részlegesen elpárologtatják, a kapott gőzt és a visszamaradt folyadékot pedig folyamatosan elvezetik. A szakaszos rektifikáció során a gőzöket folyamatosan felfelé vezetik egy oszlopon, majd kondenzáltatják. A kondenzátum egy részét visszavezetik az oszlopra, a másik részét pedig kondenzáltatják, minek során megkapják a desztillátumot. A kondenzátum és a desztillátum tömegáramának aránya a reflux. A visszavezetett kondenzátum az oszlopon a maradék elegy gőzeivel keveredve újra felforr, gőzét újra kondenzáltatják. A desztilláció tehát több lépésben játszódik le, melyet addig folytatnak, amíg a desztillátum összetétele el nem éri a kívánt értéket. A folyamatos rektifikálás során az első lépésben, teljes refluxot alkalmazva, az oszlopon beállítják az egyensúlyi állapotot, majd az oszlop egy közbenső pontjára vezetik a kiindulási elegyet. A gőz egy részét desztillátumként elvezetik, a másik részét visszavezetik az oszlopra, a maradékot pedig a kiforráló üstből folyamatosan vezetik el. A működés során állandósult állapot alakul ki, a desztillátum és a maradék tömegárama és összetétele állandó lesz. Ez az eljárás a nagy kapacitású, ipari szeszt előállító üzemekre jellemző.

A lepárlás során az alacsony alkoholtartalmú (4-8%) gyümölcscefréből egyszeri lepárlással alszeszt állítunk elő, melynek alkoholtartalma a 20-30% között lehet. Az alszesz újbóli lepárlásával 55-60 térfogat százalékos készterméket, pálinkát tudunk előállítani. Ha többszöri lepárlást végzünk, a párlat összetétele elérheti az ezeotropos elegy összetételét is. Idejétmúlt ma már az a nézet, hogy a magyar pálinka kizárólag kisüsti rendszeren, kétszeri párlással készül. A mai új rendszerek egy lépésben képesek többféle minőségű késztermék előállítására, melynek elemei a főzőüst oszloppal kombinálva, a katalizátor, a hűtőberendezés, a szeszmérő, a szedőedények, az irányító számítógépes rendszer és a tisztító rendszer.

Az oszloppal kombinált főzőüstnél fontos követelmény, hogy bizonyos felületek rézből készüljenek, mely az a lepárlás hőmérsékletén katalizáló hatású, így részt vesz az aromát adó illatanyagok képzésében. Ezért a legtöbb esetben az üst rézből készül, rozsdamentes lemezburkolattal ellátva, duplikátoros fenékkiképzéssel. Térfogatuk 100-1000 liter között változhat. Fűtési rendszerük

alapján lehetnek indirekt, ill. direkt rendszerűek. A direkt fűtésnél a gőzt közvetlenül a cefrébe vezetik, az indirekt fűtési rendszer pedig lehet falon keresztüli fűtést alkalmazó, vagy duplikátoros rendszerű, ahol a dupla falba vezetett forró víz melegíti a cefrét. Ezen utóbbi módszerrel a cefre odaégése kiküszöbölhető. A teljesen zárt rendszerű üstök mechanikai keverővel szereltek. Az üstfedélre építik rá a sisakot vagy dómot, amelyet esetenként deflegmátorral kombinálnak. A lepárlás első szakaszában a gőzök az üstfedelet elhagyva belépnek az üstsisakba, amikor a hőmérséklet-különbség hatására részleges kondenzáció megy végbe. A magasabb forráspontú párák a sisak belső felületén részlegesen kondenzálódnak, melynek hatására csak az alkoholban dúsabb párák jutnak a páracsőbe, míg az alkoholban szegényebb, vízben dúsabb párák visszajutnak az üstbe. Fontos tartozék az üsthöz integrált, deflegmátorral egybeépített aroma és alkoholkoncentráló oszlop, melynek elsődleges feladata a szennyező alkotók leválasztása, az aromaanyagok és az alkohol koncentrációja. A párlási folyamat úgy zajlik, hogy az üstben a forrásban lévő cefréből a vizes alkoholpárák felszállnak a koncentráló oszlop irányába, és az eltávozó gőzök minden esetben alkoholban gazdagabbak lesznek, mint a forrásban lévő cefre. Különböző technológia megoldások folytán az alkoholban dús párák folytatják útjukat a hűtő irányába.

A hűtő funkciója a koncentráló oszlopról érkező gőzök kondenzálása, illetve hogy a kondenzált párlatot 15-18 °C-ra hűtse. Rozsdamentes acélból készül, melyben az alkoholgőzök az ellenáram elve szerint kondenzálódnak. Jó, ha a hűtőcsövek rézből készülnek, mert ez teszi teljessé a pálinka aromáját. A hűtőből kilépő magas alkoholtartalmú folyadék az epruvettába kerül, ahol ellenőrizhető az átfolyó pálinka alkohol koncentrációja. Az alkoholtartalom mérőt csappal látják el, ahonnan a párlat alkoholtartalma folyamatosan nyomon követhető, és érzékszervi vizsgálatok alapján itt különítik el az elő-, a közép- és az utópárlatot.

