



# “Az vagy, amit eszel” Táplálkozásbiokémia, pathobiokémia

## Jegyzet

Szegedi Tudományegyetem Természettudományi és Informatikai Kar  
Biokémiai és Molekuláris Biológiai Tanszék

**TÁMOP-4.1.1.C-12/1/KONV-2012-0014**

**Cím: „Élelmiszerbiztonság és gasztronómia vonatkozású egyetemi együttműködés, DE-SZTE-EKF-NYME”**



## „Az vagy, amit eszel” Táplálkozásbiokémia, patobiokémia

### Tartalomjegyzék

#### 1. A táplálkozástudomány alapjai, nutriensek

##### 1.1.Makronutriensek: Szénhidrátok

##### 1.2.Makronutriensek: Lipidek

##### 1.3.Makronutriensek: Fehérjék

##### 1.4.Makronutriensek: Élelmi rostok

##### 1.5.Mikronutriensek: Vitaminok, vitaminszerű anyagok

##### 1.6.Mikronutriensek: Makromineraliák, mikromineraliák

#### 2. Speciális diéták, táplálkozási igényű patológiás állapotok

##### 2.1.Diéták és típusaik, a vegetarianizmus fajtái

##### 2.2.Táplálkozás élettani alapok, energiaszükséglet fiziológiás körülmények között

##### 2.2.1. Speciális táplálkozási igényű fiziológiás állapotok: terhesség, laktáció.

##### 2.2.2. A táplálkozás szerepe az egészség megőrzésében: a funkcionális élelmiszerek

##### 2.3.Speciális táplálkozási igényű patológiás állapotok: Táplálékallergiák

##### 2.4.Speciális táplálkozási igényű patológiás állapotok: Ételintoleranciák

#### 3. Mikrobaközösségek az élelmiszereinkben és a testünkben



## 1. A táplálkozástudomány alapjai, nutriensek

Évekkel ezelőtt meghívtak ebédre. Mikor megérkeztem, már javában készült az étel. Próbáltam az illatok alapján beazonosítani, mit fogok enni? Eléggé meglepődtem, mert arra jutottam, halat sütnék. De hiszen meg sem kérdezték, szeretem-e egyáltalán? Az igazi meglepetés azonban ez után következett. Az asztalnál ülve ugyanis az általam sült-halnak gondolt második fogásról kiderült, hogy valójában rántott csirke. Ebben az esetben is beigazolódtott: „az vagy, amit eszel”. Annyiban biztosan, hogy a halliszttal etetett csirke húsa nagyon emlékeztet a haléra.

### A táplálkozástudomány alapjai

Az emberi szervezetnek a megfelelő életmód és víz mellett szüksége van tápanyagokra (nutriensekre) ahhoz, hogy egészséges maradjon. Ilyen alapvető tápanyagok a szénhidrátok, a lipidek, a fehérjék, a vitaminok és az ásványi anyagok. Ezek a nutriensek biztosítják a metabolikus (katabolikus és anabolikus) folyamatok zavartalanságát. A lebontásuk során egyrészt energiát szolgáltathatnak, másrészt biomolekulák felépítéséhez szükséges intermedierek keletkezhetnek belőlük, valamint szabályozó-védő funkciójuk is lehet.

A helyes táplálkozásnak rendkívül fontos szerepe van a nem fertőző, krónikus betegségek egy részének (pl. a szív- és érrendszeri betegségek, egyes rák típusok, a diabétesz, a csontritkulás, és a fogszuvasodás) megelőzésében, illetve gyógyításában. Azokéban mindenképpen, melyeket a helytelen táplálkozás okoz. Ezekre a problémákra hatékony gyógymódot kínál az egészséges diéta. A WHO (az ENSZ Egészségügyi Világszervezete) Európai Területi Iroda 2001-es becslése szerint a szív- és érrendszeri betegségek 1/3-a, a daganatos betegségeknek pedig a 30-40 %-a megelőzhető lenne jobb diétával. Igen hasznosak a lakosság számára a tudományos alapokon nyugvó ajánlások az élelmiszerek észszerű megválasztásával kapcsolatban. Miből érdemes többet, miből pedig kevesebbet fogyasztani, illetve hogyan célszerű ezeket elkészíteni? Az 1940-es években a nyilvánvaló hiánybetegségek megelőzésére törekedve javaslatokat fogalmaztak meg a nélkülözhetetlen tápanyagok minimális bevitelére nézve. Mostanában a hangsúly főleg a gazdaságilag fejlett „nyugati” országokban, nagyrészt a túlfogyasztással kapcsolatos civilizációs betegségek

SZÉCHENYI 2020



MAGYARORSZÁG  
KORMÁNYA

Európai Unió  
Európai Szociális  
Alap



BEFEKTETÉS A JÖVŐBE



megelőzésére toldott (Chiue és Willett, 2007).

A magas vérnyomás a WHO 2012-es jelentése szerint a világ népességének mintegy 24,8 %-át érinti, illetve ez az arány a különböző régiókban 19,7 % és 35,5 % között változik. Tehát az egyik leggyakoribb betegség. A magas vérnyomás kezelésében fontos szerep jut a megfelelő étrendnek. Javasolt a magas kálium- és rostbevitel, a mérsékelt alkoholfogyasztás, valamint napi 5 g konyhasónál kevesebb (Nguyen és mtsai., 2013).

### **Az optimális, kiegyensúlyozott táplálkozás lényege és célja**

A táplálék mennyisége és minősége egyaránt fontos. A mennyiséget tekintve ne legyen se túl sok, se pedig túl kevés. A minőséggel kapcsolatos fontos szempont, hogy ne hiányozzon belőle semelyik alapvető tápanyag és ezek megfelelő arányban legyenek jelen. A kiegyensúlyozott táplálkozás lényege, hogy az egyén annyi táplálékot fogyaszt, amennyire éppen szüksége van, a felvett és a felhasznált tápanyag- és energiamennyiség egyensúlyban van. Ha a táplálkozás nem optimális és kiegyensúlyozott, akkor az anyagcsere folyamatok (élettani folyamatok) szintjén is problémák jelentkeznek. A nem megfelelő mennyiségű- és minőségű táplálékfelvétel következménye a súlyfölösleg, az elhízás, az éhezés és a különböző hiánybetegségek. Természetesen az optimális táplálék nem tartalmazhat egészségre káros, toxikus összetevőt. A táplálékszükségletet befolyásolja az egyén testalkata, kora, neme, egészségi állapota, az éghajlati viszonyok és a fizikai igénybevétel is. A teljes táplálékmegegyezést akár egy hónapnál tovább is képes a felnőtt szervezet túlélni, míg a vízmegvonást legfeljebb csak egy hétig. Éhezéskor a metabolizmus elsődleges feladata a vércukorszint fenntartása egyes szövetek és sejtek (pl. agy és vörösvértestek) glükóz-igényének kielégítése érdekében. Az éhezés során a szervezet mozgósítja tartalékait. A máj glikogén raktára viszonylag hamar (1 nap alatt) kiürül. (Az izomban a glükóz-6-foszfátáz enzim hiánya miatt, az izomglikogénből nem keletkezhet glükóz.) Ha a glükóz reszintézise laktátból (glukoneogenezis) kevésnek bizonyul, akkor szükség esetén a zsírszövet trigliceridjeinek és a vázizom fehérjeinek egy része is lebontásra kerül. A zsírsavak energiában gazdagok ugyan, de nem tudnak glükózzá alakulni, mivel a piruvát  $\rightarrow$  acetyl-CoA átalakulás nem megfordítható. A neutrális zsírok glicerolja glükózzá alakulhat ugyan, de ez csak korlátozott lehetőséget jelent. Az egyetlen egyéb megoldás a fehérjékből származó aminosavak glükózzá alakítása. A fokozott fehérjebontás azonban



funkció-vesztést vonhat maga után, legvégső esetben pedig halált. Ezért éhezéskor a második prioritás, a fehérjék minél nagyobb részének megőrzése zsírsavak ketontestekké pl. aceto-acetáttá és D-3-hidroxi-vaissavvá alakításával a májban (ketogenezis). Így éhezéskor a vérben jelentősen megnövekszik a ketontestek mennyisége, melyek az agy számára is energiát szolgáltathatnak a glükóz mellett. Néhány hetes éhezéskor már ezek az agy fő üzemanyagai. A vércukorszint csökken, ami csökkenti az inzulin-, és növeli a glukagon kiválasztását (Berg és mtsai., 2007).

### 1. táblázat: Üzemanyag metabolizmus éhezéskor

	Mennyiség 24 h alatt (gramm)	
	3. nap	40. nap
Agy üzemanyaga		
Glükóz	100	40
Ketontestek	50	100
Egyéb glükóz felhasználás	50	40
Zsírşövet lipolízis	180	180
Izom fehérje degradáció	75	20
Májban keletkezett		
Glükóz	150	80
Ketontestek	150	150

(Berg és mtsai., 2007)

A táplálkozási ajánlások olyan általános elveket fogalmazznak meg, melyek betartásával csökkenthető a táplálkozással összefüggő betegségek kockázata. Ezek az ajánlások a táplálék összetételére és mennyiségére is vonatkoznak, feltüntetve az egyes élelmiszercsoportok (gabonafélék, zöldségek és gyümölcsök, húsok, tej és tejtermékek, olajok/zsírak, édességek) átlagos javasolt %-os arányát. Gyakran használnak a szöveges megfogalmazás mellett képi szemléltetést is, a jobb megértés érdekében, mely különböző lehet a földrajzi helyzettől, a kultúrától és az élelmiszer kínálattól függően (piramis, kördiagram, tányér, szivárvány, pagoda, ház). Nálunk a szakemberek az egészséges táplálkozás házáat javasolták, melynek alapját a gabonafélék képezik, a zöldségek és gyümölcsök az oldalfalakat adják, a húsok és a tejtermékek a tetőben kaptak helyet, a cukrok és zsírok pedig a kéményben. A táplálkozási piramisok az egészséges táplálék-összetételt

SZÉCHENYI 2020



MAGYARORSZÁG  
KORMÁNYA

Európai Unió  
Európai Szociális  
Alap



BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

mutatják. Alul vannak azoknak az élelmiszereknek a szimbólumai (gabonafélék, teljes kiőrlésű lisztből készült pékáruk és tészták), melyeket a legnagyobb mennyiségben javasolnak fogyasztásra, legfölül pedig azoké (zsírok, édességek), melyekből a legkevesebbet célszerű fogyasztani. Az Egyesült Államok Mezőgazdasági Minisztériumának újabb táplálkozási piramisa az egészséges élelmiszerek megválasztása mellett a rendszeres testmozgásra is felhívja a figyelmet. Szemben a régebbi modellel, itt függőleges sávokban vannak elrendezve az élelmiszer-csoportok, és a sávok szélessége utal a javasolt mennyiségre. Az ajánlásokat az újabb tudományos eredmények alapján időnként fölül kell bírálni, és szükség szerint korrigálni.

Az optimális, kiegyensúlyozott táplálkozás célja az egészség megőrzése, a nem fertőző, táplálkozással összefüggő betegségek megelőzése, gyógyítása és elterjedésük visszaszorítása, az elhízás előfordulási gyakoriságának csökkentése, a hiánybetegségek megszüntetése. Ennek érdekében ajánlott, hogy a napi energia-bevitel 55-75 %-a származzon szénhidrátokból, 15-30 %-a zsírokból/olajokból és 10-15 %-a fehérjékből. Ezeken belül kevesebb, mint 10 %-a telített zsírsavakból, kevesebb, mint 1 %-a transz zsírsavakból, kevesebb, mint 10 %-a szabad cukrokból. Naponta legalább 400 g gyümölcsöt és zöldséget fogyasszunk és 5 g sónál (NaCl) kevesebbet. Kerülendő a túlzott alkoholfogyasztás és a dohányzás (WHO, 2003; Mann és mtsai., 2007; EFSA, 2010). A különböző országok ajánlásai kicsit eltérnek egymástól (2. táblázat).

## 2. táblázat: Étrendi ajánlások felnőtteknek

	USA (IoM, 2005)	WHO (2003)	Hollandia (GR, 2001 és 2006)	Franciaország (AFSSA, 2001)	Németország Ausztria, Svájc (D-A-CH, 2008)
Fehérje E %	10-35	10-15	8-11	8-10	10-11
Zsír E %	20-35	15-30	20-40	30-35	30
Szénhidrát E %	45-65	55-75	40	50-55	>50
Cukor E %	<25	<10			
Élelmi rost g/nap	25	>25	32-45	25-30	30

(EFSA, 2010)

## Élelmiszereink és ételünk alkotói (tápanyagok, élelmi rostok, bioaktív vegyületek)

Élelmiszereink és ételünk alkotói között vannak



az emberi szervezet számára emészthető nutriensek mellett, olyan élelmi rostok, melyeket nem tudunk emészteni, mégis rendkívül fontosak a szervezet számára, mert csökkentik a lipidek felszívódását, lassítják a szénhidrátok emésztését és növelik a széklet mennyiségét. Nélkülözhetetlen a bioaktív vegyületek jelenléte is kis mennyiségben az anyagcsere-folyamatok zavartalanságának biztosításához.

Az elmúlt években széles körben vizsgálták azokat a természetes kis molekulákat, amelyek a táplálék fenolos vegyületei és a természetben előforduló antioxidánsok. Intenzíven tanulmányozták a hatásukat különböző betegségek kockázatának csökkentésében, mint pl. rák, cukorbetegség, szív- és érrendszeri- és neurológiai betegségek. Ezeknek a vegyületeknek az egyik legfontosabb tulajdonsága, hogy képesek kölcsönhatásba lépni peptidokkal és fehérjékkel, megváltoztatva azok szerkezetét és biológiai aktivitását. Kis szerves molekulák a peptid-peptid és fehérje-fehérje kölcsönhatásokat képesek befolyásolni, így hatékony eszközei lehetnek amiloidózis elleni terápiás stratégiáknak is (Sgarbossa, 2012).

## A nutriensek csoportosítása

A nutriensek csoportosítása történhet annak alapján, hogy az adott tápanyagból optimálisan mennyire van szüksége a szervezetnek. A szénhidrátok, a lipidek és a fehérjék makronutriensek, melyekből naponta legalább néhány gramm szükséges, míg a mikronutriensekből (vitaminok és ásványi anyagok) többnyire csak milligrammos mennyiség.

## Irodalomjegyzék

Chiuve SE, Willett WC.: The 2005 Food Guide Pyramid: an opportunity lost? Nat Clin Pract Cardiovasc Med. 4(11):610-20 (2007)

Nguyen H, Odelola OA, Rangaswami J, Amanullah A.: A review of nutritional factors in hypertension management. Int J Hypertens. 2013;2013:698940. doi: 10.1155/2013/698940.

Mann J, Cummings JH, Englyst HN, Key T, Liu S, Riccardi G, Summerbell C, Uauy R, van Dam



TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0047

RM, Venn B, Vorster HH, Wiseman M.: FAO/WHO scientific update on carbohydrates in human nutrition: conclusions. Eur J Clin Nutr. 61 Suppl 1:S132-7 (2007)

EFSA: Scientific Opinion on Dietary Reference Values for carbohydrates and dietary fibre. EFSA Journal 8(3):1462 (2010)

WHO: Diet, Nutrition and the Prevention of Chronic Diseases. Report of a Joint WHO/FAO Expert Consultation (WHO Technical Report Series 916) World Health Organization: Geneva (2003)

Sgarbossa A.: Natural biomolecules and protein aggregation: Emerging strategies against amyloidogenesis. Int J Mol Sci. 13(12):17121-37 (2012)







## 1.1. Makronutriensek: Szénhidrátok fiziológias hasznosulása, szerepük az egészségmegőrzésben

### A táplálékszénhidrátok jelentősége

Az emberi szervezet átmenetileg képes tolerálni a szénhidrátok hiányát a táplálékban, hiszen a szénhidrátokat más molekulákból, pl. fehérjékből elő tudja állítani. Mégis a szénhidrátok rendkívül fontosak, mint könnyen hasznosítható energiaforrások, mert az energiaszükséglet jelentős részét szolgáltatják. Glükóz molekulánként aerob körülmények között 38 ATP szintetizálódhat. A szénhidrátok kevésbé redukáltak, mint a lipidek, így a szénhidrátok oxidatív lebontása révén 1 g-ra vonatkoztatva kevesebb energia nyerhető ugyan (4,1 kcal), mint a neutrális zsírokból (9,3 kcal), viszont könnyebben mobilizálhatók. Energianyerésre a táplálék szénhidrát komponense használódik elsősorban, majd ez után következnek a lipidek és a fehérjék (Kosáry, 2013).

