



*A kép illusztráció / Picture is for illustration only
Fotó/Photo: Shutterstock*

Funkcionális élelmiszerek

KULCSSZAVAK: funkcionális élelmiszerek, étrend-kiegészítők, prebiotikumok, fitokemikálium, ADI-érték, LDL- és HDL-koleszterin, funkcionális élelmiszerek gyártási technológiája, élelmiszer-biztonság, mikrorizikó, fortification (növelés), restoration (helyreállítás), enrichment (gazdagítás), standardization (standardizáció), substitution (helyettesítés), vitaminok, mikroelemek, mikrotápanyagok, hiánybetegségek, polifenolok, flavonoidok, esszenciális zsírsavak, többszörösen telítetlen zsírsavak (PUFAs), konjugált linolsavak (CLAs).

ÖSSZEFOGLALÁS

A funkcionális élelmiszerek olyan készítmények, amelyek az alkotóelemeket megfelelő mennyiségben tartalmazzák, ám a hagyományos élelmiszerekhez képest nagyobb mértékben hatnak az életfunkciókra, hozzájárulnak a betegségek megelőzéséhez, egészségvédő hatásúak, összességében tehát kiemelten előnyös hatást fejtenek ki az emberi szervezetre. A funkcionális élelmiszerek előállításánál lényeges kérdés az, hogy milyen kiegészítő komponenst kell adni a termékhez, hogy a kívánt funkcionális – az életfolyamatokat különösen támogató – hatás kialakulhasson az emberi szervezetben. A közfogyasztásra bocsátás előtt tisztázni kell a funkcionális élelmiszerek fiziológiás hatását, a termék előállításának helyes gyakorlatát, a fogyasztói igényeket, a funkcionális élelmiszerekkel kapcsolatos élelmiszerbiztonságot, és a törvényi szabályozást. A funkcionális élelmiszerek előállítása egy olyan, viszonylag új terület, ahol a technológia kidolgozása, a vásárlók részéről történő elfogadás napjainkban is folyik, így az előállítók és a fogyasztók akár együtt is irányíthatják azokat a folyamatokat, amelyek néhány év múlva beépülhetnek a hagyományos élelmiszer-előállítási gyakorlatba.

Közleményünk első felében a funkcionális élelmiszerekkel kapcsolatos alapfogalmakat tárgyaljuk, majd az élelmiszerek kémiai jellegű anyagokkal való kiegészítésével előállított, néhány funkcionális élelmiszer jellemző tulajdonságait ismertetjük. A dolgozat terjedelmi korlátai miatt a mikrobiológiai kultúrákkal (élőflórával) előállított termékek tárgyalását egy későbbi munkánkban tervezzük.

BEVEZETÉS

A funkcionális élelmiszerek olyan termékek, amelyek megfelelő – általában az átlagosnál nagyobb mennyiségben – tartalmaznak olyan alkotóelemeket, amelyek egy vagy több életfunkcióra kiemelten előnyös hatást gyakorolnak, hozzájárulnak a mentális jólét állapotához, rendszeres fogyasztással a helytelen táplálkozás hatására kialakuló betegségek kockázata csökkenthető. A hagyományos élelmiszerek energia- és tápértéke mellett egészségvédő hatást fejtenek ki [1].

A szakirodalomban azokat az élelmiszereket is *funkcionálisnak* nevezik, amelyek valamely összetevőből a szokásosnál kisebb mennyiséget tartalmaznak. Ilyenek például a csökkentett zsír-, szénhidrát-, illetve fehérje-tartalmú készítmények.

A funkcionális élelmiszerek körén belül az olyan élelmiszereket, amelyek a gyógyszerkészítményekhez közeli mennyiségben tartalmaznak gyógyszerhatóanyagokat, *nutraceutikumoknak* nevezik. Fontos megjegyeznünk, hogy az Európai Unióban jelenleg érvényes szabályozás szerint a *nutraceutikumok* étrend-kiegészítő termékeknek minősülnek. A *gyógyhatású készítmény* megnevezés nem használható [2].

A szintén funkcionális élelmiszerek közé tartozó *prebiotikus* termékek *prebiotikumai* a tápcsatornába jutva elősegítik az ember számára kedvező mikroorganizmusok szaporodását, ugyanakkor visszaszorítják a káros mikroorganizmusokat, ezzel elősegítve a kedvezőbb összetételű mikrobiom kialakulását a tápcsatornában. Maga a *probiotikum*

¹ Debreceni Egyetem, Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetem

² Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetem

³ Wessling Hungary Kft. Budapest

élő mikroorganizmusokat tartalmazó kultúra. A probiotikus élelmiszerek egy csoportjánál maga a kultúra az élelmiszer alapanyaga (hordozója), vagy az aktív kultúrát nem probiotikus termékekhez utólag adják hozzá [3, 4].

A FUNKCIONÁLIS ÉLELMISZEREK FOGYASZTÁSÁNAK SZÜKSÉGESSÉGE – HIÁNYBETEGSÉGEK

Az ásványi anyagok közül a leggyakrabban a cink, a szelén, a vas, a jód és a kalcium, a vitaminok közül pedig az A- és a D-vitamin, valamint a folsavhiány fordul elő, de a kukoricát fogyasztó társadalmakban gyakori a niacin hiánya is. A tiaminhiány a rizsfogyasztó populációkban, a C-vitamin hiányából következő skorbut pedig azokban a populációkban jellemző, amelyekben kevés friss gyümölcsöt vagy zöldséget fogyasztanak [5]. Napjainkban kétmilliárd ember szenved vashiányban, 1,9 milliárd jódhiányban. Az A-vitamin hiánya miatt 250 millió iskolás korú gyermeket veszélyeztet a vaktság [6]. A hiánybetegség ott fordul elő legnagyobb mértékben, ahol a táplálkozás gabonán és hüvelyeseken alapul, és nem fogyasztanak elegendő mennyiségben állati eredetű élelmiszereket, főként húst, valamint friss gyümölcsöt és zöldséget. Az élelmiszerek alacsony szelén- és jódtartalma, amely úgy a növényi, mint az állati eredetű élelmiszerekben is észlelhető, ezen elemek talajban lévő alacsony koncentrációjával magyarázható [83]. Az alábbiakban – a teljesség igénye nélkül – néhány, a táplálkozás hiányosságaiából adódó hiánybetegség jellemzőinek rövid összefoglalásával világítunk rá a funkcionális élelmiszerek fogyasztásának jelentőségére.