A hagyományos kisüsti pálinkafőzés három szakaszból áll: az első szakaszban leválasztjuk az előpárlatot, a másodikban a középpárlatot, míg a legvégén különülnek el az utópárlat alkotói. Az etil-alkohol mellett mindhárom párlatban megtalálhatók az íz és aromaalkotók, de a minőségromtó vegyületek is. Nagyon lényeges, hogy hogyan sikerül érzékszervi úton a kellemetlen aromát adó alkotórészeket az értékes, kellemes aromájú komponensektől elválasztani. Ezt a feladatot csak nagy tapasztalattal rendelkező, kiváló és kifinomult érzékszervekkel bíró ember képes elvégezni.

A cefre az előmelegítő tartályba kerül, ahol aromavesztés nélkül 40-45 °C-ra felmelegszik. A desztilláció a rézből készült üstökben két lépésben megy végbe. A főzőüst térfogata 200-500 (maximum 1000) liter között van, melyet korszerű technológia esetén gőzzel fűtenek. Fontos alkotórészei a pálinkafőzőnek a vörösréz sisak, valamint a legalább 6-8 méter hosszú, 80-100 mm átmérőjű, 20-30 fokban az üst irányába lejtő páracsővek, melyek léghűtéses deflegmátorként

működnek. A főzési folyamat első szakaszában a cefréből kidesztilláljuk az alkoholt, és az egyéb illékony anyagokat. Az eredmény az alszesz, melynek szeszfoka 10-30 térfogat%. Az alszeszt az alszesz tartályból a finomító üstbe szivattyúzzák, melyből újabb desztillációval kapjuk a jó minőségű gyümölcspárlatot, a finomított alszeszt, vagy középpárlatot. A pálinkafőzés során folyamatosan kell az érzékszervi vizsgálatot végezni, mert csak így lehet az elő és utópárlatot egymástól szétválasztani. Az előpárlat kezdetben zavaros, és kellemetlen szúrós szagú is lehet, melyet rézelejének neveznek, amit célszerű végleges előpárlatként gyűjteni és megsemmisíteni. Később a párlat kitisztul, megjelenik a gyümölcstillat. Az előpárlatot addig kell leválasztani, amíg eltűnnek a csípős ízű aldehidek, és gyümölcshízű lesz a párlatunk. Nagyon fontos, hogy káros íz és illatanyagok ne kerüljenek a késztermékbe, a középpárlat az adott gyümölcsre jellemző ízű és illatú legyen, alkoholtartalma pedig érje el a 35-40%-ot. A középpárlat a szeszmérőn keresztül kerül a pálinkagyűjtő tartályba, ahol alkoholtartalma elérheti a 60-65%-ot is.

2.9.5.4. A pálinka tárolása, érlelése, házassítása

A lepárlás után a pálinkát tárolni, pihentetni és érlelni szükséges. A pálinka tárolására 10-300 hektoliteres, rozsdamentes acélból készült tartályokat használnak. Magas alkoholtartalommal nem szokás a pálinkákat forgalomba hozni, mert ekkor a domináns alkohol íz mellett a pálinka aromái háttérben maradnak, elvesznek. A gyümölcspálinkák értékei, illat és íz világuk 40-45% alkoholkoncentrációnál teljesebben ki, a pálinkák ekkor adják vissza legkifejezettebben a gyümölcs értékeit. Ilyenkor dominánsan jelentkezik az íz és illatvilág, és nem zavar az etil-alkohol jelenléte. A pálinka optimális alkoholfokának beállítása ioncserélt desztillált vízzel végezhető el. A számított mennyiségű vizet több lépésben, kis mennyiségben, keverés közben kell a pálinkához adni. A hígítás után következik a pihentetés, melynek időtartama 30-40 nap. Ezen időszak alatt a pálinka színe és beltartalmi értékei nem változnak meg, viszont a pihentetési idővel az ital harmonikussá válik. Fahordós érleltetés esetén azonban a fa íz anyagainak beépülésével egy minőségében más termék keletkezik.

A pihentetés után következik az érlelés, melynek során egy jobb minőségű termék alakul ki harmonikus virágillattal, fűszeres háttér ízzel, édeskék, lágy gyümölcsösséggel, illattal. Az érlelés bonyolult, összetett folyamat, melynek fontos kelléke a tölgyfahordó, ugyanis a hordóban, illetve a hordódongában játszódnak le azok az oxidációs-redukációs folyamatok, melyek a végső íz és illatkialakításért felelnek. A hordós érlelés olyan illatokkal és ízekkel gazdagítja a pálinkát, amelyek semmilyen más módszerekkel sem produkálhatók. Az érlelésre alapvetően tölgyfa hordókat használnak, de nem kizárt más fajta, pl. a gyümölcs fajtával azonos fából készült hordó használata sem. Az érlelés során minden hordó érzékszervi vizsgálatát hetente el kell végezni, melyből a változások kedvező vagy kedvezőtlen irányára lehet következtetni. Az érlelést követően kerülhet

sor a házasításra, ill. a frissítés elvégzésére. A házasításhoz ismerni kell a pálinka előállításának minden mozzanatát, mert csak így lehet a kívánatos íz dominanciáját elősegíteni.