Táplálkozási szempontból a monoszacharidok közül a glükóznak, a fruktóznak és a galaktóznak, a diszacharidok közül a szacharóznak, a laktóznak és a maltóznak, a poliszacharidok közül pedig a keményítőnek és a glikogénnek van nagy jelentősége (3. táblázat). Az összetett szénhidrátok bontásában specifikus enzimek vesznek részt, a keletkezett monoszacharidok a vékonybélben szívódnak fel. A keményítő enzimatis degradációját a nyál amiláz kezdi meg, majd a hasnyálmirigy amiláz folytatja a vékonybélben, melynek eredményeként oligoszacharidok és maltóz keletkezik. A további hidrolízist az enterociták membránjához kötött diszacharidázok végzik, maltózból glükóz képződését eredményezve. A glükóz felszívódása másodlagos aktív transzporttal történik, a májba kerül, majd innen a keringésbe. Az amiláz nem tudja hidrolizálni az ún. rezisztens keményítőt, de a vastagbél mikroflórája részben vagy egészen képes fermentálni. A rezisztens keményítők, mint diétás rostok előnyösen használhatók az ételmszeriparban (EFSA, 2010).

Aggodalomra adhat okot, hogy különböző ételmszerekben sütés/főzés közben rákkeltő akrilamid ( $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CONH}_2$ ) képződhet. Bizonyos aminosavak, de leginkább az aszparagin hőkezelésekor redukáló cukrok jelenlétében Maillard reakció révén 180 °C-on akrilamid képződik. Az akrilamidon kívül más rákkeltő, mérgező anyagok is keletkezhetnek hőhatásra az ételmszerekben, mint pl. nitrózaminok, heterociklikus aminok és furán-származékok

### 3. táblázat: A szénhidrátok főbb típusai

Osztály (monomerekszám)	Al-csoport	Komponensek	Monomerek	Emészthetőség	
cukrok (1-2)	monoszacharidok	glükóz		+	
		galaktóz		+	
		fruktóz		+	
	diszacharidok	szacharóz	glükóz, fruktóz		+
		laktóz	glükóz, galaktóz		+(-)
		trehalóz	glükóz		+
		maltóz	glükóz		+
oligoszacharidok (3-9)	malto-oligoszacharidok	maltodextrinek	glükóz	+	
	más-oligo-szacharidok	α galaktozidok	galaktóz, glükóz	-	
		frukto-oligoszacharidok	fruktóz, glükóz		-
cukoralkoholok	szorbit, xilit			+/-	
poliszacharidok (>9)	keményítő	amilóz	glükóz	+(-)	
		amilopektin	glükóz	+(-)	
		módosított keményítő	glükóz	-	
		rezisztens keményítő	glükóz	-	
		nem-keményítő poliszacharidok	cellulóz	glükóz	-
			hemicellulóz	többféle	-
	pektin		többféle	-	
			más hidrokolloidok	többféle	-

+(-) többnyire emészthető, +/- részben emészthető

2007-re 50 lehetséges hő által generált rákkeltő anyagot azonosítottak az élelmiszerekben. Széles körben vizsgálták hogyan lehetséges csökkenteni a keletkező akrilamid mennyiségét. Erre számos lehetőség kínálkozik, mivel az akrilamid képződés függ az alkalmazott hőmérséklettől, a hevítés idejétől, a redukáló cukrok és az aminosavak koncentrációjától, a pH-tól és a nedvesség mértékétől is. Ennek alapján ajánlott a túlhevítés kerülése. Burgonya



sütésekor csökkenthető az akrilamid képződés blansírozással (rövid időre forró vízbe, majd hideg vízbe helyezzük). L-cisztein illetve  $\text{CaCl}_2$  alkalmazása jelentősen csökkentette a burgonyaszírom akrilamid tartalmát (Stadler és mtsai., 2002; Spivey, 2010; Ou és mtsai., 2008 ).

### **A minimális szénhidrátigény, aránya az étrendben**

Mivel a végső cél az energia egyensúly, a szénhidrát igény függ az elfogyasztott zsírok és fehérjék mennyiségétől is. Ha a bevitt energia kevesebb a felhasználnál, akkor a szervezet elkezd lebontani a tartalékait (glikogén, lipidek, fehérjék). Napi 50-100 g szénhidrát elég a ketózis megakadályozásához. Az agy napi glükóz igénye 130 g. Felnőttek esetében 25 g élelmi rost naponta elegendő a normális székletürítéshez, az ennél nagyobb mennyiség csökkenti a szív-koszorúér betegség- és a 2-es típusú diabetes kockázatát, valamint segíti az optimális testtömeg megtartását (EFSA, 2010).

### **Szénhidrátszegény táplálkozás, anyagsereváltások**

Ha a táplálkozás szénhidrátszegény, akkor növekszik a fehérje lebontási arány, aminek káros következményei vannak. A szervezet a glukoneogenezis révén fehérjék lebontása árán kénytelen glükózt szintetizálni. Az energiaigény biztosítására fokozódik a zsírsav-oxidáció, ami a ketontestek (pl. acetecetsav, béta-hidroxivajsav és aceton) fokozott mértékű keletkezésével (ketózis) is jár. Fokozódik a veseműködés és a vizeletürítés, ami kiszáradáshoz vezethet.

A glukagont a pancreas  $\alpha$ -sejtjei szekretálják. Hatása ellentétes az inzulinéval. Növeli a vércukorszintet a glikogén lebontás- és a glukoneogenezis serkentése révén (Berg és mtsai., 2012).

### **Szénhidrátban túlságosan gazdag táplálkozás (inzulinhatás következményei, gyors vércukoremelkedés - hiperinzulinémia - elhízás)**

Ha a táplálék túlságosan sok szénhidrátot tartalmaz, akkor a gyors vércukorszint emelkedés miatt a pancreas  $\beta$ -sejtjei inzulint választanak ki. Az inzulin hatására csökken a vércukorszint glikogén és zsírsavak szintézise révén. Ennek eredményeként a szénhidrátban túlságosan gazdag táplálkozás elhízáshoz vezet, ami jelentősen megnöveli olyan betegségek kockázatát, mint pl. a II-es típusú diabetesz, az érlemeszesedés és a magas vérnyomás. A táplálék magas cukor tartalma fogszuvasodást is okozhat.

A metabolikus szindróma gyakorisága világszerte





növekszik, elsősorban az elhízás következményeként. Ugyanakkor nem minden elhízott embernél alakul ki a metabolikus szindróma és nem minden metabolikus szindrómás egyén elhízott. Ezért valószínű, hogy a betegség nem csupán táplálkozási eredetű, hanem hormonális- és genetikai háttérű is. A metabolikus szindrómára jellemző kardio - metabolikus kockázati tényezők a központi elhízás, az inzulin rezisztencia, a glükóz intolerancia, a diszlipidémia, a magas vérnyomás, a hiperinzulinémia és a mikroalbuminuria. A betegség maga és a hozzá vezető mechanizmusok több-tényezősök. A korai fejlődési időszakban azonban a nem megfelelő diéta nyilvánvalóan szerepet játszik a betegség kialakulásában. A nem megfelelő táplálkozás folytatása a felnőtt korban tovább erősíti a betegség kockázatát. Fontos a gyermeket vállaló szülők oktatása, hogy pozitív táplálkozással kapcsolatos döntéseket hozzanak annak érdekében, hogy csökkentsék utódaik betegségek iránti kockázatait (Bruce és Hanson, 2010).

A termodinamikai törvények a táplálkozással kapcsolatosan is igazak, ami azt jelenti, hogy az elfogyasztott energia egyenlő az elhasznált energia és a raktározott energia összegével. Más szavakkal, ha a táplálék energiatartalma több annál, mint amit felhasználunk, akkor a fölösleg raktározódik. A túlsúlyosok testtömeg indexe (BMI)  $25 \text{ kg m}^{-2}$  fölött van, az elhízottaké pedig  $30 \text{ kg m}^{-2}$  fölött. A testtömeg indexet úgy kapjuk, hogy a kg-ban kifejezett testtömeget osztjuk a m-ben kifejezett magasság négyzetével. A fölösleges zsírt triacil-glicerolként a zsírsejtek tárolják, melyek mérete így akár 1000-szeresre is megnőhet. Testünk arra van programozva, hogy raktározza a fölösleges energiát a bőség idején. Őseinknél fontos volt, hogy ne legyenek kövérek, hiszen nem tudtak volna időben elmenekülni a ragadozók elől. A genetikai tanulmányok azt mutatják, hogy az elhízásra való hajlam örökletes lehet (Berg és mtsai., 2012). A testtömeg index fontos indikátora az elhízásnak, de akár fölül- vagy alul-becsülhető vele a kövérség mértéke. Az, hogy a testtömeg index mennyire mutatja az elhízást, az változhat az etnikai hova-tartozással, a nemmel és a korrallal is. A kor előre haladtával nő a test zsírtartalma, míg az izomtömeg csökken, de az ennek megfelelő változások a magasságban, a testsúlyban és a BMI-ben nem tükröződnek. Fontos minél szélesebb körben megvizsgálni az összefüggést a test százalékos zsírtartalma és a testtömeg index

között. A BMI és a test százalékos zsírtartalma közötti összefüggés nem lineáris, és eltérő a férfiaknál és a nőknél. Az ülő életmóddal több fiatal és felnőtt hajlamos egészségtelen mennyiségű zsírszövet akkumulációjára anélkül is, hogy ez szignifikánsan megváltoztatná a testtömeget. Az

SZÉCHENYI 2020



MAGYARORSZÁG  
KORMÁNYA

Európai Unió  
Európai Szociális  
Alap



BEFEKTETÉS A JÖVŐBE



elhízással nő a gyakorisága a szív és érrendszeri betegségeknek, a diabétesznek és az alvási légzés-kimaradásnak. A kövér emberek általában rövidebb ideig élnek, mint a soványabbak. A fiatal felnőtt korban meglévő zsírfölösleg elősegíti az elhízást a menopauza idején, ami a mellrák kockázati tényezője is (Carpenter és mtsai., 2013 □ Rothman, 2008). Egyre több tanulmány azt mutatja, hogy a túlsúly nem mindig rövidíti le az életet, de erről inkább nem beszélünk. Az elhízási paradoxon szerint a túlsúly növeli ugyan a cukorbetegség, a szívbetegség, a rák és más krónikus betegségek kockázatát, viszont különösen azoknak, akik középkorúak, vagy idősebbek, vagy már betegek, egy kis plusz súly nem különösebben ártalmas, hanem inkább hasznos lehet (Hughes, 2013).

### Javasolt szénhidrátbevitel

A javasolt szénhidrátbevitel az összes bevitt energia százalékában kifejezve a WHO 2003-as ajánlásában 55-75 %, de ettől eltérő javaslatokkal is találkozhatunk az EFSA (Európai Élelmiszerbiztonsági Hivatal) által 2010-ben közölt publikációban némely országra vonatkozóan. A franciák számára pl. 50-55 E % javasolt, az amerikaiaknak pedig 45-65 E % (EFSA, 2010). A növényi rostokban gazdag ételek egészségesek.

### Irodalomjegyzék

<http://fnic.nal.usda.gov/dietary-guidance/dietary-reference-intakes/dri-reports>

Food and Nutrition Board, Institute of Medicine, Jennifer J. Otten, Jennifer Pitz Hellwig, Linda D. Meyers: Dietary Reference Intakes: The Essential Guide to Nutrient Requirements

Stadler RH, Blank I, Varga N, Robert F, Hau J, Guy PA, Robert MC, Riediker S.: Acrylamide from Maillard reaction products. Nature. 419(6906):449-50 (2002)

Spivey A.: A matter of degrees: advancing our understanding of acrylamide. Environ Health Perspect. 118(4):A160-7. doi: 10.1289/ehp.118-a160 (2010)

Ou S, Lin Q, Zhang Y, Huang C, Sun X, Fu L.:





TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0047

Reduction of acrylamide formation by selected agents in fried potato crisps on industrial scale. Innovative Food Science & Emerging Technologies Volume 9, Issue 1, Pages 116–121 (2008)

EFSA: Scientific Opinion on Dietary Reference Values for carbohydrates and dietary fibre. EFSA Journal 8(3):1462 (2010)

Bruce KD, Hanson MA.: The developmental origins, mechanisms, and implications of metabolic syndrome. J Nutr. 140(3):648-52 (2010)

Carpenter CL, Yan E, Chen S, Hong K, Arechiga A, Kim WS, Deng M, Li Z, Heber D.: Body fat and body-mass index among a multiethnic sample of college-age men and women. J Obes. 2013:790654. doi: 10.1155/2013/790654 (2013)

Rothman KJ.: BMI-related errors in the measurement of obesity. International Journal of Obesity 32, S56–S59; doi:10.1038/ijo.2008.87 (2008)

Hughes V.: The big fat truth. Nature. 497(7450):428-30 (2013)

EFSA: Scientific Opinion on Dietary Reference Values for carbohydrates and dietary fibre. EFSA Journal 8(3):1462 (2010)



## 1.2. Makronutriensek: Lipidek fiziológiás hasznosulása, ezek hibájával kapcsolatos betegségek, szerepük az egészségmegőrzésben

A lipidek vízben nem, apoláros oldószerben jól oldódó molekulák. A makronutriensek közé tartoznak, mert napi szükségletük 65 g.

A lipidek közé tartozó molekulák szerkezetileg rendkívül heterogének, hiszen a koleszterin és származékai molakulaszerkezetüket tekintve nagyon eltérőek akár a zsírsavaktól vagy a trigliceridektől. Ennek értelmében fizikai és kémiai tulajdonságaik is különbözőek. Abban viszont mindegyik lipid típus hasonlít, hogy apoláros molekularészlettel rendelkeznek, melynek következtében apoláros szerves oldószerekben jól oldódnak.

### A lipidek csoportosítása:

- 1, zsírsavak
- 2, neutrális zsírok
- 3, foszfolipidek
- 4, szfingolipidek
- 5, szteroidok
- 6, terpének

### Zsírsavak:

A zsírsavak önállóan alkotják a lipidek egy típusát, valamint több más lipid jellegű makromolekulák, mint trigliceridek, foszfolipidek és szfingolipidek, továbbá koleszterin-észterek építőegységei.

A zsírsavak kémiailag a karbonsavakhoz sorolhatók. Rövidebb-hosszabb alifás láncot alkotnak, melynek egyik terminális szénatomja karboxil csoportként található meg, és képezi a zsírsavak jellegzetes funkciós csoportját. Egy zsírsavnak minimum egy, de akár kettő vagy több karboxil csoportja is lehet. Ezek a funkciós csoportok befolyásolják a molekulák kémiai és fizikai jellegét, savas karakterét.





Az alifás lánc lehet telített vagy telítetlen, az utóbbi esetben egy vagy több kettős kötés található a molekulában. A zsírsavak telítettsége is befolyásolja kémiai és fizikai tulajdonságait. Minél hosszabb a zsírsav lánc és minél telítettebb, annál magasabb hőmérsékleten található az olvadáspontja.

A telített zsírsavak jellegzetes képviselői a 16 C-atomos palmitinsav és a 18 szénatomos sztearinsav, de nagyon sok összetett lipidben található meg a mirisztinsav (14:0).

A telítetlen zsírsavakat két csoportra oszthatjuk: a monoének egy kettős kötést, a poliének kettő vagy több kettős kötést tartalmaznak. Táplálkozásbiokémiai szempontból a legfontosabb telítetlen zsírsavak közé az olajsav (18:1,  $\Delta$ 9), valamint az esszenciális zsírsavak a linolsav (18:2,  $\Delta$ 9,12), és a linolénsav (18:3,  $\Delta$ 9,12,15), tartoznak.

Az esszenciális zsírsavakat a humán szervezet nem képes előállítani, ezeket a molekulákat csak a táplálékkal lehet a szervezetbe juttatni. Hiányuk esetén számos alapvető biológiai funkció szenved zavart. Ezekből az esszenciális molekulákból további többszörösen telítetlen zsírsavakat és összetett lipideket készítenek. A gyulladás, láz és az allergiás reakciókat kiváltó mediátorok továbbá számos a véralvadást szabályozó prosztaglandin keletkezéséhez is elengedhetetlenek a többszörösen telítetlen és esszenciális zsírsavak.

A szervezet azért nem tudja ezeket a zsírsavakat előállítani, mert deszaturáz enzimeink csak a zsírsav karboxil csoportjától maximum a 9. szénatomig képes kettős kötést kialakítani, a 10. C-atom és a zsírsav vége ( $\omega$ -vég) közé nem tudunk telítetlen kötést szintetizálni.