A VASHIÁNY ÉS KÖVETKEZMÉNYEI

A világ lakosságának mintegy 30%-a vashiányos (ID – Iron Deficiency). Közülük egymilliárd ember szenved vashiányos anémiában (IDA – Iron Deficiency Anaemia), másik egymilliárd ember pedig anémia nélküli vashiányban. Utóbbit a klinikai terminológia látens vashiánynak (LID) vagy vashiányos erythropoiesis-nek (IDE) nevezi. Szervezetünkben az összes vas mennyiségének 95%-a a hemoglobinhoz és mioglobinhoz kötve található. Jelentős mennyiségű vasat tartalmaznak még a citokróm és a NADH dehidrogenáz enzimek is [8].

Néhány vastartalmú enzim az immunvédekezés eszköze; vashiány következtében fáradtság, gyengeség alakul ki, csökken az ellenállás a fertőzésekkel szemben, csökken a munkakapacitás, növekszik a mortalitás, alacsonyabb tömegű csecsemők születnek, csökken a gyermekek tanulási és felfogó képessége. Jelentős vasforrások a hús és a húskészítmények, mert bennük a vas hemhez kötött formában fordul elő. A hemhez kötött vas felszívódását az élelmiszerek összetevői lényegében nem befolyásolják. A nem a hemhez kötött vas felszívódása ugyanakkor számottevően függ a vas oxidációs fokától és az élelmiszer összetevőitől [9].

A vashiány csökkentése végett vassal kiegészített lisztet, rizst, hal- és szójaszószt, kukoricát, megnövelt vastartamú tejet és tejterméket is forgalomba hoztak [10].

A JÓDHIÁNY ÉS KÖVETKEZMÉNYEI

A táplálkozás hiányosságai miatt előálló jódhiány szinte egész világon előfordul. Európában a gyermekek mintegy 60%-a jódhiányban szenvedett egészen addig, amíg a jódzott konyhasó használata el nem terjedt a gyakorlatban. A jód esszenciális komponense a pajzsmirigy által termelt hormonoknak, amelyek a méhen belüli életben és a születés utáni időszakban az idegszövet és az agy kifejlődéséhez szükségesek. A hiányos jódbevitel funkcionális élettani zavarokat eredményez, amelyeket összefoglalóan jódhiányos rendellenességnek neveznek. Az alacsony jódbevitel miatti állapotot súlyosbítja a szelén és a vas hiánya, mert mindkét mikroelem szükséges a pajzsmirigy hormonjainak szintéziséhez. A jódhiány megszüntetésére kézenfekvő megoldás a jódzott konyhasó fogyasztása. A jódzott konyhasó mellett a jódzott víz, a különféle jódzott szósok és a jódzott búzaliszt is alkalmas jódforrásként szolgálhatnak az ember számára [11].

AZ A-VITAMIN-HIÁNY ÉS KÖVETKEZMÉNYEI

A gyermekkori vaktság kialakulásáért többek között az A-vitamin-hiány a felelős [12]. Évente mintegy 500 ezer gyerek vakul meg A-vitamin-hiány következtében, és közülük 50% egy éven belül meghal. A-vitamin szükséges a látóbíbor, a rodopszin képződéséhez, a látórendszer kialakulásához, a retinasav szükséges a csontvelőben, az immunrendszer működésében lényeges szerepet játszó mieloid sejtek képződéséhez, a növekedéshez, a fejlődéshez és a szaporodáshoz. Nagyobb mennyiségű A-vitaminbevitel esetén a fölösleges mennyiség elraktározódik a májban, ahonnan vitaminhiányos táplálkozás során felszabadul, és a szervezet anyagcseréjének rendelkezésére áll [13]. A tej és tejtermékek, valamint a máj a legjelentősebb A-vitamin-források. A gabonafélék és a hüvelyesek A-vitamin-tartalma csekély, ezért az A-vitamin hiánya azoknál az egyéneknél gyakori, akik gabonára és hüvelyesekre alapozzák táplálkozásukat. Az A-vitamin-szükséglet kielégítésére a margarin, az egyéb növényi olajok és a főzőolajok A-vitaminnal kiegészített készítményeit szokás alkalmazni [14].

A CINKEHIÁNY ÉS KÖVETKEZMÉNYEI

A cink mintegy 100 enzim működéséhez szükséges, amelyek részt vesznek a metabolizmusban, a növekedésben, az immunrendszer kialakulásában, a reprodukcióban és az idegrendszer kifejlődésében. Cinkhiány elsősorban a gabonafélékre és a hüvelyesekre alapozott táplálkozás során fordul elő, ami a csekély hús, valamint tej és tejtermék-fogyasztással párosul. Ennek ellenére az élelmiszerek cinkkel történő kiegészítése nem terjedt el a gyakorlatban [15].

A KALCIUMHIÁNY ÉS KÖVETKEZMÉNYEI

A kalciumhiány azokban a populációkban fordul elő világszerte, ahol nincsenek hagyományai a tej és a tejtermékek fogyasztásának. Az emberi szervezet saját kalciumtartalmát hatékonyan képes szabályozni. Hiány esetében a szervezet a csontokból pótolja a szükséges mennyiséget. Gyermekes esetében a hiányos kalcium- és D-vitamin-ellátás nem teszi lehetővé az erős csontok kifejlődését, amely az élet későbbi szakaszában csonttrikuláshoz vezethet [16]. Egy felnőtt ember napi kalciumszükséglete életkortól függően 1000-1200 mg, amelynek legnagyobb részét tej és tejtermékek fogyasztásával fedezni lehet. Ahol minimális a tej és tejtermékfogyasztás, ott kalciumhiánnyal lehet számolni [17].