A gyümölcságyon történő érlelés az jelenti, hogy a pálinkát legalább három hónapig, élelmiszerek tárolására alkalmas érlelő tartályban gyümölccsel együtt érlelik. Ennek során a gyümölcs szín és íz anyagai beoldódnak a pálinkába, ami ettől új tulajdonságokat nyer. Színe az érlelésben résztvevő gyümölcs színét veszi fel, íze a karakteresebb, a gyümölcsből bekerülő pektintől és cukortól teltebbé, lágyabbá, selymesebbé válik. A jó minőségű pálinka előállítása érdekében 100 liter pálinkához legalább 10 kg jó minőségű gyümölcsöt kell érlelő közegként felhasználni. Lényeges, hogy ilyen pálinkát is csak kiváló minőségű eredeti pálinkából lehet előállítani, mert az erjesztési és lepárlási hibákat a gyümölcságyas érleléssel nem lehet korrigálni.

2.9.5.5 A pálinka íz és illatszerkezetének kialakítása, a pálinkaaromák

A jó minőségű pálinka előállítása során a korszerű technika alkalmazásán túl szükség van a különféle illat és íz alkotók elkülönítésére a párlás során, majd az elkülönített frakciók kóstolással való házasítása következik. Az íz és illatvilágot tovább lehet tökéletesíteni különféle hordókban való érleléssel. A jó minőségű párlatokban virágaromákat, növényi és fűszeraromákat, erjesztési aromákat, gyantás és füstös jellegű aromákat lehet felismerni. A gyümölcsaromákon belül karakterisztikusak a friss gyümölcsre (körte, málna, barack, szilva, alma, stb.) jellemző aromák, amelyek a friss és az érlelt párlatok komponensei. Ide tartoznak a citrusfélék, a banán, a kivi, a citrom és a narancs aromái, amelyek majd minden párlatban kiegészítő alkotóként jelen vannak. A mogyoró és a mandula illata jobbra az érlelt párlatokban található meg. A virágaromák (rózsa, jácint, szegfű, akác, ibolya, stb.) magas illatküszöbük miatt a legértékesebb illat és íz alkotók, ugyanis rendkívüli intenzitásukkal nemcsak a friss, hanem az érlelt párlatoknak is nélkülözhetetlen komponensei. A növényi jellegű ízek és illatok (széna, föld, hagyma) jelenléte általában hibára utal, míg a bors, a vanília és a fahéj illata többnyire az érlelt párlatokban érezhető, de almástermésű gyümölcsök friss párlataiban is felismerhető. Az élesztős, káposztás jelleg, az ecetes, aldehides illat, a sajtra emlékeztető aroma hibát jelent, ami az erjesztési vagy lepárlási folyamatok nem megfelelő voltára vezethető vissza. A hibás alapanyag, vagy a hosszú fahordós érlelés fenyőfa, petróleum vagy kátrány illatot okozhat, a füstös aromák (pirított kenyér, pirított mogyoró, kávé, dohány) viszont szükségesek, de az erősen égett íz és illat hordókezelési hibát feltételez.

Az etilacetát és az acetaldehid okozzák az előpárlatosságnak nevezett hibát akkor, ha kevés előpárlatot választunk el, és ezek a komponensek bekerülnek a középpárlatba, amikor is jellegzetes, szúrós, oldószerre emlékeztető szagot lehet érezni. Az etil-acetát 800 mg/liter koncentrációban már érezhető, és negatívan befolyásolja a pálinka minőségét. A metil-alkohol

tisztulás hányada az etil-alkoholével azonos, ezért annak ellenére, hogy forráspontja (64,7 °C) jóval alacsonyabb az etil-alkoholénál, az előpárlattal nem választható el attól. Analitikai módszerekkel bizonyítani lehet, hogy az előpárlatban a metil-alkohol relatíve nagy koncentrációban fordul elő, de még a középpárlatban is jóval a kimutathatóság határa felett van.

A kozmaalkoholok közé tartozó amil-alkohol és izoamil-alkohol jelentős koncentrációban található meg a gyümölcs párlatokban. Forráspontjuk magasabb az etil-alkoholénál, tisztulási hányadosuk viszont egynél nagyobb. Ezek a komponensek az előpárlatban is megjelennek, koncentrációjuk a középpárlatban eleinte nő, majd a középpárlat vége felé csökken.

A lepárló üstök fűtésére fát, gázt vagy gőzt használnak. Nagyon fontos az energia pontos szabályozása, mert ez szabja meg a különböző párlatok egymástól való éles elválaszthatóságát. A lepárlókat csak nyílt rendszerként szabad működtetni, azaz biztosítani kell a kondenzálódó gőzökből keletkező párlat szabad távozását, ellenkező esetben a főzőüst, a túlnyomás következtében, fel is robbanhat. A fűtést nagy energiával kell kezdeni, majd az elválasztáshoz közeledve az intenzitást csökkenteni kell, hogy az előpárlat éles elválasztását meg lehessen valósítani.