### **Neutrális zsírok:**

A glicerín egy háromértékű alkohol, azaz 3 darab szénatomján egyenként egy alkoholos hidroxil csoport található. Ezek az  $-OH$  csoportok képesek vízkilépés mellett karboxil csoportokkal reagálni, melynek eredményeképpen kondenzációval az alkoholos glicerín és a karbonsavak neutrális zsírok keletkezését eredményezhetik. Az észter kötések száma attól függ, hogy a glicerín hány hidroxil csoportját észteresíti zsírsav.

Ebbe a csoportba tartoznak a monogliceridek, vagy monoacil-glicerinek, a digliceridek és a trigliceridek is. Trigliceridnél nagyobb, több zsírsavat magába foglaló, raktározó, későbbi energiahiányos időszakban mobilizálható lipid





molekulák nem keletkeznek a szervezetünkben.

Ezért a lipidek (ezek közül is a trigliceridek) a makromolekulák egy szokatlan típusú képviselői, mivel az építőegységeket/monomereket, melyek ebben az esetben a zsírsavak, nem véges polimerként raktározzák. A nukleinsavak a nukleotidokat, a poliszaharidok a monoszacharidokat, a fehérjék pedig az aminosavakat nagyon nagy monomerszámú polimer vegyületekként, makromolekulákként építik fel.

A triglicerideket alkotó zsírsavak lehetnek azonosak vagy különbözőek, telítettek vagy telítetlenek. A zsírsav-összetétel meghatározza a keletkező neutrális zsírok kémiai és fizikai tulajdonságait, olvadáspontját, halmazállapotát.

Az emberi szervezet a triglicerideket specializált szövetben, a zsírszövetben, zsírsejtek, azaz adipociták belsejében tárolja, majd szükség esetén a lipidek onnan mobilizálódnak. Az adipociták száma és mérete is változhat, gyakran az elhízott gyermekeknél lehet mekkívül nagyszámú zsírsejtet azonosítani, melyek az egyén későbbi, felnőtt életében is jelen vannak, és hosszantartó magas kalóriatartalmú táplálkozás során megtelhetnek trigliceridekkel. Ezért fontos időben felismerni a gyermekkori elhízást, és a helyzetet intenzív testmozgással, sporttal (lehetőleg nem ételmegvonással) változtatni.

A zsírszövetből éhezéskor vagy nagy fizikai és szellemi igénybevételkor a trigliceridekből zsírsavak szabadulhatnak fel, hidrolitikus hasítás révén, melyet lipáz enzimek (zsírszöveti lipáz, diglicerid-lipáz, hormonszenzitív-lipáz) katalizálnak. A felszabaduló zsírsavakat az éhező szövetek, sejtek felveszik és a béta-oxidációnak nevezett folyamatban lebontják, a zsírsavakból energiát nyerhetünk.

### **Foszfolipidek:**

A foszfolipidek a biológiai membránok alkotóelemei. Jellegzetes struktúrákat, kettősrétegeket képeznek, de micellákat vagy liposzómákat is alkothatnak. A biológiai membránok kialakításához a molekuláknak amfipatikusnak kell lenniük, azaz apoláros és poláros molekularészleteket is kell tartalmazniuk. A membránok két oldalán a vízzel





érintjntkező foszfolipid alkotóelemeknek poláros, a membrán belsejében viszont teljesen apolárosnak kell lenniük.

A foszfolipidek nagyon hasonlítanak a digliceridekre és trigliceridekre, hiszen a molekulák vázát itt is a glicerin alkotja, melyhez kettő zsírsav kapcsolódik észter kötésekkel. A középső C-atomja a glicerinnel nagyon gyakran telítetlen zsírsavval kondenzálódik.

A glicerin 3. -OH csoportját egy foszforsav észteresíti, amely egy másik alkohollal, azaz kolinnal, glicerinnel, szerinnel vagy etanolaminnal, illetve inozitollal kapcsolódhat szintén foszfátészter kapcsolódás révén.

A keletkező molekulák zsírsav acil láncai képezik az apoláros részt, a variálható alkoholos csoportok, melyek a foszfát csoporton keresztül kötődnek a glicerinnel, viszont polárosak. Ezáltal a foszfolipidek poláros fejcsoporttal és apoláros acil lábakkal jellegzetes struktúrát alkotnak, ami pontosan megfelel a membránalkotáshoz szükséges szerkezeti és kémiai jellegeknek.

A foszfolipidek nem csak a biológiai membránokban vannak jelen, de a tüdőt beborító surfactant molekulák, melyek a felületi feszültséget csökkenteni képesek ezáltal a megfelelő respirációt biztosítják a tüdő összeesése nélkül, ezek is foszfolipidek.

A sejten belüli jelátviteli folyamatok egyikkomponense az ú.n. foszfatidil-inozitol jelpálya kiindulási molekulája a foszfatidil-inozitol-difoszfat is foszfolipid, mely inozitol-trifoszfatra és digliceridre hasadva másodlagos hírvivőket képezve befolyásolja az intracelluláris jelutakat, pl. Ca<sup>2+</sup>-felstabadítást okozva.

### **Szfingolipidek:**

A szfingolipidek már jóval több ponton eltérnek akár a trigliceridektől vagy a foszfolipidektől. Mivel szerkezeti vázukat egy nagyon jellegzetes aminoalkohol a szfingozin alkotja. A szfingozin szerin aminosavból és aktivált palmitinsavból keletkezik egy többlépéses szintézisút során, majd egy másik zsírsavval peptid kötést létesítve kialakítja a szfingolipidek alapvegyületét a ceramidot. Ez a molekula már önmagában képes a szfingolipidekre jellemző membránalkotó szerepet betölteni.



A ceramid struktúrát kiegészíthetik még további komponensek, mint monoszacharidok és oligoszacharidok, ezúton kialakítva a glikolipideket. Ezek a lipidek a membránoknak mindig az extracelluláris oldala felé néznek. További csoportokra cerebroziszokra és gangliozidokra oszthatók, amelyek nevükből is adódóan a központi idegrendszer sejtjeinek membránjában található meg nagy számban.

A szfingolipidek másik nagy csoportját alkotják a szfingomielinek, melyekben a ceramid vázhoz a foszfátidil-kolinnál már megismert foszfát csoporton keresztül kolin kapcsolódik foszfodiészter kötéssel. A neuronok mielin membránjában halmozottan fordul elő a szfingomielin.

Ezen molekulák lebomlása, a cukor vagy foszfokolin alkotóegységek lehasadása lizoszolális hidroláz enzimekkel valósul meg, mely enzimek defektusai a lizoszomális genetikai betegségek egy sorát hozzák létre, ezek közül a legismertebbek és leggyakoribbak a szfingolipidózisok.

### **Szteroidok:**

A szterán vázas vegyületek nagy családja is a lipidekhez sorolható. A szterán vázban 3 hatos gyűrű és egy ötös gyűrű található. Szterolnak akkor nevezzük a vegyületet, ha egy alkoholos hidroxil csoport is kapcsolódik hozzá, mely poláros jelleget kölcsönöz a váznak.

A koleszterin, mely csak az eukarióta sejtek jellegzetes terméke a szterán vázon és a –OH csoporton túl még 2 metil csoportot és egy 8 szénatomból álló, elágazó alifás láncot is tartalmaz, valamint a B gyűrűben (2. hatos gyűrű) kettős kötést találunk.

A koleszterin egyik nagyon jelentős feladata, hogy a membránokba képes beépülni, annak fluiditását és permeabilitását képes befolyásolni, egyfajta finom hangolással. A koleszterin is amfipatikus, mivel az elágazó alifás lánc és a váz egy része apoláros, a hidroxil csoportja viszont poláros, mely a foszfolipidek és a szfingolipidek fejcsoportjainak rétegével érintkezik.

A koleszterinből emellett még számos vegyület keletkezik:

Epesavak: többlépéses átalakulás, hidroxilálás és az alifás lánc rövidülése révén keletkeznek, az epehólyagban raktározódnak, majd zsíros táplálék bejutásának és





hormonoknak a közvetítésével onnan a bélbe ürülnek. Feladatuk a lipidek emésztéséhez szükséges emulgeáló funkció biztosítása.

Szteroid hormonok: ebbe a csoportba tartoznak a nemi hormonok, a mineralokortikoidok és a glükokortikoidok valamint a kalcitriol is.

Az ösztrogének és az androgének a másodlagos jellegek kialakulásáért és a nemi érésért felelősek. Jellegzetes képviselőik a tesztoszteron és az ösztradiol.

A mineralokortikoidok a só- és vízháztartás fenntartását szabályozzák, a glükokortikoidok viszont a szénhidrát anyagcserére hatnak.

A kalcitriol a parathormonnal és a kalcitoninnal együtt a calcium ionok homeosztázisát tartják fenn. Érdekessége ennek a hormonnak, hogy keletkezése során a bőrben UV fény hatására a szterán váz egyik gyűrűje felhasad.

### **Terpének:**

Izoprén egységekből felépülő polimerek, melyek gyakran a növényekben fordulnak elő és azok jellegzetes íz- és illatanyagait adják. A karotinoidek is terpének, melyeknek a humán szervezetben a látás mechanizmusában kapnak döntő szerepet.

### **A lipidek feladatai tehát:**

- membránalkotás
- jelátvitel
- energiatárolás
- hormonok, hormonszerű anyagok
- pigmentek
- vitaminok





### **Táplálkozástudományi vonatkozások:**

A legalapvetőbb probléma a lipid gazdag táplálkozás, mely elhízáshoz, hiperkoleszterinémiához és metabolikus szindrómához vezet, melynek tragikus következményei lehetnek, hiszen az ateroszklerózis talaján koronária betegségek, akut miokardiális infarktus, és stroke is kialakulhat.

A lipidek az emésztés után a vérben lipoproteinek formájában szállítódnak. A lipoproteinek közül az alacsony sűrűségű lipoprotein (LDL) nagy mennyisége jelentős koncentrációban szállít koleszterint a perifériás szövetek felé és nagyban hozzájárul a fenti patológiás események kialakulásához.

A rostban gazdag táplálkozás csökkenti a táplálékkal bevitt koleszterin felszívódását és nagyban javítja a fenti betegségekben szenvedő betegek állapotát.

### **Irodalomjegyzék**

Ádám V: Orvosi biokémia (Medicina kiadó, 2006)

Löffler-Petrides: Biochemie, pathobiochemie (Springer kiadó, 2014)

Harpers: Illustrated Biochemistry (Lange kiadó, 2009)

Rigó János: Dietetika (Medicina kiadó, 2002)

Henning Müller-Burzler: Egészségesen és allergiamentesen (Windpferd kiadó, 2003)

J.K. Ransley, J.K. Donnelly, N.W. Read: Food and nutritional supplements (Springer kiadó 2001)

Michael Pollan: Életadó ételeink (Nyitott könyvműhely, 2010)





TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0047

Lásztity Radomir: Az élelmiszerbiokémia alapjai (Mezőgazdasági kiadó, 1981)

Morava Endre, Antoni Ferenc: Az emberi táplálkozás alapjai (Akadémiai kiadó, 1991)



### 1.3. Makronutriensek: Fehérjék fiziológias hasznosulása, szerepük az egészségmegőrzésben

A fehérjék, mint tápanyagok energiát szolgáltatnak, hiszen a glükoneogenezis útján glükózzá alakulhatnak és biztosítják a szervezet fehérjei felépítéséhez szükséges aminosavakat, valamint más nitrogéntartalmú molekulák (nukleotidok: purinok és pirimidinek, koenzimek, alkaloidok, porfirinek és hormonok) szintéziséhez is szükség van rájuk. A fehérjéket felépítő aminosavaknak csak egy részét kell külső forrásból biztosítani (esszenciális aminosavak), míg mások a szervezetünkben szintetizálódnak (nem esszenciális aminosavak). Ezért az élelmiszerekben lévő fehérjéknek nem csupán a mennyisége, hanem azok minősége, aminosav-összetétele is fontos. Annál értékesebbek, minél inkább követik a szervezet fehérjeinek átlagos aminosav-összetételét, különösen az esszenciális aminosavak (His, Ile, Leu, Lys, Met, Phe, Thr, Trp, Val) vonatkozásában. Szükség van a szemi esszenciális Arg pótlására is, mert nem áll rendelkezésre kellő mennyiségben, különösen gyermekkorban, és fokozott fizikai vagy lelki megterhelés esetén. Ezért értékesebbek az állati fehérjék a növényi fehérjéknél.

A fehérjék emésztéséhez a gyomor nyálkahártya sósav termeléssel járul hozzá, ami biztosítja a táplálékfehérjék denaturációját, és a pepszin működéséhez a savas pH-t. A gyomrot elhagyva a részben emésztett fehérjék a vékonybélbe jutnak, ahol a fehérjék további emésztését a kimotripszin, a tripszin, a karboxipeptidáz A és B és az elasztáz folytatja a fehérjéket aminosavakra, di- és tripeptidekre hidrolizálva. A fehérjék hidrolízisét proteázok végzik. Fontos, hogy ezek a proteázok ott és akkor legyenek aktívak, amikor szükség van rájuk. Inaktív proenzimek (zimogének) formájában szintetizálódnak, majd a megfelelő helyen aktiválódnak. Specifitásukban jelentősen eltérnek egymástól, aszerint, hogy milyen a szubsztrát-kötő zsebük. Vannak köztük exo- és endo-peptidázok is. Csoportosításuk a hatásmechanizmusuk szerint történhet (szerin-, cink- és karboxil- proteázok). A tripszin Arg és Lys bázikus aminosavak karboxil csoportja felőli peptid kötéseket hidrolizáló endopeptidáz. Ezt a hasítási specifitást annak köszönheti, hogy a szubsztrát kötő zsebének a mélyén elhelyezkedő Asp189 negatív töltésű, és így ionos kötést tud kialakítani a szubsztrát pozitív arginin vagy lizin oldalláncával. A tripszin a szerin proteázok közé tartozik. A különböző peptidázok mechanizmusai eltérés tapasztalható aszerint, hogy van-e kovalens acil-enzim intermedier, vagy nincs. A szerin proteázoknál van kovalens észter intermedier, a katalizált



reakció így kovalens katalízis. Az enzim aktív centrumában lévő Asp, His és Ser aminosav oldalláncok katalitikus triádot alkotnak. A Ser 195 nukleofil támadást indít a hasítandó peptid kötés karbonil szénatomjára. Az Asp 102 a His 57 közreműködésével protont von el a Ser 195-től. A szubsztrát és az enzim között átmenetileg kovalens kötésű kapcsolat alakul ki. A szubsztrát és az enzim His 57 aminosav oldallánca között protontranszfer történik (sav-bázis katalízis) a peptidkötés hasításakor, az acil rész pedig még kovalens kötással kapcsolódik az enzimhez acil-enzim intermediert képezve a Ser 195-tel. A gyors acilálás után lassú deacilálás következik, ennek eredményeként az enzim visszanyeri eredeti, aktív formáját, és részt tud venni újabb szubsztrát molekulák átalakításában. A pepszin aszpartil proteáz. Fontos szerepe van a táplálékfehérjék emésztésében. Az aromás aminosavak amino csoportja által képzett peptid kötések hasítja. A gyomor savas pH-ján a fehérjék denaturálódnak. A pepszinnek kedvező a savas pH. Az Asp32 és Asp215 oldalláncoknak kitüntetett szerepe van a katalízisben. Az egyik karboxilát formában jelen lévő aszparaginsav oldallánc egy vízmolekulától protont von el, majd az így aktivált vízmolekula nukleofil támadást indít a hasítandó peptidkötés karbonil szénatomjára. A katalízis mechanizmusa így sav-bázis katalízis (Erez és mtsai., 2009). Az emésztő enzimek hatására peptidok és aminosavak keletkeznek.

A további emésztésben az aminopeptidáz N is részt vesz, amely a vékonybélsejtek plazma membránjában van lokalizálva. Az aminopeptidázok a fehérjéket az N terminális végük felől emésztik. Az aminosavak, a di- és tripeptidek specifikus transzporterek segítségével a vékonybélsejtekbe abszorbeálódnak, ahonnan a szabad aminosavak a véráramba kerülnek és így más szövetekhez is eljutnak (Berg és mtsai., 2012).