A kalciumabszorpció szoros összefüggésben van az optimális D-vitamin-bevitellel, mert ahol alacsony az élelmiszerek D-vitamin-tartalma, ott kalciumfelszívódási zavarral kell számolni. A kalciummal és a D-vitaminnal dúsított élelmiszerek segítenek abban, hogy a fiatal szervezet elérje a csontokban a genetikailag meghatározott maximális kalciumtartalmát, ami a későbbiekben mérsékli az osteoporózis veszélyét [18].

A FOLSAVHIÁNY ÉS KÖVETKEZMÉNYEI

Folsavhiány azokban az esetekben alakulhat ki, amikor finomított alapanyagokból készült élelmiszereket fogyasztanak, illetve nem fogyasztanak elegendő mennyiségben leveles zöldségeket. A folátok a B-vitamin komplex részeiként hozzájárulnak a szervezetben a koenzim-A szintéziséhez. Hiányában számos biokémiai folyamat gátlódhat az emberi szervezetben [19]. A nem megfelelő folsavellátás vagy a folsav anyagcsere zavara a nyitott gerinccel születő csecsemők számának növekedéséhez, megaloblasztikus anémiához, neurológiai degenerációhoz, daganatos betegségekhez és szív-érrendszeri panaszokhoz vezethet. Az élelmiszerek, elsősorban a liszt folsavval történő kiegészítése jelentősen hozzájárult a korábban folsav hiánynak tulajdonított betegségek visszaszorulásához [86].

A FUNKCIONÁLIS ÉLELMISZEREK ÁLTALÁNOS JELLEMZÉSE

A funkcionális élelmiszerek kiemelkedően kedvező élettani hatását és alkalmasságát többek között az alábbi szempontok szerint lehet megítélni [20]:

- Hozzáadott funkcionális összetevők kémiai, mikrobiológiai tulajdonságai;
- A funkcionális hatást hordozó összetevők mennyisége;
- A funkcionális összetevők tényleges fiziológiás hatása;
- A készítmények gyártási technológiai lépései, a termelési folyamat kritikus pontjai;

- A funkcionális összetevőkkel dúsított élelmiszerek érzékszervi tulajdonságai;
- A termékek élelmiszer-biztonsági jellemzői (eltarthatóság, az összetevők túladagolásának kockázata, veszélye).

Néhány, gyakoribb funkcionális összetevő [21, 22]:

- Diétás rostok (vízben oldhatatlan és vízben oldható élelmi rostok);
- Természetes vegyületek – fitokemikáliumok – antioxidánsok, melyek esetenként a daganatos megbetegedések kialakulása ellen is hatásosak lehetnek (polifenolok, antociánok, kisebb molekulatömegű szerves vegyületek, vitaminok);
- Az anyagcsere enzimeinek proszretikus csoportjához kötődő mikroelemek;
- Többszörösen telítetlen zsírsavak (PUFAs – Poly Unsaturated Fatty Acids), amelyek az idegrendszer membránjainak fontos alkotóelemei, gyökfogó (scavenger) hatásúak;
- Speciális fehérjék, amelyek a funkcionális élelmiszert fogyasztó egyének nitrogén-ellátottságát, vázrendszerének erősítését szolgálják (pl. sütőipari termékek tejjel, tejsavóval, kazeinnel dúsíthatók, de alkalmaznak peptidekkel való dúsítást is);
- Élőflórás kultúrák (tejsavbaktériumokkal, kefirgombákkal stb.);
- Vitaminok (vízben, vagy zsírban oldódó vitaminok);

Több olyan egészségvédő komponens ismert, amelyeket kolosztrumból vagy tejből állítanak elő, és amelyeket bizonyos betegségek megelőzésére vagy gyógyítására használnak [18].

Bizonyos oligoszacharidok prebiotikumként működhetnek, mert kedvezően befolyásolják a bélcsatornában élő mikroorganizmusok fejlődését [23, 24]. A funkcionális élelmiszereket gyakran egészítik ki vitaminokkal. Ugyanakkor – különösen a zsírban oldódó vitaminok – túladagolása veszélyes lehet, ezért a dozírozásnál az adott élelmiszere vonatkozó fogyasztási szokások ismeretében az ADI-értéknek (ADI - Acceptable Daily Intake) megfelelő mennyiségű vitamint szabad a technológia során a készítményekhez adni. A funkcionális élelmiszer-készítményekhez gyakran használnak természetes édesítőszeret az energiában gazdag cukrok helyettesítésére (energia-szegényített termékek) [25].

A FUNKCIONÁLIS ÉLELMISZEREK FIZIOLÓGIÁS HATÁSA

A funkcionális élelmiszerek fogyasztásával többek között az ember szervezetét érő oxidatív (szabadgyökös) károsodások gátlása [26], antimutagén

hatás [27], antikarcinogén hatás [28, 29, 30], diétásrost-hatás [31, 24], immunomodulátor hatás [32, 85], ösztrogén hatás [33], antioxidáns hatás [34], antihipertenzív (vérnyomáscsökkentő) hatás [35, 26], hasnyálmirigy gyulladás ellenes hatás [36] és allergén mentesítő hatás várható [37]. A szív- és keringési betegségek megelőzésére „szívbarát” élelmiszereket fejlesztettek ki, melyek pl. LDL-koleszterin-szintet (LDL – Low Density Lipoprotein) csökkentő hatással rendelkeznek [38, 39].