A gyümölcsaromák egy része az előpárlatban a nem kívánatos komponensekkel együtt jelenik meg, majd a gyümölcsaromák nagyobb része ezt követően a középpárlatban desztillál át. Az előpárlat elvételének befejezési pontját szaglással és ízelemzéssel kell megállapítani, ami akkor megfelelő, ha a legtöbb íz és aromaanyag átkerül a középpárlatba. A kedvezőtlen komponensek közül (elsősorban etil-acetát) csak annyi kerülhet a középpárlatba, ami még nem okoz íz- és aromahibát. Nem szabad a biztonság kedvéért túl sok előpárlatot elvenni, mert az aromaanyagok egy része nem kerül be a főpárlatba, és a végtermék aromaszegény lesz.

Az előpárlat elválasztása után addig folytatódik az egyenletes hőközlés, míg el nem érünk az utópárlat elválasztásához, melynek felismerése ugyancsak nagy gyakorlatot igényel. Ha az utópárlatot nem választjuk el időben, akkor a középpárlat főként az átdesztilláló szerves savaktól kedvezőtlen ízű és illatú lesz. Célszerű a középpárlat szedését az optimálisnál kissé előbb befejezni, mert ekkor az íz és aroma anyagok döntő hányada már átdesztillált, maximum némi alkoholvészteséget szenvedünk el, de megvédjük a középpárlatot az ízhibát okozó anyagoktól.

Az utópárlat szedésének kezdetét is érzékszervi vizsgálattal kell megállapítani, és általános tapasztalat, hogy a középpárlat szedését akkor kell befejezni, ha annak alkohol koncentrációja eléri az 55-60%-ot. Lehet a középpárlat után több utópárlatot is szedni, és a lepárlás végén, az érzékszervi minősítés alapján, kell döntenie annak sorsáról. Otthoni főzésnél az előpárlat

szedésének megállapítására a desztillátumokat kisebb edényekben fogjuk fel, majd az érzékszervi bírálókat alapján döntünk a különböző párlatok felhasználásáról. A kóstolás előtt a párlatot célszerű 40-45%-osra vízzel hígítani, hogy az alkohol nagy koncentrációja ne nyomja el az érzékszerveket.

A friss párlat fogyasztásra alkalmatlan, az pihentetni és érlelni kell, mielőtt a fogyasztó asztalára kerül. A friss pálinka íze csípős, karcolja torkot, az aromák még nincsenek harmóniában egymással, amelyek csak a pihentetés során fellépő vegyi reakciók után alakulnak ki végleges formájukban. A pihentetés során időnként levegőztetni is lehet a párlatot, melynek során az ízt rontó anyagok elbomolhatnak vagy eltávozhatnak a párlatból, hozzájárulva a harmonikus aromájú termék kialakulásához.

2.9.6. Eredetvédett pálinkák, különféle pálinkafajták

Jelenleg öt eredetvédett pálinka elnevezés van közforgalomban: a békési szilvapálinka, a gönci barackpálinka, a kecskeméti barackpálinka, a szabolcsi almapálinka és a szatmári szilvapálinka, amelyhez hamarosan csatlakozhat az újfehértói meggypálinka, a göcsei körtepálinka és a pannonhalmi törkölypálinka.

A 2008. évi LXXIII. törvény szerint a Magyarországon termesztett gyümölcsből, erjesztéssel készült gyümölcscefre lepárlásával nyerhető párlatokat nevezhetjük csak pálinkának. A cefre cukortartalmát egyéb cukorral javítani tilos. Az egyes pálinkaféleségek törvényszerinti definíciója a következő: **Kisüsti pálinka** az a gyümölcs- és törkölypálinka, amelyet legfeljebb 1000 liter űrtartalmú, rézfelületet is tartalmazó lepárló berendezésben, legalább kétszeri szakaszos lepárlással állítottak elő. **Érlelt pálinka** az a gyümölcs és törkölypálinka, amelyet legalább három hónapig érleltek 1000 liternél kisebb, vagy legalább hat hónapig érleltek 1000 liter, vagy annál nagyobb térfogatú fahordóban. A fahordóban érlelt pálinka szárazanyag-tartalma maximum 4 g/l lehet. Érlelt pálinkák esetében csak az azonos megnevezésű érlelt pálinkák elegyíthetők, de érlelési időnek a csak a legfiatalabb érlelt pálinka érlelési idejét, korát lehet feltüntetni a címkén. Az érlelés időtartamát, a termék korát a címkén fel lehet tüntetni, és utalni lehet a fahordó anyagára is. Az érlelés időtartamát az érlelés helyszínén, ellenőrizhető módon dokumentálni kell. **Ópálinka** az a gyümölcs és törkölypálinka, amelyet legalább egy évig érleltek 1000 liternél kisebb, vagy legalább két évig érleltek 1000 literes vagy annál nagyobb térfogatú fahordóban. Az érlelés időtartamát az érlelés helyszínén, ellenőrizhető módon, dokumentálni kell. **Gyümölcságyon érlelt pálinka vagy ágyaspálinka** az a gyümölcs-pálinka, amelyet gyümölcsceffel együtt érleltek legalább három hónapig. A gyümölcságy a pálinka fajtájával azonos, ha egy gyümölcs megnevezésével jelölik, illetve tartalmazhat többfajta gyümölcsöt, de ebben az esetben csak vegyes gyümölcságyas pálinkának nevezhető. 100 liter gyümölcságyon érlelt pálinkához vagy ágyaspálinkához legalább 10 kg érett,

vagy legalább öt kg aszalt gyümölcsöt kell felhasználni. A palack címkéjén a nettó pálinka mennyiséget kell feltüntetni. Az érlelés időtartamát az érlelés helyszínén, ellenőrizhető módon dokumentálni kell.