Az aminosavak dezaminálódnak acetoacetáttá és acetyl-CoA-vá (ketoplasztikus aminosavak: Leu, Lys), illetve piruváttá,  $\alpha$ -ketoglutaráttá, szukcináttá, fumaráttá, vagy oxálacetáttá alakulnak (glukoplasztikus aminosavak: Ala, Cys, Ser, Gly, Glu, Gln, His, Pro, Arg, Val, Met, Thr, Asp, Asn). Néhány aminosav ketoplasztikus és glukoplasztikus is lehet (Trp, Tyr, Phe, Ile). A fenilalanin katabolizmusa során először tirozin képződik, majd mindkét aminosavból fumarát és aceto-acetát keletkezik. A triptofán lebomlásakor alanin és aceto-acetát keletkezik. Az izoleucin katabolizmusa pedig acetyl-CoA-t és szukcinil-CoA-t szolgáltat. A triptofánnak normális körülmények között 1 %-a használódik szerotonin szintézisre, viszont bizonyos béldaganatokban akár a





60%-a is. Az ilyen betegek rohamszerűen kipirulnak, fokozott bélperisztaltika jellemző rájuk pellagra szerű tünetekkel társulva. A hisztidin katabolizmusában résztvevő hisztidáz (hisztidin ammónia-liáz) enzim defektusa hisztidinaemiát okoz, melynek következtében jellegzetes beszédzavarok lépnek fel. A fenilalanin katabolizmusakor különböző anyagcserezavarok kialakulására van lehetőség enzimopátiák miatt, melyek közül a leggyakrabban előforduló anyagcserezavar a fenilketonuria. Ebben az esetben a fenilalanin nem tud tirozinná alakulni. Ennek oka lehet a fenilalanin-hidroxiláz hiánya, vagy a kofaktorképzés defektusa is. A fenilalanin és a transzaminázok hatásának eredményeként, a fenil-piruvát, a fenil-laktát és a fenil-acetát mindenütt megjelennek, és kifejtik károsító hatásukat, szellemi fogyatékoságot eredményezve. Ha a fenilketonuriás csecsemőknél pár héten belül a születés után olyan fehérjeszegény diétát állítanak be, amely a fenilalanint csak minimális mennyiségben tartalmazza, akkor elérhető, hogy a fenilketonuriás betegek intelligenciahányadosa elérje a normális értéket. Ezért rendkívül fontos a korai diagnózis.

A növényi tápanyagok egy részében (babfélék, szója) vannak olyan proteáz inhibitorok, amelyek gátolják a tripszin és a kimotripszin működését, ezzel csökkentve a proteolitikus kapacitást. Főzéssel ezek a proteáz inhibitorok inaktiválhatók.

## A táplálékfehérjék jelentősége

Az emberi szervezet fehérjéi adott ideig működőképesek. Időnként lebomlanak, és újak szintetizálódnak helyettük. A fehérjék lebontása és az újak reszintézise folyamatosan történik a sejtekben. A fehérjék fél-életideje elég tág határok között változik. Vannak olyan fehérjék, melyek igen stabilak, míg mások rövid életűek, különösen azok, amelyek részt vesznek az anyagcsere szabályozásában. A sejteknek eliminálniuk kell a megsérült fehérjéket is. Az újonnan szintetizált fehérjemolekulák egy része hibás is lehet, mert hiba történt a transláció során, vagy misfolding miatt. A fehérjéket érheti oxidatív károsodás, vagy más módon is változhatnak az idő múlásával. Ezeket a fehérjéket el kell távolítani, mielőtt akkumulálódnának és aggregálódnának.

Ezek a lebontásra szánt fehérjék ubiquitinnel megjelölődnek, majd a 26S proteaszómában lebontásra kerülnek. Az ornitin dekarboxiláz fél-életideje pl. 11 perc, a hemoglobiné 110 nap, míg a szemlencsében található fehérje a krisztallin gyakorlatilag turnover nélküli. A lebomlásuk során

SZÉCHENYI 2020



MAGYARORSZÁG  
KORMÁNYA

Európai Unió  
Európai Szociális  
Alap



BEFEKTETÉS A JÖVŐBE



keletkezett aminosavak fölhasználhatók az újra-szintézisükhöz, de az aminosavak egy része más anyagok szintézisére

(pl. hormonok, neurotranszmitterek, alkaloidok), vagy energianyérésre használódik. Ezért fontosak a táplálékfehérjék, melyek aminosav tartalma igény szerint felhasználódhat.

Mivel a légköri nitrogén biomolekulákba való beépítése a nitrifikáló baktériumok közreműködésével csak korlátozott lehetőség, a sejtekben működnek olyan mechanizmusok, melyek célja, hogy a lebontott biomolekulák nitrogénjét visszamentsék, újra felhasználják.

A táplálékfehérjék két módon hatnak a fehérje turnover-re. A táplálék fehérjékre adott azonnali válasz főként a fehérjedegradáció mértékének csökkenését jelenti. A hosszabb-távú adaptáció pedig mind a fehérje szintézis, mind pedig a degradáció sebességének növekedését (Garlick és mtsai., 1991).

Táplálékkal bevitt nitrogén nélkül folyamatos nitrogén veszteség jellemző. A minimum fehérje követelmény a nitrogén egyensúly elérése. A fehérje igényt befolyásolja a kor a nem, az étrend, a testösszetétel, a fiziológiai állapot, a patológiai vagy környezeti stresszorok és az életmód, különösen a fizikai aktivitás (WHO, 2007).

### **Általános fehérjeigény, aránya az étrendben, és fokozott fehérjeszükséglettel járó állapotok; „fehérjespórolás”**

Ha a táplálék elég szénhidrátot és zsírt tartalmaz, akkor nincs szükség arra, hogy a szervezet fehérjékből származó aminosavakból szintetizáljon glükózt a glukoneogenezis során. Ez fehérje megtakarítást, „fehérjespórolás”-t jelent.

Az egészséges felnőtt napi fehérje szükséglete 0,8 g/kg a kortól függetlenül. Ez az érték azt a minimális fehérje mennyiséget jelenti, amely ahhoz szükséges, hogy elkerüljük a testtömeg fokozatos elvesztését, az a napi átlagos bevitel, mely elegendő ahhoz, hogy megfeleljen a tápanyagigény közel minden egészséges személynek. Vegyes táplálkozás mellett figyelembe kell venni, hogy milyen a fehérjék emészthetősége, milyen a táplálék fehérjéinek aminosav összetétele, milyenek a hazai táplálkozási szokások, illetve a különböző fehérjék komplettáló hatását is. Az időseknek azonban nagyobb lehet a napi fehérje szükségletük a 0,8 g/kg-nál. Úgy tűnik, hogy az idős személyeknél az 1,5 g/kg/nap az ésszerű cél, azaz a teljes kalória bevitel 15-20 %-a (Wolfé és mtsai, 2008).



A sportolók napi fehérje szükséglete pedig 1,4-2,0 g/kg között van a testmozgás módjától és intenzitásától, a fehérje

minőségétől és a kalória- és szénhidrát beviteltől függően. Káros lehet a túl kevés- és a túl sok fehérje bevitele egyaránt (Fox és mtsai., 2011). Megalapotatlanok azok az aggodalmak, melyek a fenti mennyiségű fehérje-bevitelt károsnak tartják az egészségre, akár a vese túlzott megterhelése, akár a csontritkulás kockázatának növelése révén (a kalcium kiválasztás növelése miatt) (Capbell és mtsai., 2007). A javasolt bevitt fehérje az összes energia 12-15 %-a (Lemon, 1991). A WHO 2003-as ajánlásában felnőtteknek fehérjékre nézve 10-15 E % szerepel.

Fokozott fehérjeszükséglet jellemző gyermekkorban, terhesség és szoptatás esetén, valamint betegségek és sérülések után. Gyermekkorban a bevitt fehérjének fedezniük kell a növekedéshez szükséges mennyiséget. Figyelembe kell azonban venni, hogy a növekedés nem egyenletes, ezért a fehérje bevitelt úgy kell megállapítani, hogy mindenkor elegendő fehérje álljon rendelkezésre. Ez 32-75 g/nap között változik az életkor függvényében. A terhesek fehérjeszükséglete 10 g/nap-al több, mint a terhességet megelőző időszakban volt. A szoptatás alatti fehérjeszükséglet az első hat hónapban naponta 20 g többletfehérje bevitelt jelent, a hetedik hónaptól pedig 15 g-ot.

### **Esszenciális aminosavak jelentősége a táplálékban; limitáló aminosav**

A fehérjék biológiai értékét az aminosav-összetételük határozza meg. Az esszenciális aminosavakat a szervezet nem tudja előállítani, külső forrásból kell ezeket beszereznie. Az esszenciális aminosavak valamelyikének hiánya a táplálékból korlátozza a többi aminosav részvételét is a fehérjeszintézisben. A fehérjeszintézis zavartalanságát az biztosítja, ha az összes aminosav kellő mennyiségben egy időben rendelkezésre áll. A szükséglethez képest a legkisebb mennyiségben jelen lévő esszenciális aminosav a limitáló aminosav, amely meghatározza a többi aminosav beépülésének a mértékét is. A csecsemők és a gyermekek teljes értékű fehérjét igényelnek, amely nagy mennyiségben és a megfelelő arányban tartalmazza az esszenciális aminosavakat. A felnőttek esszenciális aminosav-igénye jóval kisebb. A főfősleges aminosavak lebontódnak, vagy bekapcsolódnak a szénhidrát- illetve a lipid-anyagcserébe. Leggyakrabban a lizin, a metionin és a triptofán a limitáló aminosavak. A gabonafélék limitáló aminosava a lizin, a hüvelyeseké a metionin, a kukoricáé pedig a triptofán és a lizin. A kukorica tartalék fehérjéje a zein,



glutaminsavban, prolinban, leucinban és alaninban gazdag.

### A táplálékfehérje minősége (magas és alacsony biológiai értékű táplálékok)

A táplálékfehérjék aminosav összetétele és ezen belül az esszenciális aminosavak előfordulási gyakorisága fontos jellemzője a minőségnek. A komplett fehérjékből nem hiányzik egyik esszenciális aminosav sem, ezek mennyisége és aránya megfelelő, így egyedüli fehérjeforrásként is elegendőek. Ilyen komplett fehérje forrás az állati eredetű fehérjék közül pl. a tojás, a tej, a hal vagy a húsfélék. Ha valamelyik esszenciális aminosav hiányzik vagy a szükségesnél kisebb mennyiségben van jelen egy fehérjében, akkor kisebb a biológiai értéke, kevésbé hasznosítható. Az inkomplett fehérje önmagában nem elégíti ki a szervezet fehérje szükségletét. Ilyen inkomplett fehérjék egyes növényi fehérjék, melyek komplettálással magas biológiai értékűvé alakíthatók, ami más fehérjével való kiegészítést/keverést jelent annak érdekében, hogy egyik aminosav se legyen limitáló. Fontos, hogy a komplettálás során úgy válogassuk össze a különböző nyersanyagokat, hogy azok együtt jól emészthetők legyenek és aminosav összetételükben kiegészítsék egymást. A komplettálás alapja, hogy mivel az egyes élelmiszerekben más-más a limitáló aminosav, ezeket együtt fogyasztva sokkal értékesebb fehérjéhez jutunk. A túrós tészta esetében pl. a liszt lizinhiányos voltát komplettálja a tejfehérjék lizin fölöslege. A zöldborsós rizs is jó példa a komplettálásra. A hüvelyesek magasabb lizintartalma kiegészíti a rizs lizin hiányát, a hüvelyesek és a gabona kitűnően kiegészítik egymást. A főzelékek sűrítéskor használt különböző lisztek is hatékonyan kiegészítik a főzelékfélék fehérje értékét. A komplettálásnak különösen nagy jelentősége van a vegetáriánus táplálkozásnál. A komplettálásnak ideális esetben egy étkezésen belül, de legkésőbb 2 napon belül kell megtörténnie.

Az emberi táplálkozást tekintve a különböző tápanyagok az aminosavigény kielégítése szempontjából különböző értékűek. A biológiai érték annak a mérőszáma, hogy mennyi épül be a szervezetet felépítő fehérjékbe az élelmiszerekből. Ez az érték megmutatja, hogy az adott fehérjét milyen mértékben tudja hasznosítani a szervezet a fehérjeszintézis során. Két hasonló mértékegységet használnak: az egyik a valós százalékos hasznosulás, a másik pedig egy jól hasznosuló fehérjeforráshoz viszonyított százalékos hasznosulás. A biológiai érték pontos meghatározásához az egyénnek csak olyan fehérjét/fehérjék keverékét szabad fogyasztania, amelyek a teszt étrendhez tartoznak, ami nem tartalmazhat nem fehérje eredetű nitrogént, és az összetételének és a





mennyiségének olyannak kell lennie, hogy a szervezet a fehérjét ne elsődleges energiaforrásként hasznosítsa. A teszt egy hétig tart szigorú étrendi ellenőrzéssel, előtte pedig koplalással. A biológiai értéket úgy számoljuk ki, hogy a szervezet által felvett nitrogén mennyiségét elosztjuk az elfogyasztott táplálékban lévő fehérjék nitrogén tartalmával, és az így kapott számot megszorozzuk 100-al. A szervezet által felvett nitrogén mennyiségét közvetett úton mérik, a vizelet és az ürülék nitrogén tartalma nem szerepel a biológiai érték számításában. A biológiai értéket befolyásolja az aminosav összetétel, és a limitáló aminosav, az étel elkészítése és a vitamin és ásványi anyagtartalom.

#### biológiai érték

Laktalbumin	104
Tojás	100(viszonyítási alap)
Marhahús	92
Hal	83-92
Tej	88
Sajt	84
Szójafehérje	84
Burgonya	73
Rizs	63
Búzaliszt	53

#### biológiai érték

36%tojás+64%burgonya	136
70% laktalbumin+30% burgonya	134
75% tej + 25% búzaliszt	125
60% tojás + 40% szója	124
68% tojás + 32% búzaliszt	123

### **Fehérjehiányos táplálkozás (marasmus senilis lényege és kwashiorkor tünetei)**

Ha a táplálék fehérjetartalma mennyiségileg és/vagy minőségileg nem kielégítő, akkor ez különböző kórképek kialakulásához vezet. A fehérjehiányos táplálkozás





következménye a kwashiorkor, ha energiahíánnyal is társul, akkor marasmus kórkép áll elő. A kwashiorkor jellemző tünete, hogy a hasüregben folyadék szaporodik fel („pókhas”), további jellemzője a megnagyobbodott, elzsírosodott máj, a fekélyes bőrgyulladás, a hasmenés, a lelassult fejlődés, a láb vizenyője és a pigmenthiány. Járulékos tényezőként szerepel a mikrotápanyagok és antioxidánsok hiányos felvétele is. Mindkét kór lesoványodást von maga után az elégtelen táplálkozás/éhezés miatt. Marasmus előfordulhat elhanyagolt idős embereknél, a kwashiorkor pedig pl. a szoptatás után elválasztott, alultáplált csecsemőknél, akik így nem kapnak a fejlődésükhöz szükséges mennyiségű fehérjét, hanem sok szénhidrátot tartalmazó diétára lettek szoktatva. A marasmusban a szervezet a saját szöveteit bontja le, hogy fedezze a kalóriaigényt, így a szervezet összezsugorodik. A marasmusban a testtömeg kevesebb, mint 60 %-a a normálisan várható testtömegnek. A zsírraktárak kimerültek, izomsorvadás jellemző. A bőr száraz, laza, ráncos, a haj vékony, ritka és törékeny. Jellemző a vérszegénység, gyakori a vitaminhiány. A fehérjehiányos táplálkozás a harmadik világ lakosságának jelentős hányadát érinti. A szegénységben élők fokozott veszélynek vannak kitéve. A betegség kezelhető fehérjéknek az étrendhez való hozzáadásával, de figyelmet kell fordítani a valószínűleg egyidejűleg fennálló vitaminhiányra is. Azonban a gyermekek fizikális és mentális fejlődésében súlyos károkat okozhat, legrosszabb esetben halálhoz vezethet. Mindkét betegség esetén a fertőzések végzetesek lehetnek.

Éhezés (és tartós izommozgás) során a perifériás szövetekből nitrogén transzportálódik a májba. Bár a legtöbb aminosav lebontása a májban történik, más szövetek is tudnak aminosavakat lebontani. Például az izom elágazó láncú aminosavakat használ energiaforrásként éhezéskor. Ebben az esetben is, ugyanúgy, mint a májban, az első lépés a nitrogén eltávolítása az aminosavakról. Mivel azonban az izomban hiányoznak az urea ciklus enzimeit, így a nitrogént olyan formába kell hozniuk, ami a máj számára felvehető. A transzaminációs reakcióban képződött glutamát nitrogénje piruvátra helyeződik át, alanint képezve, amely a vérárammal a májba kerül, ahol visszaalakul piruváttá transzaminációval. A

piruvát főleg használható glukoneogenezisre, az aminosav csoport pedig ureában jelenik meg. Ez a glükóz-alanin ciklus. A másik lehetőség, hogy a nitrogén glutaminként transzportálódhat miután a glutamin szintetáz enzimmel az  $\text{NH}_4^+$  és a glutamát ATP igényes reakcióban glutaminná alakult (Berg és mtsai., 2012).