A FUNKCIONÁLIS ÉLELMISZEREK BIZTONSÁGA, ÉLELMISZERJOGI HELYZETE

Az Európai Unióban a funkcionális élelmiszerekre ugyanaz a jogi előírásrendszer vonatkozik, mint a hagyományos élelmiszerekre [40]. Ugyanakkor az élelmiszer-gazdaság részleteit érintő szabályozás egyelőre nem teljesen egységes. A tagállamok saját előírásokat is alkalmaznak, de az élelmiszerek címkéjén feltüntethető – az egészségi állapotot érintő – állításokra vonatkozó előírásokat („health claims”) az Unióban egységesen szabályozták [41]. A funkcionális élelmiszerekkel kapcsolatos egységesítés jelenleg van a folyamatban. A hazai felügyeletben az Országos Gyógyszerészeti és Élelmezés-egészségügyi Intézet (OGYÉI) játszik központi szerepet. Jelenleg az étrend-kiegészítők és tápszerek témakörében az OGYÉI látja el a szakmai koordinációs és szakértői feladatokat. A hazai jogrendszerben az egykori Egészségügyi, Szociális és Családügyi Minisztérium 37/2004 számú rendelete az irányadó [42]. Az élelmiszerlánc ellenőrzése (összetétel, biztonság, dokumentáció, jelölés, gyártás, forgalmazás stb.) a NÉBIH és a megyei kormányhivatalok hatáskörébe tartozik.

Az élelmiszer-minőség az élelmiszer azon tulajdonságainak összessége, amelyek alkalmassá teszik a rá vonatkozó előírásokban rögzített és a fogyasztók által elvárt igények kielégítésére. Alapvető követelmény, hogy az élelmiszer fogyasztása nem járhat az elfogadható mértéknél nagyobb kockázattal. Ennek megfelelően az az élelmiszer tekinthető biztonságosnak, amelynek tartós fogyasztása nem jelent kimutatható egészségügyi kockázatot. Ugyanakkor *teljesen kockázatmentesen* fogyasztható élelmiszer fizikailag elképzelhetetlen, de a közfogyasztásra szánt élelmiszerek által okozott ártalom nem lehet nagyobb, mint a társadalom által elfogadott – természetesen jogszabályokkal is alátámasztott – *mikrorizikó* négyszeres szintje. A mikrorizikó olyan károsító hatást jelent, amely egy életen át való fogyasztás során egymillió lakosból álló populációnál egy többethalálózást okoz [43].

A különböző összetételű funkcionális élelmiszerek hatásának vizsgálata, a termékek élelmiszer-biztonságának köteleme a mindenkor gyártót és/vagy forgalmazót terheli [44]. Az újonnan kifejlesztett készítményeknél általában vizsgálják, hogy az élelmiszer túladagolása milyen kockázattal jár, a

hozzáadott funkcionális összetevő kifejti-e a kívánt táplálkozás-élettani hatást, fennáll-e a veszélye annak, hogy az összetevők és a normál élelmiszerek komponensei toxikusak-e, illetve mekkora a valószínűsége a nemkívánt keresztreakcióknak.

A FUNKCIONÁLIS ÉLELMISZEREK GYÁRTÁSI TECHNOLÓGIÁJA, BIZTONSÁGA

FUNKCIONÁLIS ÉLELMISZEREK ELŐÁLLÍTÁSA ÉLELMISZER-KIEGÉSZÍTÉSSEL

Az élelmiszerek kiegészítése különféle mikro-tápanyagokkal több évszázados múltra tekinthet vissza. A régi időkben a vashiány pótlására vasszőget szűrtak az almába, a nagyobb kalcium-bevitel érdekében a kukoricát meszes vízben áztatták, a konyhasót pedig jóddal egészítették ki a golyva megelőzésére [45]. Az A-vitamin-hiányt a margarin A-vitaminnal való kiegészítésével próbálták kiküszöbölni, és a búzalisztet tiaminnal, niacinnal és vassal egészítették ki [46], valamint kalciummal kiegészített lisztet is forgalomba hoztak [47].

Az élelmiszerek funkcionális komponensei mennyiségének növelése

A funkcionális összetevők a helyes gyártási gyakorlatnak megfelelő adagolása nem változtathatja meg az élelmiszer érzékszervi tulajdonságait.

A Debreceni Egyetem kutatócsoportja búzaliszthez adagolt lizin aminosavval javították a táplálkozási hiányosságokból eredő esszenciális aminosavhiányt. Az aminosav-kiegészítéssel a készítmény táplálkozás-biológiai értéke nőtt, és a legfeljebb 1,5%-os lizin hozzáadásával a lisztből sült termékek érzékszervi tulajdonságai nem változtak meg [48].

A közismert kiegészítéseken túl (jódozott só, a margarin kiegészítése A- és D-vitaminnal, vagy a liszt helyreállítása és megerősítése), módszereket dolgoztak ki az angolkór megelőzésére a tej D-vitamin-tartalmának megnövelésével. Niacint, tiamint és folsavat adtak a liszthez a beriberi és a pellagra megelőzésére, a vérszegénység megelőzésére pedig búzaliszthez vasat adagoltak. A fejlődő országokban a legfontosabb népélelmezési cikkeket egészítik ki főként vitaminokkal és ásványi anyagokkal (mikrotápanyagokkal). A burgonyából, gabonafélékből és gyümölcsökből készült élelmiszereket mikrotápanyagokkal, mikroelemekkel és C-vitaminnal egészítik ki. A mikro-tápanyagok közül leggyakrabban a folsav-kiegészítés emberi egészségre gyakorolt hatását tanulmányozták. Megállapították, hogy a folsavhiányos táplálkozás növelheti a nyitott gerinccsővel született csecsemők arányát, ezért az Egyesült Államokban folsavval egészítették ki a gabonából készült élelmiszereket. Az ilyen megnövelt folsavtartalmú élelmiszerek fogyasztását javasolták az áldott állapotban lévő kismamáknál [49].

A folsav kiegészítés idősebb embereknél B₁₂-vitamin hiányhoz vezetett. Ebből következik, hogy esetenként valamely mikrotápanyaggal végzett kiegészítés egy másik funkcionális összetevő hiányát okozhatja. Ilyenformán a kiegészítésnek a hasznos hatáson kívül esetleg káros következményei is lehetnek [50].