2.9.7. A pálinka minősége, a hamisítás lehetősége

A pálinka minőségéért az előállító a felelős. A minőséget csak rendszeres ellenőrzéssel lehet bizonyítani. Az ellenőrzés azért is nagyon fontos, hogy élelmiszer-biztonsági szempontból kiváló minőségű ital kerüljön a fogyasztóhoz. A pálinka vizsgálatára sort kell keríteni, ha a jogszabályi feltételeknek való megfelelés vizsgálata a cél, és ha ki akarjuk mutatni a hamisítást, ill. az erjedés alatti hibákat.

Egy gyümölcs párlat akkor nevezhető pálinkának, ha megfelel a jogszabályi feltételeknek. A laboratóriumi mérések eredményei azt mutatják, hogy **a metil-alkohol és hidrogén-cianid tartalom betartása szokta okozni a legtöbb problémát**. Az etil-karbamát koncentrációra jelenleg még nincs előírás, de azokban a pálinkákban, ahol a magozásra nem fordítottak kellő figyelmet, gyakran egy mg/liter koncentrációnál nagyobb érték mérhető, ami valószínűleg a határérték lesz. Az előző három komponensen kívül az összes többi határérték könnyen teljesíthető.

Az ágyas pálinkák alkoholtartalmát, mivel itt szárazanyag is kerül az alkoholba, a hagyományos szeszfokológok pontatlanul mérik, mivel itt a szárazanyag tartalom növekedése a sűrűséget jelentősen megváltoztathatja. Az ilyen pálinkák alkoholtartalmát csak laboratóriumban, desztillációval vagy az erre kialakított célműszer alkalmazásával lehet elvégezni.

Mivel a pálinka nagyon drága és keresett élvezeti cikk, ezért **gyakran hamisítják**. A hamisítási módok az alábbiak lehetnek: Mesterséges aromákat juttatnak a párlatba, összekevernek különböző gyümölcsökből készült pálinkákat, és azt a drágább pálinka árán árulják. Jó példa erre, amikor málna pálinkát almapálinkával kevernek, és a keveréket málnapálinkaként hozzák forgalomba. A hamisítás egy különleges módja, amikor tiszta szeszben áztatnak különböző gyümölcsöket, majd az aromaanyagok kioldása után azt ledesztillálják, és pálinkaként hozzák forgalomba. Az ilyen geistnek nevezett ital egyértelműen hamisítvány. Hamisítás az is, ha egy bizonyos pálinkát más néven, drágábban hoznak forgalomba.

A hamisítás kimutatására legalkalmasabb a **tömegspektrométerrel kapcsolt gázkromatográfia**, amellyel a pálinkában lévő illó összetevők beazonosíthatók, és koncentrációjuk egyértelműen mérhető. A különféle pálinkák eltérő illóanyagai különböző kromatogramokat adnak, melyek alapján az egyes pálinkák beazonosíthatók, sőt ha egy fajta pálinkában található olyan vegyület,

ami a többi pálinkában nem található meg, vagy koncentrációja lényegesen eltér, akkor a pálinkák egymáshoz keverésének aránya is becsülhető.

Fél óránál rövidebb idő alatt egy pálinka metil-alkohol, etil-alkohol, propil-alkohol, etil-acetát, 2-metil-propilalkohol, 2,3-butándiol vagy 3-metil-butilalkohol tartalma nagy pontossággal meghatározható. A hibás erjesztési folyamatokkal kapcsolatos vegyületek is kimutathatók a pálinkából, sőt a vegyületek minőségéből az erjesztés hibája is meghatározható. A benzaldahid és az etil-karbamát a magozással kapcsolatos problémákra utal, míg a hibás előpárlat elválasztásra az etilacetát koncentrációjából, a hibás utópárlat elválasztásra pedig a 2-fenil-etanol magas koncentrációjából lehet következtetni.

2.9.7.1. A pálinka metil-alkohol tartalma

Mivel a metil-alkohol a látóideg károsítás folytán huzamosabban fogyasztva vakságot, egyszeri nagyobb mennyiségű fogyasztása pedig halált okozhat, célszerű megvizsgálni, hogy milyen módszerekkel lehet a pálinka metil-alkohol tartalmát csökkenteni. Az etil-alkoholnak nincsenek ilyen komoly mellékhatásai, ez utóbbi nagyobb mennyiségben fogyasztva „csak” rosszulletet, fejfájást, másnaposságot okoz, egészségkárosító hatása pedig csak hosszú idő után mutatkozik. Míg a metil-alkoholból enzimikus hatásra a nagyon mérgező formaldehid keletkezik, addig az etil-alkoholból keletkező acetaldehidet szervezetünk energiaként hasznosítja, amivel az „aratópálinka” fogyasztása magyarázható.