## Fehérjében túlságosan gazdag táplálkozás

A mértéktelen fehérjefogyasztás következménye lehet elhízás, metabolikus acidózis és hiperammonémia. Vannak olyan aminosavak, melyek lebontási termékei savak. Az Ala transzaminálódása piruvátot, az Asp-é pedig oxálacetátot eredményez. Ezáltal fokozza a fehérjében túlságosan gazdag táplálkozás a metabolikus acidózist. A legtöbb aminosav degradációjakor oxidatív dezaminálással vagy a transzaminálással keletkező glutamát glutamát-dehidrogenáz közreműködésével dezaminálódva ammónia keletkezik. Ammónia keletkezik még glutaminból glutamináz hatására vagy szerinből, hisztidinből és treoninből dehidratázok közreműködésével. Az ammónia egyrészt rendkívül fontos a szervezet számára a nitrogén tartalmú vegyületek szintéziséhez, másrészt pedig toxikus vegyület is egyben elsősorban a központi idegrendszer számára. Emelkedett vérplazmaszintje hallucinációt, tremort és zavartságot okoz. A máj az ammóniát ureává alakítja az ornitin ciklusban vagy az ammóniából és glutamátból glutamin szintetizálódhat a glutamin-szintetáz által katalizált reakcióban. További lehetőség az ammónia eliminálására, hogy a vese képes ammóniát kiválasztani, illetve a kreatinin és húgysav ürítés is nitrogén eltávolítást jelent. A hiperammonémia hányással, görcsökkel, letargiával és mentális retardációval járhat együtt. Kezelhető fehérjeszegény diétával, illetve esszenciális aminosavaknak megfelelő ketosavak adásával, melyek transzaminálása csökkentheti az ammóniaterhelést. A fehérjében túlságosan gazdag táplálkozás elősegítheti sok toxikus amin keletkezését is, hiszen a tápcsatornában pangó fehérjedús táplálék ideális táptalajt jelent baktériumok számára. Mivel a transzaminázok működéséhez piridoxál foszfát (a B6 vitamin foszfát származéka) szükséges, így a fehérjében túlságosan gazdag táplálék fokozza a B6 vitaminigényt is.

A túlzott mértékű fehérjebevitel meghaladja a májnak azt a képességét, hogy a felesleges nitrogént karbamiddá alakítsa. Ez megfelel 400 g/nap fehérjebevitelnek, ami egyenértékű 5 g/kg/nap fehérjebevitellel. Komoly veszélyt jelent, amikor a fehérjebevitel nagyobb, mint a teljes energia 35 %-a. Ennek következménye lehet hiperaminoacidémia, hiperammonémia, hiperinzulinémia, hányinger, hasmenés és akár halál is. A javasolt maximális fehérje bevitel a testi szükségletek alapján kb. az összes energia 25 %-a, mintegy 2-2,5 g/kg/nap, ami megfelel 176 g fehérjének naponta egy 80 kg-os egyén számára (Bilborough és Mann, 2006).

A túlzott fehérjefogyasztás növeli a vesekőképződés kockázatát, különösen ha állati fehérjék



bevitele magas.

1,2 g fehérje/kg/nap-nál nagyobb fehérjebevitel hozzájárul vesebeteg egyéneknél a vesefunkció romlásához. Ilyenkor az alacsonyabb fehérjetartalmú étrend ajánlott, hogy megakadályozzák a vesekárosodás súlyosbodását.

A vörös húsok fogyasztása hozzájárulhat bizonyos ráktípusok előfordulási gyakoriságának növeléséhez (Wolfé és mtsai., 2008). A fehérjék fermentációja a bélflóra által különböző toxikus vegyületek képződésével jár, mint pl. ammónia, dihidrogén-szulfid, indolok és fenolok, amelyek irritálhatják a vastagbél epiteliális sejtjeit, növelve a vastagbélrák kockázatát (Millward és mtsai., 2008). Az állati húsok túlzott bevitele elősegíti a szív és érrendszeri betegségek kialakulását. Megemelheti a vérnyomást és a koleszterinszintet, szerepet játszhat az ízületi betegségek kialakulásában.

### Javasolt fehérjeforrások

Javasolt fehérje források a magas biológiai értékű, nem túl sok zsírt tartalmazó állati fehérjék, és komplettált növényi fehérjék. A tej és a tejtermékek fogyasztása minden életkorban ajánlott. Minden tejtermék esetén érdemes az alacsonyabb zsírtartalmút választani. A tejtermékek fehérjetartalmuk mellett értékes vitamin és ásványianyag források is egyben. A húsok, mint komplett fehérjék fontos táplálékok. Itt is érdemes a sovány húsokat előnybe részesíteni. A tojás is igen jó fehérjeforrás, bár a koleszterintartalma miatt mértékkel célszerű fogyasztani. A növényi fehérjék nem teljes értékűek, így ezeket komplettálva alkalmazzuk.

### Irodalomjegyzék

Erez E, Fass D and Bibi E.: How intramembrane proteases bury hydrolytic reactions in the membrane. Nature 459, 371-378, (2009)

Garlick PJ, McNurlan MA, Ballmer PE.: Influence of dietary protein intake on whole-body protein turnover in humans. Diabetes Care. 14(12):1189-98 (1991)

WHO: Protein and amino acid requirements in human nutrition. WHO Technical Report Series. (2007)





Wolfe RR, Miller SL, Miller BB.: Optimal protein intake in the elderly, *Clinical Nutrition*, Volume 27, Issue 5, Pages 675–684 (2008)

Fox EA, McDaniel JL, Breitbach AP, Weiss EP.: Perceived protein needs and measured protein intake in collegiate male athletes: an observational study. *J Int Soc Sports Nutr.* 8:9. doi: 10.1186/1550-2783-8-9 (2011)

Campbell B, Kreider RB, Ziegenfuss T, La Bounty P, Roberts M, Burke D, Landis J, Lopez H, Antonio J.: International Society of Sports Nutrition position stand: protein and exercise. *J Int Soc Sports Nutr.* 4:8 (2007)

Lemon PW.: Protein and amino acid needs of the strength athlete. *Int J Sport Nutr.* 1(2):127-45 (1991)

Berg JM, Tymoczko JL, Stryer L.: *Biochemistry* (7th ed.). W. H. Freeman and Company, New York (2012)

Wolfe RR, Miller SL, Miller KB.: Optimal protein intake in the elderly. *Clinical Nutrition* Volume 27, Issue 5, Pages 675–684 (2008)

Bilsborough S and Mann N.: A Review of Issues of Dietary Protein Intake in Humans, *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 16, 129-152 (2006)

Millward DJ, Layman DK, Tomé D, and Schaafsma G.: Protein quality assessment: impact of expanding understanding of protein and amino acid needs for optimal health, *Am J Clin Nutr* vol. 87 no. 5 1576S-1581S (2008)

## 1.4.Élelmi rostok fiziológiás hasznosulása, szerepük az egészségmegőrzésben

Élelmi rostot szinte kizárólag növényi eredetű élelmiszerekben találhatunk. Az élelmi rostok olyan ehető növényi részek, amelyek ellenállnak az emésztésnek és a felszívódásnak a vékonybélben, de részben vagy teljesen fermentálódnak a vastagbélben. Élelmi rostokban gazdagok a zöldségek, a gyümölcsök, a főzelékfélék és a teljes kiőrlésű lisztből készült pék-árúk. Az emészthetetlen növényi rostok és a bőséges folyadék-fogyasztás megnöveli a széklet mennyiségét és lazítja az állagát, így könnyebben üríthetővé válik. A mérgezőanyagok rövidebb időt töltenek a bélben, ennek fontos szerepe lehet a vastagbélrák megelőzésében. Az élelmi rostok növelik a jóllakottság érzését, segíthetnek az elhízás gyakoriságának csökkentésében. Lassítják a tápanyagok felszívódását az étkezések után, így csökkentik az inzulin szekréciót. A cukorbetegség diétájában a rostban gazdag étrend hatására mérséklődik a cukorfelszívódás, így a hiperglikémiás és a hipoglikémiás ingadozások ritkábban fordulnak elő, ami a cukorbetegség állapotának javulását- és a diabétesz szövődésének elmaradását vagy elhúzódását okozza.

Az élelmi rostok heterogén anyag-csoport, melyek egyetlen közös jellemzője, hogy nem emészthetők a vékonybélben, így energiát nem vagy csak elenyésző mértékben szolgáltatnak. Egyesek vízoldhatók, mások pedig oldhatatlanok. Vízoldékonyak a pektin, a növényi galaktomannán gumik, a gyanták, a  $\beta$ -glukánok és a nem emészthető oligoszacharidok nagy választéka beleértve az inulint, vízben oldhatatlanok a cellulóz, a hemicellulóz és a lignin. Ez a tulajdonság összefügg az élettani hatásukkal. Az oldható (viszkózus) szálak vizet képesek megkötni és így hidro-kolloidokat vagy géleket képeznek. A szervezetnek mindkét típusú rostra szüksége van, melyek általában együtt találhatóak meg a legtöbb növényi eredetű élelmiszerben. Vízoldékony rostban gazdag élelmiszerek az alma, a citrusfélék, a friss és az aszalt gyümölcsök, a zöldségek, a hüvelyesek és a zabpehely. Vízben oldhatatlan rostban gazdagok a gabonafélék, a rizs és a kukorica. Az élelmi rostok fontos szerepet játszanak a gyomor-bél traktus fiziológiájában. Módosítják a tápanyagok felszívódását (különösen a szénhidrátokét és lipidekét) a vékonybélben. Meghatározzák a széklet összetételét és mennyiségét. A legfontosabb rostok a cellulóz, a hemicellulóz, a pektin, a guar gum, a psyllium, a béta-glükán, a Klason

MAGYARORSZÁG  
KORMÁNYAEurópai Unió  
Európai Szociális  
Alap

BEFEKTETÉS A JÖVŐBE



lignin és a keményítő; jelen vannak különböző mennyiségben a növényi élelmiszerekben. Az egészségügyi hatóságok legalább 30 g-ot javasolnak naponként. Rostokban gazdag táplálkozással megelőzhető a székrekedés, a vastagbél- és gyomor karcinóma, a diverticulosis (a vastagbél falának kitüremkedése), a II-es típusú cukorbetegség és a szív- és érrendszeri betegség. A búzakorpa, a lenmag- és cukorrépa rost a székrekedés, a vastagbél diverticulosis és az elhízás kezelésére használható. A zabkorpát előszeretettel használják hiperkoleszterinémia esetén. Az élelmi rostok a vastagbél mikroflóra fő táplálékforrásai. A bakteriális fermentációjuk során rövid szénláncú zsírsavak és gázok keletkeznek (Trepel, 2004). Az acetát, a propionát és a butirát gátolják a fehérje komponensek fermentációját, mely toxikus ammónia és aminosavak képződéséhez vezetne. A rövid láncú zsírsavak csökkentik a pH értéket, ez által gátolva karcinogének kialakulását epesavakból (EFSA, 2010).

Bizonyos típusú oldható rostokat, mint pl. pektineket, inulint, guárgumit, és karboximetil-cellulózt hasznosítják, mint funkcionális összetevőket tejtermékekben. Guárgumit, pektineket és inulint használnak a sajt feldolgozása során, hogy csökkentse a zsír %-ot, anélkül, hogy elveszítené az érzékszervi jellemzőit, mint pl. textúrát és az ízt. Az élelmi rostok javítják a joghurtok és fagylatok stabilitását. Az élelmi rostokat fel lehet használni húsipai termékek, mint pl. kolbászok, pástétomok és szalámik textúra javítására, vagy pl. alacsony zsírtartalmú „diétás hamburger” készítésére. A dzsemek és lekvárok esetén a hozzáadott elsősorban gyümölcsökből származó pektin növeli a végtermék stabilitását. Az alacsony kalóriatartalmú csokoládéknál olyan rostvegyületeket, mint az inulint és oligofruktózt használnak cukorpótlóként. Számos gyümölcsből, mint pl. narancsból, almából, őszibarackból miközben gyümölcsleveket készítenek, melléktermékként nyerhetünk olyan rostfrakciót, melyet felhasználhatunk funkcionális élelmiszerek előállítására. A narancs és a citrom olcsó rostforrások, nagyon gazdagok pektinben. Az alma feldolgozás melléktermékeiből jelentős mennyiségű pektint és polifenolokat nyerhetünk (Rodríguez és mtsai., 2006).

Az oldható élelmi rost/oldhatatlan élelmi rost arány fontos mind a diétás, mind pedig a funkcionális tulajdonságok szempontjából. A gyümölcsökből és zöldségekből származó élelmi rostok lényegesen nagyobb arányban tartalmazzak oldható élelmi rostokat, míg a gabonák több oldhatatlan élelmi rostot tartalmazzak, cellulózt és hemicellulózt (Figuerola és mtsai., 2005).



#### 4.1. Napi szükséglet és jellemző átlagos bevitel

Az ételmiszeripar fejlődése maga után vonta a finomított, rostszegény ételmiszerek előállítását. Az ételmi rostok jellemző átlagos bevitele 15 g/nap, vagyis körülbelül a fele a javasolt 25-30 g/nap mennyiségnek. A 25-30 g/nap bevitel fedezhető pl. 0,5-1 kg zöldség, főzelék, friss gyümölcs elfogyasztásával vagy kb. 50-90 g zabkorpával. Az ételmi rostok növelik az étkezés után a jóllakottság érzését és csökkentik az azt követő éhséget. Segíthetnek csökkenteni a jelenlegi magas elhízási gyakoriságot (Howarth és mtsai., 2001). Gyermekeknek a javasolt bevitel 1 és 3 éves kor között napi 10 g, 4 és 6 éves kor között napi 14 g, 7 és 10 éves kor között napi 16 g, 11 és 14 éves kor között napi 19 g, és 15 és 17 éves kor között napi 21 g (EFSA, 2010).

#### 4.2. Az ételmi rostok csoportosítása, típusok és kémiai szerkezetük (cellulóz, hemicellulóz, pektin, lignin)

Az ételmi rostok nem tápanyagok ugyan, de mégis nélkülözhetetlen összetevői az egészséges tápláléknak. Az ételmi rostok közé tartoznak a növényi sejtfalat felépítő poliszacharidok és a lignin. A sejtfalpoliszacharidok a cellulóz, a hemicellulóz és a pektin. A cellulóz mikrofibrillumok hidrogén-híd kötésekkel kapcsolódnak hemicellulózhoz és az így kereszt kötött hálózat pektinből álló gél-szerű mátrixba van ágyazva. A lignin a másodlagos sejtfal egyetlen nem poliszacharid polimerje.

#### Cellulóz

A cellulóz a növények sejtfalának alkotórésze, a Földön a legnagyobb mennyiségben előforduló szerves anyag. Évente 180 milliárd tonnányi képződik. A lágyszárú növények 25-30 %-át, az érett fa 40-50 %-át alkotja. Csak egyféle monoszacharidból, glükózból felépülő poliglükán. Elágazás nélküli poliszacharid, melyben akár több ezer glükóz-egység is kapcsolódhat egymáshoz  $\beta$ -1,4 glikozidos kötésekkel. A cellulóz polimerizációs foka az elsődleges sejtfalban 2000-6000 glükóz egység, a másodlagos sejtfalban pedig mintegy 10000 glükóz egység. A glükóz egységek nem szubsztituáltak, a heterogenitás a cellulóz esetében a polimerizációs fokban, és a kristályosság mértékében lehet. Az egymással párhuzamosan elhelyezkedő láncokat inter- és intra molekuláris hidrogénhidak és hidrofób kölcsönhatások stabilizálják ún. parakristályos

MAGYARORSZÁG  
KORMÁNYAEurópai Unió  
Európai Szociális  
Alap

BEFEKTETÉS A JÖVŐBE



szerkezetet kialakítva. Ez a rendezettség rendkívül szilárdá teszi a sejtfalat. 36 párhuzamosan futó poliszacharidlánc alkotja a mikrofibrillumot, mivel a cellulóz szintetáz alegységekből 6 x 6 képez egy rozettát (Ding és Himmel, 2006). A cellulóz nem oldódik vízben, a  $\beta$ -1,4 glikozidos kötéseit az emberi szervezet nem tudja hidrolizálni, ezért változatlan formában ürül ki a tápcsatornából. Kalóriaszegény élelmiszerekben alkalmazzák.