Az élelmiszerek bizonyos komponenseinek helyettesítése

A zsírszegény étrendet igénylő fogyasztók számára készített termékekben nehézséget okoz a zsíros tejek és tejtermékek helyettesítése más, zsírszegény élelmiszer-alapanyagokkal. A zsíros tej ugyanis jelentős mennyiségű zsírolékony vitamint tartalmaz, és a zsír kivonásával a vitaminok számottevő részét is eltávolítják a technológiában. Hasonló a helyzet a hús helyettesítése esetén, valamely növényi eredetű alapanyaggal, például szójával. A zsírban oldódó vitaminok mennyiségének megtartása érdekében mindkét esetben vitamin-, ásványianyag- és esszenciális aminosav-kiegészítést kell alkalmazni [51]. A zsír helyettesítő margarinok elterjedésekor azokat A- és D-vitaminnal, valamint karotinnal egészítették ki.

Az élelmiszerek funkcionális komponenseinek dúsítása, kiegészítése

A dúsítás olyan speciális terméket eredményez, amely egy vagy több élelmiszer-komponensből jelentős mennyiséget tartalmaz, és a fogyasztói populáció szűk csoportját célozza meg. A legismertebb dúsított termékek a multivitaminok, az ásványi anyagokkal kevert vitaminok, illetve a különböző mennyiségű C-vitamint tartalmazó kapszulák. A kiegészítőket a biztonságos táplálkozás okán, valamint terápiás célból fogyasztják. A fogyasztók esetenként kifejezett gyógyhatást is várnak ezektől a készítményektől. Idős embereknél csonttrikulás ellen a főleg kalciumot és D-vitamint tartalmazó étrend-kiegészítők alkalmazása célszerű.

Élelmiszerek vitaminokkal történő dúsítása, kiegészítése

A vitaminok a kevésbé stabil élelmiszer-komponensek közé tartoznak. A stabilitás változik a vitamin fajtájától függően; vannak, amelyek stabilabbak (niacin) és vannak olyanok, amelyek kevésbé stabilak (B₁₂-vitamin). A vitaminok stabilitását leginkább a hőmérséklet, a nedvesség, az oxigén, a fény, a pH, az oxidációs vagy redukciós komponensek jelenléte, a nehézfém-ionok (réz, vas) jelenléte, a kén-dioxid mennyisége, más vitaminok jelenléte, ill. a felsorolt hatások kombinációja befolyásolja. E tényezők közül legfontosabbak a hőmérséklet, a nedvesség, az oxigén, a pH és a fény. Különösen nagy vitaminvesztéssel kell számolni ott, ahol jelentős hőkezelést is alkalmaznak. A vitamintartalom időről időre változhat [52]. A deklarált vitamintartalom betartása nehéz, mert a vitaminok

egymástól különböző dinamikával bomlanak. A termékek jelölésén ennek ismeretében kell azok vitamintartalmát feltüntetni: a minőségmegőrzési idő első napján sem lehet a vitamintartalom nagyobb, mint a rá vonatkozó ADI-érték, de a lejárati utolsó napján is meg kell, hogy legyen a funkcionalitáshoz szükséges vitamintartalom [53, 54].

A vitaminok a késztermékekben egymással is reakcióba léphetnek, aminek következtében bomlást szenvedhetnek. Folyékony multivitamin preparátumokkal kapcsolatban végzett kutatások során 13 vitaminnal mutatták ki, hogy kölcsönhatásukkal gyorsítják más vitaminok bomlását. A legfontosabbak ezek közül az aszkorbinsav, a tiamin, a riboflavin, és a ciano kobalamin. Az aszkorbinsav növeli a folsav és a ciano kobalamin instabilitását, a tiamin a folsavét és a ciano kobalaminét, a riboflavin pedig a tiaminét, a folsavét, és aszkorbinsavét. A vitaminok csökkentik vagy növelik a másik vitamin oldhatóságát is [55]. Az élelmiszerek vitamintartalma csökken a besugárzás hatására, amelynek mértéke egyértelműen összefügg a besugárzás erősségével. 3-10 kGy besugárzás hatására, levegő jelenlétében, már vitaminvesztés léphet fel, mely tovább növekszik a tárolás során. A zsírolékony vitaminok közül az A, az E és a K-vitamin érzékeny a besugárzásra, míg a vízzeloldékonyak közül a tiamin a legérzékenyebb, a niacin, a riboflavin és a D-vitamin pedig nem érzékeny rá [56].

Polifenolok – az élelmiszerek antioxidáns tulajdonságainak kialakításához

A polifenolok, vagy más néven flavonoidok a növények másodlagos anyagcsere termékei, amelyek közül napjainkig több mint haterzet azonosítottak [57]. A fenolos gyűrűhöz kapcsolódó hidroxil-csoportok biztosítják a molekulák intenzív antioxidáns tulajdonságait. A flavonoidok szerkezetük alapján hat csoportba oszthatók: flavonolok, flavonok, catechinek, flavononok, antocianidinek és izoflavonok. E vegyületek, mint antioxidánsok, képesek módosítani a kulcsenzimek aktivitását, értágító, daganatellenes, gyulladáscsökkentő és az immunrendszert erősítő hatással rendelkeznek. Legfontosabb flavonoid források a gyümölcslevek, a kávé, a tea, a vörösbor, a hagyma, az alma és a bogysós gyümölcsök, a fekete ribizli és az áfonya. Az élelmiszerekben előforduló fő flavonoidok a catechin és a catechin-gallátok, valamint a kvercetin és a kampferol, valamint ezek glikozidjai [84].

Élelmiszerek karotinoidokkal történő kiegészítése

A karotinoidok a természetes növényi pigmentek nagy csoportját alkotják. Színük sárgától a vörösre változhat a természetben. Az élelmiszerek kb. 50-60 különböző karotinoidot tartalmaznak. A β -karotin az A-vitamin provitaminja, amelyből a karotinázenzim segítségével két molekula A-vitamint tud a szervezet szintetizálni. A β -karotinnal történő élelmiszer-

kiegészítés hosszú múltra tekint vissza, mert pl. a gyümölcsleveket már régóta kiegészítik β -karotinnal, tehát korábban a karotinoidokat leginkább élelmiszer színezékként alkalmazták. A sok karotinoid közül a legfontosabbak a β -karotin, az α -karotin, a β -kriptoxantin, a lutein, amely nem A-provitamin, a zeaxantin és a likopin [58].