A metil-alkohol a pektinből keletkezik az alkoholos erjedés során, ezért minden nagy pektintartalmú gyümölcsből erjesztéssel készített ital jelentős metil-alkohol tartalmú lehet. A metil-alkohol természetes alkotórésze a direkttermő szőlőkből készített bornak, és a gyümölcspálinkának is. Csak míg a bor etil-alkohol tartalma alacsony, és nem képes kompenzálni a metil-alkoholt is átalakító enzimek hatását, addig a pálinka magas etil-alkohol tartalma nem engedi az enzimet hozzáférni a metil-alkoholhoz (kompetitív inhibitor), az nem tudja az igen mérgező formaldehiddé átalakítani. Nagyon fontos tehát, hogy mennyi a pálinka metil-alkohol tartalma, de az éppen olyan fontos, hogy mennyi az etil-alkohol/metil-alkohol arány, mert a kevesebb etil-alkohol nem tudja blokkolnia metil-alkoholt átalakító enzimeket.

A pálinka megengedett metil-alkohol tartalma maximum 10 g/liter, azaz az etil-alkohol két nagyságrenddel nagyobb koncentrációban van jelen, ami nem engedi a metil-alkoholt mérgező anyaggá átalakulni. Mivel az etil-alkohol és a metil-alkohol illékonyasága hasonló, még a lényegesen eltérő forráspontjuk alapján sem választhatók el teljesen egymástól. Az előpárlat metil-alkoholban ugyan dúsabb, de a közhiedelemmel ellentétben az előpárlat metil-alkohol tartalma

csak töredéke a cefre metil-alkohol tartalmának, mert a metil-alkohol jelentős része a pálinkában marad vissza, sőt az utópárlat is tartalmaz metil-alkoholt. A metil-alkohol és az etil-alkohol íze hasonló, ezért a metil-alkohol a pálinka ízére nincs hatással, ezért a párlat metil-alkohol tartalmáról ízleléssel nem lehet informálódni, arról csak a klasszikus vagy nagyműszeres analitikai módszerek adnak megbízható információt.

Különösen a magas pektintartalmú gyümölcsök (ribizli, alma, birs, körte) pálinkájában számíthatunk sok metil-alkoholra, de magas metil-alkohol tartalom mérhető még a csipkebogyó, a kökény, a galagonya és a berkenye pálinkák esetében is. A pálinka metil-alkohol tartalmát kismértékben csökkenteni lehet, ha a cefre erjesztési hőmérséklete alacsony (16-18 °C), ha a cefre pH-ja 2,8-3,0 közötti, ha az erjedés után azonnal kifőzzük a cefrét, és ha a desztilláció során a deflegmációs hőmérséklet nem túl alacsony, mert az erőteljesebb deflegmáció magasabb metil-alkohol tartalmat eredményez, ez viszont csökkenti az etil-alkohol kihozatalát, tehát a gazdaságosságot. Ha nagyobb előpárlatot és utópárlatot veszünk el, akkor is csökkenhető némileg a középpárlat metil-alkohol tartalma, ami azonban együtt jár az íz és zamatanyagok koncentrációjának csökkenésével is, ami a pálinka érzékszervi tulajdonságainak romlásához vezet.

Összefoglalva tehát **a metil-alkohol** az engedélyezett határérték felett **káros az egészségre**, azonban része az igazi, hamisítatlan pálinkának, ezért a „pálinka” nagyon alacsony metil-alkohol tartalma esetleg arra utalhat, hogy a pálinkát hamisították, és iparilag előállított tiszta szeszt keverték a pálinkához, vagy aromaanyagok segítségével abból állították elő a teljes mennyiséget. Ha valaki igazi jó gyümölcspálinkát akar inni, akkor annak **meg kell barátkozni a metil-alkohol fogyasztással** is. Az igazi jó pálinka határérték alatti metil-alkohol tartalma, az etil-alkohol védő hatása miatt, kulturált fogyasztási viszonyok között, nem lehet káros az egészségre. Mivel a metil-alkoholt a pálinkából csak nagyon körülményesen lehet eltávolítani, ezért a magas metil-alkohol tartalmú pálinkát csak úgy lehet ihatóvá tenni, ha jó minőségű, alacsony metil-alkohol és magas etil-alkohol tartalmú pálinkával keverik, hogy elérjék az egészségre nem káros metil-alkohol koncentrációt, és főként a kellő metil-alkohol/etil-alkohol arányt.

2.9.7.2. A pálinka etil-karbamát tartalma

A fermentált italokban a fermentációs technológiától függően nagy mennyiségben fordulhat elő etil-karbamát, vagy más néven uretán, mely rákkeltő tulajdonságú. A különböző országok törvényei ezért megadják azt a maximális koncentrációt, melyet az etil-karbamát nem haladhat meg. Az Európai Unió ajánlása szerint a gyümölcspálinkák maximum 1000 µg etil-karbamátot tartalmazhatnak literenként, de ismert ennél szigorúbb szabályozás is. Az etil-karbamát a

csonthéjas gyümölcsökből készült pálinkákban található, mert a ciántartalmú glikozidok a β -glikozidáz által katalizált enzimatikus folyamatokban cianidra bomlanak, mely oxigén jelenlétében cianáttá alakul, és reakcióba lépve az erjedés során keletkezett alkohollal etil-karbamát keletkezik.