## Hemicellulóz

A hemicellulózok flexibilis növényi szerkezeti sejtfal-poliszacharidok. Pektinnel együtt alkotják azt a mátrixot a növényi sejtfalban, amelybe a cellulóz beleágyazódik. Lehetnek arabinogalaktánok, xiloglükánok, galaktoglükomannánok, glükuronoxilánok, arabino-glükuronoxilánok, arabinoxilánok, glükuronoarabinoxilánok, xilánok, mannánok és glükomannánok. A főláncban a monomereket  $\beta$ -1,4 glikozidos kötések kapcsolják össze. A hemicellulózok hidrogén híd kötésekkel cellulózhoz, vagy némely esetben ligninhez kapcsolódva hozzájárulnak a sejtfal megerősítéséhez. A hemicellulóz rövidebb láncokból áll, mintegy 200 cukoregységből, a láncok gyakran elágaznak. Sok különböző cukor monomert tartalmaz, glükózól, mannózból, galaktózból, xilózból, arabinózból és 4-O-metil

glükoronsavból áll. Könnyen hidrolizálható híg savval vagy bázissal, valamint hemicelluláz enzimekkel. A hemicellulózok a vékonybélben nem emésztdőnek, a vastagbélben viszont a mikroorganizmusok tevékenysége folytán könnyebben fermentálódnak, mint a cellulóz.

## Pektin

A pektin a növényi sejtfal legkomplexebb szerkezetű D-galakturonsavban gazdag szerkezetalkotó poliszacharidja. Molekulatömege 10-360000 g/mol. Pektin poliszacharidok az elágazás nélküli homogalakturonán, az elágazásokat is tartalmazó ramnogalakturonán I, a szubsztituált galakturonánok (ramnogalakturonán II) és a xilogalakturonán. A homogalakturonán  $\alpha$ -1,4 glikozidos kötésekkel összekapcsolt homopolimer, melyben a galakturonsav egységek karboxil csoportjainak egy része metil-észter formában van.

A ramnogalakturonán II rendkívül komplex poliszacharid, 11-13 féle monoszacharidot tartalmaz, legalább 22 fajta glikozidos kötéssel összekapcsolva. A ramnogalakturonán II borát-diészterként keresztkötött dimerként van jelen, térhálós

SZÉCHENYI 2020



MAGYARORSZÁG  
KORMÁNYA

Európai Unió  
Európai Szociális  
Alap



BEFEKTETÉS A JÖVŐBE



szerkezetet képezve. A borátdiészter kötés két apióz monomer között jön létre. A ramnogalakturonán II szerkezet változásával változik a sejtfal merevsége is, lehetővé téve a növények növekedését. Ellenáll az enzimatis lebonatásnak, így megtalálható fermentált termékekben is, mint pl. a vörösborban (Höfte, 2001). A nem cellulóz-poliszacharidok (pektinek és hemicellulózok) acetilációjával és metilációjával megváltoznak a poliszacharidok tulajdonságai és más polimerekkel való kölcsönhatásuk, pl. az oldhatóságuk és az extrahálhatóságuk is (Pawar és mtsai., 2013). A gyümölcsök érése során a pektináz és pektinészteráz enzimek lebontják a pektint, a gyümölcs puhább lesz.

A pektin forró vízben gél képez, élelmiszer-zselésítő, térfogatnövelő és stabilizáló tulajdonságú. Gyakran használják lekvárok, dzsemek zselésítésére, mivel cukor hozzáadására géledést okoz. A gélek alaktartó, könnyen deformálható, folyadékban gazdag diszperz rendszerek. A pektin felhasználható ehető, biodegradábilis filmek előállításához. Az alacsony észterezettségi fokú pektinben a kalcium ionok ( $\text{Ca}^{2+}$ ) jelenlétében keresztkötések alakulnak ki, mivel a galakturonsav savas csoportjai ( $-\text{COO}-$ ) és a pozitív töltésű  $\text{Ca}^{2+}$  ionok között elektrosztatikus vonzás jön létre. Az észterezettség foka jelentősen befolyásolja a pektin gélképző tulajdonságát és ezzel a fiziko-kémiai tulajdonságait is. Pozitív hatásai az egészségre: csökkenti a koleszterin- és szérum glükóz szintet, gátolja a rák kialakulását és a tumor növekedését, serkenti az immunválaszt. A körte, az alma, a birs, a szilva, az egres, a narancs és más citrusfélék sok pektin tartalmaznak.

### Frukto-oligoszacharidok és galakto-oligoszacharidok

A frukto-oligoszacharidok és a galakto-oligoszacharidok olyan természetes növényi összetevők, melyek polimerizációs foka 3-9, megtalálhatók pl. articsókában és babban. Rost-szerű hatásaik között meg kell említeni, hogy elősegítik az egészséges mikroflóra kialakulását és a rövid szénatomszámú zsírsavak keletkezését a vastagbélben, valamint fokozzák a kalcium abszorpciót a vastag bélből (EFSA, 2010).

A legtöbb növény tartalék szénhidrátja a keményítő vagy a szacharóz. A gazdaságilag fontos növények egy részénél viszont a tartalék szénhidrát fruktán. Ilyenek a gabonafélék közül pl. az árpa, a búza és a zab, és a zöldségek közül pl. a cikória, a hagyma és a saláta. A fruktánok olyan oligo- és poliszacharidok, melyekben fruktóz monomerek kapcsolódnak

SZÉCHENYI 2020



MAGYARORSZÁG  
KORMÁNYA

Európai Unió  
Európai Szociális  
Alap



BEFEKTETÉS A JÖVŐBE





szacharózhoz, vagyis mindegyik molekula tartalmaz egy glükózt is a fruktóz mellett. A kisméretű fruktánok édesek, a nagyobb molekulák semleges ízűek. A fruktánok alacsony kalóriatartalmúak, mivel az emberi emésztőrendszer nem tartalmaz olyan enzimeket, melyek képesek lennének a fruktánok bontására, de a vastagbél bifido-baktériumainak hasznos szénforrások. Ezek a baktériumok a fruktánokat rövid láncú zsírsavakká fermentálják, melynek pozitív hatása van a szisztémás lipid anyagcserére. A cikóriából izolált fruktán funkcióját korlátozza a hosszú láncú fruktán fruktán-exohidroláz általi degradációja a betakarítás után. A hosszú láncú fruktánokat használhatják az élelmiszeriparban is zsírok helyett, hiszen vizes emulziójuk érzékszervi tulajdonságai hasonlítanak a zsírokéhoz (Vijn és Smeekens, 1999).

A hüvelyesek ételmi rostokban gazdag táplálékok, mind az oldható, mind pedig az oldhatatlan ételmi rostok gazdag forrásai. A hüvelyesek olyan oligoszacharidokat (raffinóz, sztachióz, verbaszkóz) tartalmaznak, melyek az ember számára emészthetetlenek. Ezek oldható szénhidrátok, melyek ellenállnak az emésztésnek a vékonybélben. Bejutva a vastagbélbe, a vastagbél mikroflórája erjeszti őket és fermentációs termékként gázok (széndioxid, metán és/vagy hidrogén) és rövid szénláncú zsírsavak keletkeznek. Ezek a baktériumok rendelkeznek  $\alpha$ -galaktozidáz enzimmel, így fermentálni tudják ezeket a vegyületeket, melyekben a szacharózhoz 1-, 2-, vagy 3 galaktóz monomer kapcsolódik. Bár a gázok keletkezése puffadást okozhat, a rövid szénláncú zsírsavak támogatják a bélnyálkahártya egészségét. A hüvelyesek fogyasztásának jótékony hatásai, hogy csökkentik a vér koleszterinszintjét, és normalizálják a vércukor- és inzulinszintet. Számos tudományos közlemény foglalkozik azzal, hogy hogyan csökkentik a kellemetlen hatású oligoszacharidok mennyiségét az ételkészítés során az áztatás, a csíráztatás, a főzés, illetve a mikrohullámú sütő használata (Han és Baik, 2006 □ Mubarak, 2006 □ Tosh és Yada, 2010).

## Lignin

A lignin a cellulóz után a második leggyakoribb szerves vegyület a Földön, a növények évente 40-50 millió tonnát termelnek. A másodlagos sejtfal szerves része, az elfásodott növények szöveteinek az alkotórésze. Növeli a sejtfal szilárdságát.

Mint biopolimer szokatlan heterogén szerkezetű, hiányzik a jól definiált elsődleges szerkezete. Kitölti a sejtfalban a cellulóz, a hemicellulóz és a pektin közötti teret. Kovalensen kötődik a hemicellulózhoz, így keresztköti a különböző



növényi poliszacharidokat, térhálós szerkezet jön létre, mely nagyban növeli a mechanikai erőt. A fák szárazanyagtartalmának mintegy

harmadát-negyedét teszi ki. A növényi sejtfal polimerek közül az egyetlen nem poliszacharid, fenilalaninból illetve tirozinból származtatható. Viszonylag hidrofób és aromás jellegű, antioxidáns tulajdonságú rostfrakció. 3 fő fenolos komponensből p-kumaril-, koniferil- és szinapil alkoholból felépülő bonyolult szerkezetű, térhálós makromolekula. Ezek az alkoholok hasonló szerkezetűek, csak a metoxi csoportok számában különböznek egymástól. A koniferil alkohol előfordul minden fajban, domináns monomer a tűlevelűeknél. A lombhullató fák (kemény fák) akár 40 % szinapil alkoholt is tartalmazhatnak, míg a fűvek és a mezőgazdasági termények kumaril alkohol egységeket is tartalmazhatnak. A lignin gyökös polimerizációval jön létre a másodlagos sejtfalban. A lignin védi a sejtfal poliszacharidjait a mikrobiális lebontástól (Vanholme és mtsai., 2010). Az erősen lignifikált fa tartós, ezért jó alapanyag számos gyakorlati alkalmazás során és kiváló üzemanyag is.

#### 4.3. Az élelmi rostok jellemző hatásai és jelentőségük egyes betegségek megelőzésében

Az élelmi rostoknak fontos szerepük van az egészség megőrzésében, és egyes betegségek megelőzésében. Megnövelt bevitelükkel csökkenthető pl. a 2-es típusú diabétesz, valamint a szív- és érrendszeri betegségek kockázata, bizonyos rák-típusoké is (pl. vastagbél- és mellrák) és az aranyéré. Ebben szerepe lehet annak, hogy a hagyományos szénhidrát-dús étrend alacsony zsírtartalmú, különösen a telített zsírokra nézve, és a jóllakottság érzését erősítve segít megelőzni az elhízást. Az élelmi rostok megkötik a koleszterint, gátolják a zsírok felszívódását. Az élelmi rostban gazdag diéta tartalmazhat ásványi anyagokat, vitaminokat, fenolokat, fitoösztrogéneket, telítetlen zsírsavakat is, melyek hozzájárulhatnak az egészségre kifejtett jótékony hatásukhoz. Jobban megértve az élelmi rostok szénhidrát- és lipid metabolizmust befolyásoló biokémiai mechanizmusát felhasználhatók a nyugati országokban egyre gyakrabban előforduló metabolikus szindróma megelőzésére, és kezelésére. A metabolikus szindróma olyan gyakran előforduló anyagcserezavar, melynek tünetei az elhízás (főleg hasra), a magas vérnyomás, a diszlipidémia és az inzulin rezisztencia (Galisteo és mtsai. 2008).

Az élelmi rostok nagy fajlagos térfogattal és jó vízkötő képességgel jellemezhetők, jelentősen növelik a székletmennyiséget, ezáltal elősegítve a bélmozgást is.

Az élelmi rostok mérsékelhetik a gyógyszerek



felszívódását is, ezért a rostban gazdag étel elfogyasztása és a gyógyszer bevétele között legalább 2 órát célszerű kivárni.

#### 4.4. Egyéb rostalkotók (növényi nyákanyagok, poliszacharidok)

A guargumi a guarbabból kinyerhető heteropoliszacharid, gélképző galaktomannán. Világszerte széles körben használják a modern élelmiszeriparban sűrítőként és emulzió stabilizátorként. Szerkezetét tekintve  $\alpha$ -D-mannopiranozil egységek kapcsolódnak egymáshoz  $\beta$ -D-(1-4)-glikozidos kötással hosszú, egyenes láncokat képezve, melyekben  $\alpha$ -D-galaktopiranozil egységek kapcsolódnak megközelítőleg minden második  $\alpha$ -D-mannózhoz  $\alpha$ -D-(1-6)-glikozidos kötással. Így a mannóz : galaktóz arány a guargumiban 2:1. Az átlagos molekulatömege 20-30 kDa között változik. Előnyös az élelmiszeripari felhasználása, azonban a nagy viszkozitása miatt diétás rost-kiegészítőként csak korlátozottan lehet használni. Ezért részleges enzimatis hidrolízissel olyan kisebb viszkozitású formát állítanak elő belőle, mely szélesebb körben használható táplálkozási célokra. A  $\beta$ -endo-mannanáz szelektíven a főláncot hasítja. A részlegesen hidrolizált guargumi fehér por, mely vízben főloldva szintelen, és csaknem íztelen. Stabil alacsony pH-n, hővel-, savakkal- és emésztő enzimekkel szemben. A fejlett országokban a napi becsült bevitt élelmi rostmennyiség 10-25 g, ami lényegesen kevesebb a javasolt 20-35 g-nál (Yoon és mtsai., 2008).

Az oldható élelmi rostokban és nyálkaanyagokban gazdag psyllium (útifű maghéj) fokozza az alacsony zsírtartalmú étrend koleszterinszint-csökkentő hatását hiperkoleszterinémias személyeknél, és ezzel csökkenti a koszorúér-betegség kockázatát, II-es típusú cukorbetegéknél csökkenti a szérumban a glükóz- és a glikozilált hemoglobin (HbA1c) szintet (Anderson, 2000 □ Ziai és mtsai., 2005).

#### 4.5. Rosthiányos táplálkozás következményei, rostdús táplálkozás következményei

A rostdús táplálkozás előnyeit már Hippokratész is ismerte, aki a fehér kenyér fogyasztása helyett a korpakenyér fogyasztását javasolta a belekre kifejtett kedvező hatása miatt. Afrikában, ahol nagy az élelmirost-bevitel, ritkán fordul elő vastagbél-divertikulózis, aranyeres csomó, és nincs annyi vastagbél daganatos megbetegedés sem, mint a civilizált országokban, ahol rostdús táplálkozás jellemző. A rostdús táplálkozás gyakrabban fordul elő a nyugati országokban. Számos betegség rizikóját növeli, mint pl. a vastagbél rákét, a II-es típusú diabéteszt, és a szív- és

SZÉCHENYI 2020



MAGYARORSZÁG  
KORMÁNYA

Európai Unió  
Európai Szociális  
Alap



BEFEKTETÉS A JÖVŐBE



érrendszeri betegségekét. A rosthányos táplálkozás következménye a széklet megkeményedése, a székrekedés, a divertikulum a vastagbél zsákszerű kiöblösödése, ami az iparilag fejlett országok lakosságának 35-40 %-át érinti. A rosthányos táplálkozás összefüggésben áll az elhízással is.

A túl sok rost fogyasztásának lehet káros hatása is. A gabonafélékben és hüvelyesekben lévő élelmi rostokhoz kötődő fitinsav vassal, kalciummal és cinkkel komplexet tud képezni, ezáltal gátolva ezek felszívódását. A zöldségek és gyümölcsök nagy C-vitamin tartalma ellensúlyozza a fitinsav hatását. Hasonló probléma a korpák és a müzlik mértéktelen fogyasztásakor is fennállhat (EFSA, 2010). A túlzott rostfogyasztás csökkentheti az aminosavak és számos vitamin felszívódását is. A nagy élelmi rostfelvétel így megemelheti a vitamin- és nyomelem szükségletet. Abban az esetben, amikor a sok élelmi rost bevitele kevés zsírfelvétellel párosul, figyelni kell a zsírban oldódó vitaminok megfelelő mennyiségű- és arányú felvételére is. Nem szabad korlátlanul fokozni a rostfelvételt, vagy kizárólag rostban gazdag ételeket fogyasztani. Ha napi 50 g-nál többet fogyasztunk, akkor már nem javítja tovább a bélrendszer működését, hanem éppen ellenkezőleg, különböző panaszokat okoz. A túlzott rostfogyasztás puffadást okozhat, mert a bélbaktériumok jelentékeny gázképződés mellett erjesztik őket, hidrogén-, széndioxid- és metán gáz keletkezése közben.