A karotinoidok egészségvédő hatását kiemelkedő antioxidáns hatásuknak tulajdonítják. A β -karotin két A-vitamin molekulává alakul át, a lutein és a zeaxantin hozzájárul a szem egészséges működéséhez, a likopin pedig segíthet a prosztaták megelőzésében. A hozzáadott karotin mennyiségét elsősorban a kívánt szín elérése és az egészségügyi szempontból való hatásosság szabja meg. Napjainkban a β -karotint és a likopint az élelmiszeriparban széles körben alkalmazzák élelmiszerek színezésére. A β -karotint nagy mennyiségben alkalmazzák margarínok, vaj, sajt, joghurt és a fagyalt színezésére, alkalmazzák sütőipari termékeknek, leveseknek, szósoknak, salátaönteteknek és édességeknek is, valamint nagy mennyiségben használják a multivitamin italok előállításánál [59].

Élelmiszerek esszenciális zsírsavtartalmú olajokkal történő kiegészítése

Néhány lipidről kiderült, hogy egészségvédő hatással rendelkeznek, és esetenként esszenciálisak az emberi szervezet számára. Ilyenek például az LDL-koleszterinszintet csökkentő szteroidok (kémiai szerkezetük tekintetében nagy hasonlóságot mutatnak a koleszterin szerkezetével), illetve bizonyos zsírsavak, amelyek gyulladást csökkentő hatással bírnak. A növényi szteroidok kémiai szerkezetüket tekintve nagyon hasonlóan a koleszterinhez. Legfontosabb képviselőik a szitoszterol, a kampszterol és a sztigmaszterol. A növényi sztanolok telített növényi szterolok, mivel nincs a szteroid gyűrűben kettős kötés. A növényi szteroidok nincsenek hatással a HDL koleszterin szintre, de mivel javítják az LDL/HDL arányt, ezért egészségvédő hatással rendelkeznek [60].

Többszörösen telítetlen zsírsavak

A többszörösen telítetlen zsírsav (PUFAs – Poly Unsaturated Fatty Acids) kifejezést mindazon zsírsavak esetében használják, amelyek legalább két telítetlen kötést tartalmaznak. Közöttük a linolsav (C18:2) és a linolénsav (C18:3) az ember számára esszenciális, mert a szervezetünk nem tudja előállítani azokat, ugyanakkor nélkülözhetetlenek az idegrendszer és általában a sejtmembránok felépítéséhez. A szervezet mindkét zsírsavból többek között hormonszerű eikozanoid típusú vegyületeket állít elő, amelyek a szív- és érrendszert, a légzőrendszert, az immunrendszert és a reprodukciós funkciókat modulálják, valamint kulcsszerepet játszanak a gyulladások megelőzésében [61]. Az eikozanoidok szintézise az emberi szervezetben a

rendelkezésre álló zsírsavak típusától függ, ezért az elfogyasztott élelmiszerek ω -3/ ω -6 aránya megszabja a belőlük előállítható eikozanoidok mennyiségét [62]. Egyes szerzők úgy vélik, hogy a 4:1 ω -3/ ω -6 arány az optimális az emberi szervezet számára, de több országban mértek 7:1 és 14:1 arányokat is, amelyek messze eltérnek az optimálistól [63].

A többszörösen telítetlen zsírsavak forrásai

A PUFA-val való kiegészítés optimális nyersanyagait a különféle növényi olajok, mint pl. a ligetszépe olaj és a lenmagolaj, amelyek karakterisztikus ω -3/ ω -6 aránnyal jellemezhetők. A halolajok különösen nagy mennyiségű eikozapentaénsavat (EPA – C20:5 n-3) és dokoza-hexaénsavat (DHA – C22:6 n-3) tartalmaznak. Általánosságban véve a növényi olajok sok n-3 PUFA zsírsavat tartalmaznak linolénsav formában [64]. Mivel ugyanaz az enzimszisztéma alakítja tovább a linolsavat és a linolénsavat hosszabb szénláncú telítetlen zsírsavakká, a két zsírsav egymás kompetitív inhibitoraként működik, ezért a linolénsavnak csak egy része képes EPA-vá és arachidonsavvá konvertálódni [65]. Az EPA és a DHA fő forrásai a halolajok, amelyek a halliszt-gyártás „melléktermékei”. A halolaj zsírsavösszetétele függ a halak által elfogyasztott takarmány összetételétől, ezért a különböző helyekről származó halolajok zsírsavösszetételében jelentős különbségek is lehetnek. A halolajok EPA tartalma 5-18% között, DHA tartalma pedig 6-13% közötti érték. A tengeri mikroalgák tűnnek a legjobb n-3 zsírsavforrásnak, mert ezek képesek a hosszúláncú n-3-as zsírsavakat szervezetükben akkumulálni [66].

Konjugált linolsavak

A konjugált linolsavak (CLA – Conjugated Linoleic Acids) is két kettős kötést tartalmaznak, azonban azok konjugált pozícióban vannak a molekulában. A CLA az étkezést követően csökkenti a zsírraktározást, csökkenti a zsírsavak összes mennyiségét, és növeli a zsírok bekapcsolódását az energiatermelő folyamatokba [67]. A CLA vegyületek immunmodulátor-hatással is rendelkeznek, befolyásolják a sejtek immunválaszát a vakcinákra, a szervezet citokinszintjét, és így szerepük lehet a gyulladások kezelésében is. A sok CLA-izomer közül a *cisz-9,transz-11* és a *transz-10,cisz-12* izomer rendelkezik biológiai aktivitással. A kereskedelmi forgalomban lévő CLA-készítményeket safrányos szeklice olajból állítják elő, amely mindkét izomert 50:50 százalékos arányban tartalmazza [7].