Az etil-karbamát az élelmiszerekben a karbamid és az etil-alkohol reakciójából is keletkezhet, mely reakció sebessége szobahőmérsékleten csekély, magasabb hőmérsékleten, a sütés, a főzés és a pirítás során azonban a reakció felgyorsul. Karbamid források lehetnek az erjesztéssel készült élelmiszerek, beleértve az alkoholos italokat, ahol az erjedéskor az argininből karbamid és ornitin keletkezik, mely reakció sebessége 24 °C felett számottevő, ezért az erjedés hőmérsékletét ezen hőmérséklet alatt kell tartani.

Az etil-karbamát azért veszélyes anyag, mert az emberi szervezetben a bőrön keresztül is és a gyomorból is azonnal felszívódik. Lebomlása többféle módon mehet végbe. Enzimes lebomlás során egy észteráz enzim etil-alkoholra, ammóniára és széndioxidra bontja, vagy a citokrom450 enzim a nitrogén atomon hidroxilálja, melyet követően egy másik észteráz enzim hidroxil-aminná hidrolizálja, ami nitrogén monoxidá és oxigénné bomlik, mely oxidációval átalakítja a DNS-t. Lehetséges hidroxilálás a szénatomon is, melyet követ az oldallánc oxidációja. Rágcsálókkel végzett kísérletekkel megállapították, hogy az etil-karbamát 5%-a a szervezetből változatlan formában kiürül, 90%-a hidrolízissel bomlik, 0,1%-a N-hidroxi-karbamáttá alakul, és 0,5%-ából lesz vinil-karbamát, ami az epoxi gyűrű keletkezése közben a DNS-hez kovalensen kötődve rákot okozhat.

Ajtony és munkatársai (2014) egy gyors és pontos, kevés előkészítéssel járó nagyhatékonyságú folyadékkromatográfias módszert dolgoztak ki pálinkák etil-karbamát tartalmának meghatározására, fluoreszcens detektálással. (HPLC-FLD). Az oszlop előtti származékképzést követően a fluoreszkáló termékeket C18-as utószilanizált oszlopon, acetonitril és foszfátpuffer gradiens elúcióval választották szét, a meghatározást pedig 233 nm gerjesztési, és 300 nm emissziós hullámhosszon végezték. A módszerük linearitást mutatott a 20-1280 $\mu\text{g/liter}$ koncentráció tartományban, a kimutatási határ pedig 5 $\mu\text{g/liter}$ volt.

33 pálinka etil-karbamát tartalmát meghatározva annak koncentrációja öt és 2651 $\mu\text{g/liter}$ között változott. A legkisebb értékeket (5 $\mu\text{g/liter}$ alatt) a magozott pannonhalmi alma-, kajszibarack-, birs-, bodza-, meggy-, őszibarack-, törköly- és Vilmoskörte pálinkákban, míg a legnagyobbakat a külföldről származó, magozatlan, házi sárgabarack- és házi vegyes pálinkákban mérték (843-2651 $\mu\text{g/liter}$). Nem volt egyértelmű az összefüggés a magozott és a magozatlan pálinkák etil-karbamát tartalmában, mert magozott szilvapálinkák esetében is mértek magas (488-528 $\mu\text{g/liter}$) értékeket. A 33 pálinka etil-karbamát tartalmát (egy kivétellel) az EU által ajánlott 1000 $\mu\text{g/liter}$ alattinak mérték.

2.9.7.3. Egyéb, egészségre ártalmas anyagok a pálinkában

A metil-alkohol és az etil-karbamát mellett a pálinka még egyéb mérgező, vagy kellemetlen ízhatású anyagokat is tartalmazhat. Ilyenek az akrolein, az acetaldehid, a hidrogén cianid és nagy mennyiségben a réz. Az akrolein jelenléte a földszennyezésre utal, és mivel nagyon mérgező vegyületről van szó, azt a pálinkát, ami akroleint tartalmaz nagyobb koncentrációban, meg kell semmisíteni. Az acetaldehid a cefre érése során alkoholból keletkezik oxidációs hatásra. Megfelelő mennyiségű előpárlattal mennyiségét csökkenteni lehet, a pálinka esetében pedig szóba jöhet az újbóli lepárlás, amikor a pálinka első öt százalékát el kell önteni. A hidrogén-cianid mennyiségét, az acetaldehidhez és a metil-alkoholhoz hasonlóan, a pálinka újrafőzésével csökkenteni lehet. A párlat savtartalma megtámadhatja a pálinkafőző rézfelületét, melynek következtében rézionok kerülnek a pálinkába. Az előírások szerint egy liter pálinkában maximum 10 mg réz lehet jelen, ha ennél több, mennyisége ioncserével csökkenthető. A legtöbb kisüsti pálinkát előállító kis üzemben a középpárlatot kationcserélő műgyantán engedik át, mely a réz ionok nagy részét megkötí, a visszamaradó minimális mennyiség pedig már nem veszélyes az ember egészségére.