## Irodalomjegyzék

Trepel F.: Dietary fibre: more than a matter of dietetics. I. Compounds, properties, physiological effects. Wien Klin Wochenschr. 116(14):465-76 (2004)

Trepel F.: Dietary fibre: more than a matter of dietetics. II. Preventative and therapeutic uses. Wien Klin Wochenschr. 116(15-16):511-22 (2004)

Rodríguez R, Jiménez A, Fernández-Bolaños J, Guillén R, Heredia A.: Dietary fibre from vegetable products as source of functional ingredients. Trends in Food Science & Technology, Volume 17, Issue 1, Pages 3–15 (2006)

Figuerola F, Hurtado ML, Estévez AM, Chiffelle I, Asenjo F.: Fibre concentrates from apple pomace and citrus peel as potential fibre sources for food enrichment. Food



Chemistry, Volume 91, Issue 3, Pages 395–401 (2005)

Howarth NC, Saltzman E, Roberts SB.: Dietary fiber and weight regulation. *Nutr Rev.* 59(5):129-39 (2001)

Ding SY and Himmel ME.: The Maize Primary Cell Wall Microfibril: A New Model Derived from Direct Visualization, *J. Agric. Food Chem.*, **54** (3), 597-606 (2006)

Höfte H.: Plant biology. A Baroque residue in red wine. *Science.* 294(5543):795-7 (2001)

Pawar PM, Koutaniemi S, Tenkanen M, Mellerowicz EJ.: Acetylation of woody lignocellulose: significance and regulation. *Front Plant Sci.* 4:118 (2013)

Mohnen D.: Pectin structure and biosynthesis. *Curr Opin Plant Biol.* 11(3):266-77 (2008)

EFSA: Scientific Opinion on Dietary Reference Values for carbohydrates and dietary fibre. *EFSA Journal* 8(3):1462 (2010)

Vijn I, Smeekens S.: Fructan: more than a reserve carbohydrate? *Plant Physiol.* 120(2):351-60 (1999)

Han IH, Baik BK.: Oligosaccharide Content and Composition of Legumes and Their Reduction by Soaking, Cooking, Ultrasound, and High Hydrostatic Pressure. *Cereal chemistry* 83(4):428-433 (2006)

Mubarak AE.: Nutritional composition and antinutritional factors of mung bean seeds (*Phaseolus aureus*) as affected by some home traditional processes. *Food Chemistry Volume* 89(4):489–495 (2005)

Tosh SM, Yada S.: Dietary fibres in pulse seeds and fractions: Characterization, functional attributes, and applications. *Food Research International*, Volume 43, Issue 2, March 2010, Pages 450–460





Vanholme R, Demedts B, Morreel K, Ralph J, Boerjan W.: Lignin Biosynthesis and Structure. *Plant Physiol.* 153(3):895-905 (2010)

Galisteo M, Duarte J, Zarzuelo A.: Effects of dietary fibers on disturbances clustered in the metabolic syndrome. *J Nutr Biochem.* 19(2):71-84 (2008)

Yoon SJ, Chu DC, Raj Juneja L.: Chemical and physical properties, safety and application of partially hydrolyzed guar gum as dietary fiber. *J Clin Biochem Nutr.* 42:1-7 (2008)

Anderson JW, Allgood LD, Lawrence A, Altringer LA, Jerdack GR, Hengehold DA, Morel JG.: Cholesterol-lowering effects of psyllium intake adjunctive to diet therapy in men and women with hypercholesterolemia: meta-analysis of 8 controlled trials. *Am J Clin Nutr.* 71(2):472-9 (2000)

Ziai SA, Larijani B, Akhoondzadeh S, Fakhrazadeh H, Dastpak A, Bandarian F, Rezai A, Badi HN, Emami T.: Psyllium decreased serum glucose and glycosylated hemoglobin significantly in diabetic outpatients. *J Ethnopharmacol.* 102(2):202-7 (2005)

Sticklen MB.: Plant genetic engineering for biofuel production: towards affordable cellulosic ethanol. *Nat Rev Genet.* 9(6):433-43 (2008)

Mann J.: Dietary carbohydrate: relationship to cardiovascular disease and disorders of carbohydrate metabolism. *Eur J Clin Nutr.* 61 Suppl 1:S100-11 (2007)



## 1.5. Mikronutriensek: Vitaminok, vitaminszerű anyagok fiziológiás hasznosulása, szerepük az egészségmegőrzésben, hiánybetegségek

### Általános jelentőség, vitaminigényt befolyásoló tényezők

A vitaminok az élőlények számára kis mennyiségben elengedhetetlenül szükséges szerves molekulák. Nagy részüket az emberi szervezet nem tudja előállítani, külső forrásból kell beszereznie. Az emberi szervezetnek legalább 12 vitaminra van szüksége. Mivel hiányukban különböző hiánybetegségekkel kell számolnunk, fontos a változatos, egészséges táplálkozás, mely biztosítani tudja a szükségletet. Vitaminhiányt előidézhetnek emésztési és felszívódási zavarok is. Az ételek elkészítése (sütés, főzés, konzerválás) során is csökkenhet azok vitamin tartalma. Oldhatóságuk alapján megkülönböztetjük a zsírban- és a vízben oldódó vitaminokat. A zsírban oldódó vitaminokat a szervezet a májban és a zsírszövetben sokáig tárolja (kivéve a K vitamint), ezek a vitaminok lassabban eliminálódnak, mint a vízben oldódók. A vízben oldódó vitaminokat nem lehet túladagolni, mert a fölösleg egyszerűen kiválasztódik. A zsírban oldódó vitaminok túladagolása hipervitaminózist okoz. Kizárólag természetes ételmiszer-fogyasztással általában nem érhető el túladagolás. Funkciójuk szerint a vitaminok lehetnek koenzimek, antioxidánsok és egyéb funkciójúak. A vitamin szükségletet különböző egységekben lehet megadni, érdemes odafigyelni arra, hogy a különböző irodalmak éppen melyiket használják.

### Vitaminok és vitaminszerű anyagok funkcionális csoportosítása (koenzimek, antioxidánsok, egyéb funkciójúak) és példák természetes forrásokra

#### Koenzimek

A vitaminok vagy származékaik egy része csoport-átvivő koenzimként vesz részt biokémiai reakciókban. Ebbe a csoportba tartozó vízoldékony vitaminok a B1-, a B2-, a B6-vitamin, a niacin, a pantoténsav, a folsav, a biotin és a B12 vitamin. A koenzim funkciójú vitaminok és vitamin származékok hiányában az adott, létfontosságú csoportátviteli reakciók nem tudnak végbemenni, ennek következményeként jön létre hiánybetegség. A B1 vitamin



(tiamin) hiánya beriberi kór kialakulását vonja maga után, melynek oka a piruvátoxidáció hiánya, illetve a glükózoxidáció zavara. Gyakran fordul elő ott, ahol a lakosság fő tápláléka a hántolt rizs, vagyis egyoldalú, egészségtelen táplálkozás következménye. Beriberi előfordulhat alkalmanként alkoholistáknál is, akik rosszul tápláltak, és így tiamin hiányosak. A B1 vitamin a piroszőlősav dekarboxilezését végző enzim koenzime. Hiányában a tejsav és a piroszőlősav felhalmozódik a szervezetben, mely neuraszténiás tünetekkel, étvágytalansággal jár együtt, valamint szívgyengeség és keringési elégtelenség léphet fel. Ennek eredményeképpen fáradtság, gyengeség, depresszió és bélrendszeri problémák is előállhatnak. B1 vitamin forrás a vörös húsok, a máj, az élesztő, a tojás, a tejtermékek, hüvelyesek, a teljes kiőrlésű liszt, a spárga és a gomba. A B1 vitamin segíti a szénhidrátok emésztését, javítja a szellemi tevékenységet, fenntartja az idegrendszer, az izmok és a szív normális működését.

A B2 vitamint (riboflavint) az ember bélfőrája is termel. Hosszantartó antibiotikum kezelés elpusztítja a bélfőrákat, így riboflavin-hiányt idézhet elő. A B2 vitamin hiánya bőrelváltozásokat, szemlencse elváltozásokat, szemviszketést, szemégést, szemvörösödést, emésztési zavarokat okozhat. Főbb B2 vitamin források: a tej, a tejtermékek, a máj, a vese, a tojás és a hüvelyesek.

A B3 vitamin (niacin) redoxi reakciókban résztvevő koenzimek alkotórésze. Hiányában bélrendszeri zavarok, fáradékonyság, depresszió étvágytalanság és fejfájás alakulhat ki. Niacin források a sovány húsok, a máj, a hal, az élesztő az olajos magvak, a hüvelyesek, a zöldségfélék és a korpa.

A pantoténsav a  $\beta$ -alanin 1,3-dihidroxi-2,2-dimetilvajsavval acilezett származéka. Az intermedier anyagcserében kulcsfontosságú koenzim A alkotórésze. Fontos az energiahordozó szénhidrátok lebontásában, a zsírsav szintézisben és lebontásban, valamint a szteroid hormonok és a porfirinek szintézisében. Pantoténsav forrás a máj, a hús, a tej, a tojás, a hüvelyesek, a gomba, a halak, a gabona főleg a maghéj körül. A pantoténsavhiány jelei: ízületi fájdalmak, hajhullás, korai öszülés, zsibbadás és görcsök a karban és a lábban, ingerlékenység, tanulási nehézségek.

A piridoxin (B6 vitamin) koenzimként részt vesz az aminosav anyagcserében, valamint a zsírok lebontásában. Ajánlott napi bevitel felnőtteknek 1,5 mg. Hiányában a perifériás idegek gyulladása, bőrtünetek, vérszegénység, epilepsziás görcsök, fokozott faggyúmirigy-működés, idegesség, álmatlanság, izomgyengeség és hajhullás jelentkezhetnek. Piridoxin





források a hús, a máj, a makrél, a tejtermékek, a tojás sárgája, a zöldségek, a teljes kiőrlésű gabona, az avokádó a banán, a spenót.

A biotin (H vitamin) számos karboxiláló enzim koenzime. Ajánlott napi bevitel felnőtteknek 150 µg. Megőrzi a bőr, a haj és a körmök egészségét, épségét. Növeli a sejtek inzulin-érzékenységét. Hiánya bőrhámlást okoz, túlzott kimerültséget, álmoságot, izomfájdalmakat, hajhullást, depressziót, étvágytalanságot, vérszegénységet, ekcémát és általános lehangoltságot. Biotin forrás a banán, a pörkölt földmogyoró, a tojás sárgája, a máj, a vese, az élesztő, a csokoládé és a zöldségek. Nyers tojásfehérje avidin glikoproteinje megátolja a felszívódását.

Folsavnak különösen fontos szerepe van várandós kismamánál, mert a velőcsövet lezáró folyamat csak folsav jelenlétében megy végbe hibátlanul. A folsavnak szerepe van a fehérvérsejtek, a vörösvértestek és a vérlemezkék képzésében. Fontos az aminosavak és nukleinsavak anyagcseréjében, de hozzájárul a gyomor-bélrendszer és a szájnyálkahártya épségéhez is. A folsav felszívódása mesterséges készítményekből jobb, mint a természetes forrásokból. Folsav forrás a nyers gyümölcsök, a leveles zöldségek, a spenót, az élesztő, a gomba. A folsav segít a szervezetnek néhány rákfajta elleni küzdelemben, mint pl. a vastagbél-rák, a mellrák, a nyelőcső- és a gyomorrák. A folsav túladagolás tünetei: alvásproblémák, étvágytalanság, gyomor és bélrendszeri zavarok.

A B12 vitamin (kobalamin) koenzimként kapcsolódik a fehérjék és szénhidrátok és más nitrogén tartalmú anyagok anyagcseréjébe. A B12 vitamin egy szénatomos csoportok szállításában résztvevő C1 átvivő. Ilyen csoportok lehetnek a metil-, a metilén-, a metenil-, a formil- és a formimino csoportok. A kobalaminnal működő enzimek részt vehetnek intramolekuláris átrendeződésekben és ribonukleotidok redukciójában is. A B12 vitamin kobalt tartalmú, tetrapirrol gyűrűt tartalmazó vegyület. A korrin gyűrűben két pirrol közvetlenül kapcsolódik egymáshoz, míg a többiek metin hidakon át kapcsolódnak egymáshoz. A kobalt atom négy pirrol nitrogénhez kapcsolódik. A kobalt atom 5. szubsztituense dimetilbenzimidazol származék, amely tartalmaz ribóz 3-foszfátot és aminoizopropanolt. A dimetilbenzimidazol egyik nitrogénatomja kapcsolódik a kobalt atomhoz. A B12 koenzimben a kobalt atomhoz kapcsolódó 6. szubsztituens 5-deoxiadenozil egység az 5-deoxiadenozil-kobalaminban. Ezt a pozíciót elfoglalhatja ciano csoport a ciano-kobalaminban, metil csoport a metil-kobalaminban vagy más ligand is. Ezekben a vegyületekben a kobalt +3 oxidációs állapotú. A B12 használható vészes vérszegénység, általános testi







leromlás, kimerültség, ideggyulladás kezelésére, illetve használható hosszabb betegségek utáni lábadozás esetén. A B12 vitamint nem tartalmazzák a növények, csak állati eredetű élelmiszerekkel lehet fedezni a vitamin szükségletet. A B12 vitamin megtalálható májban, vesében, szívben, halban, tojásban és tejtermékekben. B12 vitamin hiányában zsibbadás, vészes vérszegénység lép fel.

#### 4. táblázat: Néhány aktivált hordozó az anyagcserében

Hordozó molekula aktivált formában	Hordozott csoport	Vitamin prekursor
NADH és NADPH	elektronok	Nikotinát (niacin)
FADH <sub>2</sub>	elektronok	Riboflavin (B2vitamin)
FMN	elektronok	Riboflavin (B2vitamin)
Koenzim A	acil	Pantotenát
Tiamin pirofoszfát	aldehid	Tiamin (B1vitamin)
Biotin	CO <sub>2</sub>	Biotin
Tetrahydrofolát	Egy C atomos egység	Folát

#### 5. táblázat: B vitaminok

Vitamin	Koenzim	Jellemző reakció típus	Hiányának következményei
Tiamin(B1)	Tiaminpirofoszfát	Aldehidtranszfer	Beriberi (fogyás, szívproblémák, neurológiaizavar)
Riboflavin(B2)	Flavin adenin dinukleotid (FAD)	Oxidáció-redukció	Dermatitisz
Piridoxin(B6)	Piridoxál foszfát	Csoportátvitel aminosavról/aminosavra	Depresszió, görcsök
Nikotinsav (niacin)	Nikotinamid dinukleotid(NAD <sup>+</sup> )	adenin Oxidáció-redukció	Pellagra (dermatitisz, depresszió, hasmenés)
Pantoténsav	KoenzimA	Acil-csoport transzfer	Magas vérnyomás
Biotin	Biotin-lizin származék	ATP függő karboxiláció-karboxil-csoport-transzfer,	Izomfájdalom, fáradtság(ritkán)



Folsav	Tetrahydrofolát	Egy szénatomos komponens szénatomos timin szintézis	Anémia, idegcső rendellenességek	záródási
B12	5'-deoxiadenozil-kobalamin	Metilcsoporttranszfer, intra molekuláris átrendeződés	Anémia, vérszegénység, acidózis	vérmetilmalonát

(Berg és mtsai., 2006)

Koenzim funkciójú a zsírban oldódó K-vitamin is, melynek hiánya vérzékenységi zavarokat okoz. Ennek hátterében az áll, hogy K-vitamin nélkül, vagy K vitamin antagonisták, mint pl. dikumarol jelenlétében a protombin és más véralvadási faktorok (VII, IX és X) glutamil oldalláncainak egy része nem tud karboxiláz által katalizált reakcióban gamma-helyzetben posztiszintetikusán karboxilálódni. A protombin N-terminális részén a véralvadás során 10 glutamin oldallánc módosul, melyek sokkal erősebb  $Ca^{2+}$  kelátképzők, mint a nem karboxilált forma. A karboxiláz kofaktoraként a K-vitamin redukált formája szolgál (Berg és mtsai., 2007). Dikumarol keletkezik rosszul tárolt, rothadó here szénában, mely takarmányként használva tehének elvérezését okozta. A dikumarol a K vitamin ciklust az epoxid reduktáz gátlása révén gátolja. Használható gyógyszerként trombózis kezelésére, és rágszáló írtásra is. K vitamin források a zöld leveles zöldségek, mint pl. a spenót, fejes saláta, a káposzta és a brokkoli is. Újszülötteknél az első héten szükség van vitamin kiegészítésre a K vitamint termelő bélbaktériumok hiánya miatt. Túlzott mennyiségű K vitamin májkárosodást okozhat.