A lipidekkel kapcsolatos technológiai szempontok

A CLA előállításánál alapvető követelmény, hogy a legnagyobb koncentrációban a biológiai aktivitással rendelkező izomerek keletkezzenek. A sok telítetlen zsírsavat tartalmazó készítmények érzékenyek az oxidációra, ezért az ilyen készítményekben gyakran olyan antioxidánsokat alkalmaznak, mint a tokoferol-

keverékek, az aszkorbil-palmitát, a rozmarying extraktum vagy a citromsav. A lipidoxidáció alapvegyületei a kettős kötést tartalmazó zsírsavak. Minél több a kettős kötés egy molekulában, annál fogékonyabb az oxidációra; így a DHA ötször fogékonyabb az oxidációra, mint a linolsav. Az autooxidációt iniciátorok indítják be, aminek hatására a telítetlen zsírsavakból a szénatomon lokalizált szabad gyökök keletkeznek. Ezek a további bomlást követően illékony vagy nem illékony másodlagos termékeket alkotnak [68].

Az illékony komponensek közé tartoznak az aldehidek, a ketonok, az alkoholok és bizonyos szénhidrogének, amelyek az avas szag és íz kialakulásáért felelősek. A fotooxidáció nemgyökös reakció, amely hidroperoxidok és illó komponensek képződéséhez vezet, olyanokhoz, mint amilyenek a gyökös reakciókban is keletkeztek. Fényérzékenyítő vegyületek az élelmiszerekben a klorofill, a riboflavin és a hem fehérjék. A lipid oxidációt néhány esetben antioxidánsok adagolásával meg lehet akadályozni. Az elsődleges antioxidánsokat szabad gyök befogóknak is nevezik, mert a szabad gyökök semlegesítésével megállítják a gyökös reakciókat. A mesterségesen előállított antioxidánsok fenolos szerkezetű vegyületek, mint amilyen pl. a BHA (butil-hidroxianizol), a BHT (butil-hidroxitoluol) és a propil-gallát, a természetes antioxidánsok pedig a tokoferolok és a növényi polifenolok [2], [69].

A fentebb leírt kémiai tulajdonságok miatt a gyártási technológiában figyelembe kell venni a vegyületek érzékenységet. Körültekintően kell beállítani az étrend-kiegészítők hőkezelési paramétereit (hőmérséklet, hőntartási idő). Esetenként a technológiai folyamatból a levegő oxigénjét is ki kell zárni.

Az élelmiszerek kiegészítése biológiai aktivitású lipidekkel

A hosszú szénláncú PUFA-kat és a CLA-t általában észterezett formában, szagtalanítás után adják az élelmiszerekhez. Az olajokhoz mindig célszerű emulgeáló szert is adagolni, amely növeli a diszperzitást, stabilitást biztosít az élelmiszereknek, megakadályozva a különböző fázisok szétválását. A gyártási technológiai folyamatban általában homogénezést is közbeiktatnak a kellő diszperzitás fok és stabilitás elérése miatt [68]. A funkcionális lipid-komponensek hozzáadásának megkönnyítésére különböző, porlasztva szárított termékeket állítottak elő, amelyek vizes közegben is könnyen és homogéneen elkeverhetők. Eredeti állapotú szterolokat nehéz a vizes közegben egyenletesen elosztatni, mert ezek a vegyületek erősen hidrofóbok, és az egyszerű hozzákeverést követően azonnal elválnak a vizes közegtől [69].

Napjainkban a szterolokkal kiegészített italok és gabonafélék a legnépszerűbbek az Egyesült Államok fogyasztói között. Ugyancsak közkedveltek a

kistérfogatú tejes italok, amelyeknek 100 grammja 2-3 g növényi szterolt tartalmaz. Szívesen fogyasztják a növényi szterollal kiegészített joghurtot, tejet, tejport és a kenhető sajtokat is [70]. Az utóbbi években csecsemők és idős emberek számára készült, PUFA-kkal, eikozapentaénsavval (EPA) és dokoza-hexaénsavval (DHA) adalékolt étrend-kiegészítőket is gyártanak és forgalmaznak. A tej és tejtermékeken kívül számos un. omega-kenyér van kereskedelmi forgalomban, melyekben a PUFA koncentrációja átlagosan 80 mg/100 g [71].

Flavonoidok, mint funkcionális élelmiszer-komponensek

A flavonoidok a növényi metabolizmus másodlagos anyagcseretermékei, amelyek főként a gyümölcsök héjában, magjában és kocsányában találhatóak meg. Mint pigmentképzők szerepük van az UV-fény, a mikroorganizmusok és egyéb növényi kártevők elleni védelemben, az enzimreakciók szabályozásában, emellett szignálfunkcióval is bírnak a nitrogénmegkötő baktériumok számára. Élelmiszerként a növényi anyagokban színezőanyagok, ízkomponensek és antioxidánsok. Alapvázukban az aglikon cukormolekulához kapcsolódik, ezért a flavonoidok valójában glikozidok. A flavonoidok 1,3-difenilpropán, az izoflavonoidok 1,2-difenilpropán, a neoflavonoidok pedig 1,1-difenilpropán-származékok, és ebbe a csoportba tartoznak még az antocianidin, a cianidin, az antocianin és a cianin is [72].

A flavonolok csoportjának jellegzetes képviselői a katechinek, a proantocianidinek az oligomer katechinek, a flavonoké a quercetin és a kampferol, a biflavonoké az amentoflavon és a bilobetin, a flavononoké a heszperidin és a naringin, a flavononoloké a taxifolin, az antocianinoké a cianidin, a delphinidin, a malvidin és a petunidin, a flavonolignanoké a szilmarin, az izoflavonoké pedig a genistein és a diadzein [73].