Felhasznált és ajánlott irodalom

- Buglass, A.J.: Handbook of alcoholic beverages. Technical, analytical and nutritional aspects. John Wiley & Sons. 2011. 1-1167.
- Cox, J.: From vines to wines. The complete guide to growing grapes and making your own wine. Versa Press. United States. 1999. 1-235.
- Csapó J. – Albert Cs. – Csapóné Kiss Zs.: Élelmiszeranalitika. Válogatott fejezetek. Scientia Kiadó, Kolozsvár, 2008. 1-314.
- Csapó J. – Csapóné Kiss Zs. – Albert Cs. – Salamon Sz.: Élelmiszerfehérjék minősítése. Scientia Kiadó, Kolozsvár, 2007. 1-506.
- Csapó J. – Csapóné Kiss Zs. (szerk): Élelmiszer- és takarmányfehérjék minősítése. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 2006. (Társszerzők: Babinszky L. – Győri Z. – Simonné Sarkadi L. – Schmidt J.). 1-451.
- Csapó J. – Csapóné Kiss Zs.: A tehéntej táplálkozástudományi szempontból legfontosabb összetevői. I. Fehérjetartalom és aminosav-összetétel, zsírtartalom és zsírsav-összetétel. In: A tej szerepe a humán táplálkozásban. (Szerk: Kukovics S.) Melánia Kiadó, Budapest, 2009. 147-165.
- Csapó J. – Csapóné Kiss Zs.: A tehéntej táplálkozástudományi szempontból legfontosabb összetevői. II. Laktóz-, ásványianyag- és vitamintartalom. In: A tej szerepe a humán táplálkozásban. (Szerk: Kukovics S.) Melánia Kiadó, Budapest, 2009. 167-186.
- Csapó J. – Csapóné Kiss Zs.: A tej és tejtermékek szerepe a táplálkozásban. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 2002. 1-464.
- Csapó J. – Csapóné Kiss Zs.: Biokémia – állattenyésztőknek. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 2007. 1-378.
- Csapó J. – Csapóné Kiss Zs.: Élelmiszerkémia. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 2004. 1-492.
- Csapó J. – Csapóné Kiss Zs.: Élelmiszerkémia. Scientia Kiadó, Kolozsvár, 2004. 1-603.
- Csapó J. – Salamon R.: Tejipari technológia és minőségellenőrzés. Scientia Kiadó, Kolozsvár, 2006. 1-164.
- Csapó J. – Schäffer B.: A tej tulajdonságai. In: Tejgazdaságtan. Szerk.: Szakály S., Dinasztia Kiadó, Budapest, 2001. 64-82.
- Csapó J. – Vargáné Visi É.: Fermented foods and health. 4 Conjugated linoleic acid (CLA) production in fermented foods. Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition. 2014. 75-105.
- Csapó J. (szerk): Tejipari Technológia. Tej és tejtermékek a táplálkozásban. Scientia Kiadó, Kolozsvár, 2014. (Társszerzők: Fenyvessy J. – Csanádi J. – Csapóné Kiss Zs.) 1-424.
- Csapó J.: Biokémia. Scientia Kiadó, Kolozsvár, 2004. 1-468.
- Csapó J.: Élelmiszereink. Alapvető élelmiszerek. Tej és tejtermékek. In: A táplálkozás egészségkönyve. Szerk.: Hajós Gy. – Zajkás G., Kossuth Kiadó, Budapest, 2000. 131-143.

- Csapóné Kiss Zs. – Kukovics S. – Csapó J.: A juh- és kecsketej táplálkozástudományi szempontból legfontosabb összetevői. In: A tej szerepe a humán táplálkozásban. (Szerk: Kukovics S.) Melánia Kiadó, Budapest, 2009. 187-206.
- Ebeler, S.E. – Takeoka, G.R. – Winterhalter, P.: Progress in authentication of food and wine. ACS Symposium Series: American Chemical Society. Washington DC. 2011. 1-377.
- Hoorfar, J. – Jordan, K. – Butler, F. – Prugger, R.: Food chain integrity. A holistic approach to food traceability, safety, quality and authenticity. Woodhead Publishing Limited. 2011. 1-367.
- Hoorfar, J.: Case studies in food safety and authenticity. Lessons from real life situations. Woodhead Publishing Limited. 2012. 1-360.
- Kovács B – Csapó J.: Az élelmiszermeghatározás analitikai módszerei. Debreceni Egyetem, Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar. Készült a TÁMOP-4.1.1.C-12/1/KONV-2012-0014. projekt keretében. 2015. 1-252.
- Kovács B – Csapó J.: Modern methods of food analysis. University of Debrecen, Faculty of Agricultural and Food Science and Environmental Management. Készült a TÁMOP-4.1.1.C-12/1/KONV-2012-0014. projekt keretében. 1-205.
- Lees, M.: Food authenticity and traceability. Woodhead Publishing Limited. 2000. 1-585.
- Moreno, J. – Peinado, R.: Enological chemistry. Elsevier. 2012. 1-429.
- Reynolds, A.G.: Managing wine quality. Volume 1. Viticulture and wine quality. Woodhead Publishing Limited. 2010. 1-606.
- Singhal, R.S. – Kulkarni, P.R. –, Rege, D.V.: Handbook of indices of food quality and authenticity. Woodhead Publishing Limited. 1997. 1-561.
- Sun, D.V.: Modern techniques for food authentication. Elsevier. 2008. 1-714.
- Wartha V.: A vörös borok hamisításáról. 1880. Magyar Kémikusok Lapja. 2011. 66. 364.
- Wilson, B.: Swindled. The dark history of food fraud, from poisoned candy to counterfeit coffee. Princeton University Press. 2008. 1-364.