2001-ben Magyarországon a felnőttek 18,8 mg/fő/nap (0,5-309,7 mg), a gyerekek pedig 19,5 mg/fő/nap (0-179,3 mg) flavonoidot fogyasztottak, míg az ajánlott bevétel összesen 1000 mg/fő/nap. A fenti adatok azt mutatják, hogy Magyarországon a zöldség- és gyümölcsfogyasztás messze elmarad a kívánatostól [1].

A flavonoidok felszívódása és metabolizmusa

A flavonoidok felszívódása azok kémiai szerkezetétől, a molekula méretétől, a polimerizáció fokától, a glikozidációtól és a vegyületek oldhatóságától függ. A flavonoid típusú molekulák általában rosszul szívódnak fel, az összes elfogyasztott mennyiség 0,2-0,5%-a hasznosul a szervezetben [74]. Ezek a vegyületek dekarboxilációval, demetilációval, a kettős kötések telítődésével átalakulnak, majd az aglikonok a vékonybélben keresztül szívódnak fel. A glikozidokat a felszívódás előtt hidrolizálni kell, azonban az emberben hiányzik a β -glükozidáz enzim, ezért a

vastagbél mikrobiomja hidrolizálja a glikozidokat, ezt követően a metabolitok a vérrel eljutnak a májba, ahol metilálás és szulfonálás következik be, majd a származékok a vérrel eljutnak a vesébe, ahol a vizelettel választódnak ki [75].

A flavonoidok legfontosabb biokémiai tulajdonságai az antioxidáns hatás szabadgyökbefogással, a gyulladáscsökkentő hatás, az asztma ellenes és antiallergén hatás, az enzimek aktiválásának módosítása, általában azok gátlása, az antivirális, antibakteriális hatás, az ösztrogén aktivitás, a mutagenezist és karcinogenezist befolyásoló hatás, a hepatoprotektív hatás, valamint a véredényrendszer működését befolyásoló hatás [76].

Mai ismeretink szerint a rosszindulatú daganatos megbetegedések semmilyen étrenddel, étrendkiegészítő fogyasztásával nem előzhetőek meg, viszont e betegségek kockázata alacsonyabb azokban a népcsoportokban, akik sok zöldséget és gyümölcsöt fogyasztanak [77].

Mediterrán országokban a szív- és érrendszeri megbetegedésekben szenvedők száma kisebb, amely feltételezések szerint a fogyasztott vörösbor flavonoid-tartalmának köszönhető (Francia paradoxon: a sok zsiradékot tartalmazó francia étrend ellenére a szív- és érrendszeri megbetegedések száma Franciaországban alacsonyabb, mint más, átlagosan kevesebb zsírt fogyasztó országokban.) [78]. A flavonoidok csökkentik a fibrinogén és emelik a plazminogén koncentrációt, növelik a védő hatású HDL (High Density Lipoprotein), míg ezzel párhuzamosan csökkentik a káros LDL szintjét. A vörösbor azért tekinthető „funkcionális étel”-nek, mert a vizes, alkoholos folyadékból a flavonoidok nagyobb arányban szívódnak fel, mint más élelmiszerekből [79]. Mindazonáltal valószínűsíthető, hogy Franciában nemcsak a vörösbor, hanem életmódbeli és genetikai különbségek is eredményezhetik a szív- és érrendszeri megbetegedések alacsonyabb gyakoriságát [80].

A flavonoidok hatásáról megállapították, hogy csontritkulásos, osteogenezises betegségekben helyreállítják a csontok fiziológiás anyagcseréjét, a cukorbetegségben szenvedőknél növelik az inzulintermelést, nőgyógyászati bántalmakban elősegítik az ösztrogénhormonok termelését, szerepet játszanak az Alzheimer-kór megelőzésében, és elősegítik a gyógyszerek felszívódását [81]. A kvercetin gátolja a húgysavképződéshez szükséges xantinoxidáz-enzim működését, ezzel hatékonyan csökkentheti a kösvény kialakulásának veszélyét [82].

MEGBESZÉLÉS

A funkcionális élelmiszerek kapcsán az élelmiszer-előállítás egy olyan új területről írtunk a technológiájának kidolgozása, a vásárlók részéről történő megismerése és elfogadása napjainkban is zajlik, ezért az előállítók és a fogyasztók együtt irányítják azokat a folyamatokat, amelyek a hagyományos élelmiszer-előállítás részei lesznek. E rövid közleményben természetesen csak érinteni tudtuk a funkcionális élelmiszerekkel kapcsolatos legfontosabb ismereteket, ezen belül azokat a definíciókat, amelyek leírják, hogy milyen feltételek teljesülése esetén tekinthető egy élelmiszer funkcionálisnak, mi a funkcionális élelmiszerek fiziológiás hatása, melyek a funkcionális élelmiszerek gyártásának peremfeltételei, melyek a fogyasztók által támasztott követelmények a funkcionális élelmiszerekkel kapcsolatban. Röviden érintettük az élelmiszer-biztonság és a törvényi szabályozás kérdéseit is.

Közleményünk második felében az élelmiszerek funkcionális komponensei mennyiségének növeléséről, a helyettesítésről, a dúsításról és a kiegészítésről írtunk. Ezen belül bővebben tárgyaltuk az élelmiszerek vitaminnal és ásványi anyaggal történő kiegészítését, a polifenolokkal és az esszenciális és egészségvédő zsírsavakkal történő dúsítását. Cikkünk terjedelmi korlátai nem tették lehetővé, hogy a tej bioaktív komponenseiről, azok kinyeréséről, dúsításáról és előállításáról, a bioaktív fehérjéről, lipidekről és szénhidrátokról, a prebiotikumokról, probiotikumokról és a szinbiotikumokról, valamint olyan funkcionális, vagy funkcionálissá tehető élelmiszerekről értekezzünk, mint a hús, a tojás, a szója, a különféle gabonák, zöldségek és gyümölcsök, a táplálkozási csírák és a vörösbor. Terveink szerint erre egy későbbi időpontban készített irodalmi összefoglalónkban lesz lehetőség.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A publikáció elkészítését az EFOP-3.6.3-VEKOP-16-2017-00008 számú projekt támogatta. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.