Vitaminszerű anyagok a karnitin az acil-CoA-hoz kapcsolt aktivált zsírsavak mitokondriumba szállítását végzi. Megtalálható vörös húsookban. Az emberi szervezetben az L-karnitin képződéshez aminosavakra (lizin és metionin), vitaminokra (C-vitamin, niacin és B6 vitamin), és vasra van szükség. Karnitin hiány esetén csökken a szervezet energiatermelése. Sok országban a karnitint nem csupán zsírégetőnek használják, hanem szívproblémák kezelésében is alkalmazzák. A karnitint kiegészítőként használva fokozhatja az állóképességet, és ezáltal bizonyos mértékben gátolhatja a koszorúartériák beszűkülését is. Az L-karnitin csökkenti a testtömegindexet, megakadályozza a zsírok lerakódását, javítja a teljesítőképességet, csökkenti a kimerültséget.

Az ubikinon (Q) vitaminszerű anyag. Benzokinonyűrűből és a hozzá kapcsolódó 6-10 izoprénegységből álló láncból épül fel. A gyűrű hidrogénfelvételre és leadásra képes. Hosszú



poliprenillánca lehetővé teszi, hogy a mitokondrium membránban „lehorgonyozzon”. Az elektrontranszportláncban részt vesz az aerob sejtlégzésben elektroncarrierként. Hordozó funkcióját inga módjára végzi. Közvetít a flavoproteinek és a citokróm b között.

## Antioxidánsok

A C-vitamin (L-aszkorbinsav), a hexonsav  $\gamma$ -laktonja az emberi szervezetben hidroxilálási reakciókban résztvevő vízben oldódó antioxidáns. A biokémiai folyamatokban, mint hidrogén donor vesz részt. Szent-Györgyi Albert izolálta 1928-ban. Részt vesz a káros szabadgyökök nem enzimatisz eliminálásában. Ha a táplálék nem tartalmaz elegendő C vitamint, akkor az a kollagénszintézis zavarát okozza. A prolil hidroxiláz nem tud működni, a nem hidroxilált kollagén szerkezete nem megfelelő, a kötőszövet laza, a bőr és a véredények fragilisek. A prolil hidroxiláz által katalizált reakcióban az  $O_2$  molekula egyik oxigén atomja a prolin 4-es C atomjához kapcsolódik, míg a másik oxigén atomot az  $\alpha$ -ketoglutarát veszi fel, szukcináttá alakul és egy  $CO_2$  is keletkezik. A prolil hidroxiláz egy dioxigenáz, amely  $Fe^{2+}$  iont igényel az oxigén aktiválásához. Az enzim átalakítja az  $\alpha$ -ketoglutarátot szukcináttá anélkül is, hogy hidroxilálná a prolint. Ebben a részleges reakcióban egy oxidált vas komplex képződik, amely inaktíválja az enzimet. A C-vitamin ahhoz kell, hogy regenerálódjon az aktív enzim. Az aszkorbát redukálja az inaktívált enzim ferri ionját. Eközben az aszkorbát oxidálódik dehidro aszkorbinsavvá. A hidroxil prolin stabilizálja a kollagén tripla hélixet hidrogén híd kötések révén. C-vitamin források a citrus félék, a csipkebogyó, a savanyú káposzta, a zöldpaprika, a paradicsom, a fejes saláta. Napi 100-150 mg az ajánlott mennyiség, amely 3 dl frissen facsart narancslében már megtalálható. A dohányzók C-vitamin szükséglete nagyobb, mint a nem dohányzóké. Növeli a C-vitamin szükségletet stresszhatás, egyes gyógyszerek, lázas állapot és műtéti beavatkozások is. A főzés, a párolás csökkenti az aszkorbinsav mennyiséget. Kerülni kell a fémedények használatát is az ételek felmelegítésénél. A napi szükséglet 45-80 mg körül van naponta. 750 mg fölött megnő vesekő vagy a magas húgysavszint kialakulásának a kockázata. A fölösleges C-vitamin oxálsav formájában ürül ki a szervezetből.

Hiányában skorbut áll elő. Ennek jellemzői: kiszáradt bőr, emésztési zavarok, fogínysorvadás miatt meglazult fogak. Hosszabb időn keresztül fennálló C-vitamin hiány érelmeszesedést, és szívrohamot válthat ki.

A flavonoidok olyan növények által szintetizált





antioxidáns hatású polifenolos vegyületek, amelyeket a maguk védelmére, pl. a káros UV sugárzás vagy különböző mikroorganizmusok ellen állítanak elő. Hozzájárulnak a gyümölcsök színének és ízének kialakításához is. Flavonoidok forrása a citrusfélék, a bogyós gyümölcsök és a zöldségek, a tea, a kakaó és a vörös bor. Az emberi szervezetre kifejtett jótékony hatásai, hogy segítenek az egészség megőrzésében és bizonyos, az oxidatív stressz okozta betegségek megelőzésében, mint pl. a daganatos- vagy a szív- és érrendszeri betegségeikében vagy más az életkorral összefüggő betegségeikében. Antibakteriális, antifungális és gyulladásgátló hatásuk van. Hatékony szabad gyökfogók (Yao és mtsai., 2004). Májvédők. A flavonoidok biológiai aktivitása függ a konfigurációjuktól, a hidroxil csoportok számától és a funkciós csoportok szubsztitúciójától. A mai napig több, mint 4000 fajta flavonoidot azonosítottak. Kémiaiilag a flavonoidok két benzolgyűrűt tartalmaznak, melyek egy heterociklusos pirán gyűrűn keresztül kapcsolódnak egymáshoz. Különböző osztályokra lehet osztani őket, mint a flavonok, a flavonolok, a flavanonok és mások. Hiányukban a C-vitamin felszívódása, és felhasználása zavart szenvedhet (Kumar és Pandey, 2013).

Az E-vitamin ( $\alpha$ -tokoferol) izoprénészármazék, zsírban oldódó vitamin, fontos szerepet tölt be a membránok védelmében, mint antioxidáns, vagyis fontos a károsító szabad gyökök elleni védekezésben. Gátolja az öregedési folyamatokat. Védi a szív koszorúereit az érlemezésedéstől. Véd a trombózis, a szívroham és a szélütés kialakulásától. Csökkenti az Alzheimer-kór kialakulását. Csökkenti a bőr sérülékenységet és gyorsítja a sebek gyógyulását, erősíti a körmöket és a hajszálakat. Lassítja a sejtek öregedését. Fontos szerepe van az időskori látásélesség romlásának megelőzésében. Erősíti az immunrendszert. Javítja a sejtek regenerációs folyamatát. Óvja az oxidációtól az A vitamint és a többszörösen telítetlen zsírsavakat. Csökkenti a vérnyomást. Javítja az állóképességet. Gyorsítja az égési sebek gyógyulását. Segít a krónikus fáradtság legyőzésében. Gyulladásgátló és rákmegelőző illetve rákgyógyító hatása is van. Az antioxidánsokban gazdag zöldségek és gyümölcsök rendszeres fogyasztása csökkenti a szívbetegségek, a rák és más betegségek kockázatát is. Fontos E vitamin források a növényi olajos magvak és olajai, a búzacsíra, a napraforgó, a tökmag, a mandula, a mogyoró, a dió, az oliva, az amerikai mogyoró, a kukorica, a kivi, a halak, a zöld növények, a húsok, a belsőségek és a tojás. 1 mg  $\alpha$ -tokoferol 1,5 NE.

A 14 évnél idősebb férfiak és nők napi szükséglete 15  $\mu$ g  $\alpha$ -tokoferol. Hiánya vérszegénységet, meddőséget és izomsorvadást okoz.

A karotionidok konjugált kettős kötéseket





tartalmazó természetes pigment molekulák, nyolc izoprénegységből (2-metil-butadién) származtatható terpének. Fontos tulajdonságuk az antioxidáns aktivitásuk, szabadgyökfogók. A karotinoidok használhatók egyes daganatos betegségek kezelésére, illetve megelőzésére. Csökkentik a szív- és érrendszeri megbetegedések kialakulásának kockázatát. Segítenek elkerülni az ízületi gyulladást, a reumás megbetegedéseket. Csökkentik a napsugárzás káros hatását, erősítik a szervezet immunrendszerét. Képviselőik az  $\alpha$ -karotin, a  $\beta$ -karotin, a lutein, a likopin, a zeaxantin és a kriptoxantin. Eddig kb. 600-féle karotinoidot azonosítottak. Zsírban oldódó molekulák.  $\beta$ -karotin megtalálható a sárgarépában, a tökben, a sárgabarackban, a sárgadinnyében és az őszibarackban, a likopin a paradicsomban, a lutein a kelkáposztában, a spenótban, a brokkoliban.

### Egyéb funkciójuk

Az A vitamin (retinol) zsírban oldódó vitamin, a retinál prekuzora. A növényekben közönségesen előforduló anyagokból, a karotinoidokból keletkezik úgy, hogy egy karotin molekulából két A vitamin molekula lesz. Fontos szerepet tölt be a látásban. Az A vitaminnak (retinol) először retinállá kell oxidálnia a retinol dehidrogenáz enzim közreműködésével. A retinálban a 11-es és a 12-es C atom között lévő kettős kötés cisz konfigurációjú. A cisz-retinál kapcsolódik a pálcikában lévő opszin fehérjével és rodopszin keletkezik. Fény hatására a cisz alak csupa transz alakká izomerizálódik. A retinál a konformációváltozás miatt disszociál a fehérjéről, a látóbíbor elszíntelenedik. A fényindukált konformációváltozás hozza létre az idegimpulzust, ami a látásérzetet kialakítja a központi idegrendszerben. Amellett, hogy segíti a szem alkalmazkodását a fény változásához, fontos szerepet tölt be a csontok növekedésében, a fogak fejlődésében, a szaporodásban, a sejtosztódásban. Antioxidánsként szerepet játszhat bizonyos daganatos megbetegedések megelőzésében. A vitamin források az állati eredetű élelmiszerek közül pl. a tejtermékek, a hal, a máj és a tojás sárgája. Megtalálható a narancsfélékben, a sötétzöld leveles zöldségekben és a paradicsomban. Az A vitamint használják margarinok, sajtok és tojástermékek élelmiszerszínezékeként. Más színezékekkel szemben előnyösebben használható természetes színezékek. Egyes növényi eredetű élelmiszerek béta karotint tartalmaznak, melyet a szervezet A vitaminná alakít.  $\beta$  karotinban gazdag gyümölcsök és zöldségek főleg a narancssárgák és a sötét zöldek, mint pl. a sárgarépa, a sütőtök, a sötét zöld leveles zöldségek, a sárgabarack.

SZÉCHENYI 2020



MAGYARORSZÁG  
KORMÁNYA

Európai Unió  
Európai Szociális  
Alap



BEFEKTETÉS A JÖVŐBE



Növekedhet az A vitamin igény láz, fertőzés vagy vesebetegség esetén. Az A vitamin hiány jelei a szaruhártya pikkelyesedése (xerophthalmia), a szürkületi vakság (farkasvakság), a száraz, érdes bőr, a fertőzésekkel szembeni csökkent ellenálló képesség, a lassabb csont növekedés. Multivitamin kiegészítőkkel túladagolva viszkető bőr, fejfájás, hányinger, étvágytalanság, szédülés, homályos látás, lelassult növekedés, születési rendellenesség, csípő táji törés lehet a következmény. 1 RE (retinolekvivalens) 1 µg retinolnak, 6 µg β-karotinnak, illetve 12 µg karotinoidnak felel meg. Később javasolták a retinolaktivitás egység (RAE) bevezetését, amely figyelembe veszi, hogy az élelmiszerekben a karotinoidok aktivitása kisebb. 1 RAE

egyenértékű 1 µg retinollal, 12 µg β-karotinnal, illetve 24 µg karotinoiddal. A napi ajánlott bevitel a férfiaknak 900 µg-, a nőknek pedig 700 µg RAE. (Trumbo és mtsai., 2001).

A D vitamin a kalcium- és foszfátanyagcsere szabályozásában, a csontok és a fogak fejlődésében fontos szerepet betöltő hormon. Hiányában gyermekkorban angolkór (rachitis), felnőtteknél pedig csontritkulás (osteomalacia) alakul ki. Túladagolása csonttörékenységet okoz. D3 previtamin keletkezik 7-dehidrokoleszterolból a bőrben napfény hatására (nem enzimatis úton), amely spontán izomerizálódik D3 vitaminná. A besugárzás hatására a szteránváz 9-es és 10-es C atomja közötti kötés felszakad. A D3 vitamin átalakul kalcitriollá, az aktív hormonná hidroxilációs reakcióval a májban és a vesében. A napi szükséglet 400 nemzetközi egység (10 µg). Ehhez elég, ha a kezdet, a kart és az arcot heti 2-szer 10-15 percig éri a nap fényvédő nélkül. A hosszabb idejű napozáshoz javasolt fényvédő használata a bőrrák megelőzése céljából. D vitaminban gazdag táplálék a csukamájolaj. Megfelelő napozás hiányában a D3 vitaminszükséglet 800-1000 nemzetközi egység (NE). Mivel az anyatej literenként csak 25 nemzetközi egység D vitamint tartalmaz, a csecsemők D vitamin-kiegészítésre szorulnak (400 NE/nap). A D vitamin alacsony szintje kedvezőtlenül befolyásolja a reumás ízületi gyulladás, a cukorbetegség, a sclerosis multiplex, az emlődaganat és a vastagbélrák lefolyását. A D vitamin túladagolásának tünetei a lelassult növekedés, étvágy csökkenés, hányinger és hányás.

A kolin vízben oldódó vitaminszerű anyagot szervezetünk tudja szintetizálni, nemcsak külső forrásból tudunk hozzájutni. Metioninból és szerinből B12 vitamin és folsav közreműködésével elő tudjuk állítani. Előfordul májban, tojás sárgájában, földimogyoróban, élesztőben és búzacsírában. Különösen a máj és az idegsejtek működéséhez fontos. Az





inozittal együtt elősegíti a zsírok és a koleszterin felhasználást a szervezetben. Lipotróp hatású („zsírétető”). Védi a májat az elzsírosodástól, óvja az érrendszert is. Gátolja a koleszterin lerakódását az érfalakra. Serkenti az agyműködést. Segít leküzdeni az időskori emlékezetvesztést. Segít a korai öregedés megelőzésében. Elősegíti a májban a toxikus anyagok méregtelenítését. Segíti a hosszan tartó gyógyszeresedés mellékhatásainak

megszüntetését. Hasznos lehet „frontérezékenységnél”. Szabályozza az epehólyag működését, az epe termelődését, biztosítja az epeváladék elfolyását, ezzel meggátolva az epekőképződést. Kolin hiányában fellépő tünetek: fejfájás, fülzúgás, vérkeringési problémák, ingerültség, alvászavar, feledékenység, koncentrációs problémák, székrekedés, szívproblémák, zsírmáj, érlemeszesedés, Alzheimer-kór, az agy teljesítményének romlása, magas vérnyomás, a veseműködés leállása.

Az inozitol vízben oldódó vitaminszerű anyagnak nyugtató hatása van, megszabadít a szorongástól és a feszültségtől. Inozitol nélkül működésképtelen volna az agy, a máj, a vese és a pajzsmirigy. Szükséges a vérlemezkék képzéséhez is. A foszfaditil-inozitol szabályozza a sejtmembránok működését, és hozzájárul azok épségéhez. Szerepe van az ingerület továbbításában és a zsírok szervezetben belüli transzportjában. Az érrendszeri betegségek megelőzése szempontjából is fontos. A szervezet elő tudja állítani glükózból. Nagy mennyiségben tárolt (gerincvelőben, agyban és agyfolyadékban) és igényelt vitamin. Megtalálható a húsból, a tejben, a tejtermékekben, a gabonában, a gyümölcsökben, a főzelékekben és az olajos magvakban. Kolinnal együtt csökkenti a koleszterinszintet, az érlemeszesedés elleni természetes fegyver és fontos szerepe van az ingerület-átvitelben is. Az inozithiány tünetei: ideggyöngeség, szorongásos állapot, alvászavar, fáradékonyság, koncentrációs zavarok, csökkent fizikai teljesítő képesség, keringési zavar, szempanaszok, székrekedés, ekcéma, hajhullás, érlemeszesedésre való fokozott hajlam. Az inozit megelőzi, illetve elmulasztja a székrekedést, csökkenti a stressz miatt kialakult magas vérnyomást. Napi igény 4-8 gramm között változik a stressz mértékétől függően.

### **Koenzim funkciójú vitaminok jelentősége az anyagcserében (vitamin – koenzimalak – reakciópélda)**

Egyes koenzimek és vitaminok között szoros kémiai kapcsolat van. Ilyenkor az adott vitamin a koenzim prekuzora, a vitaminból képes a szervezet a koenzimet előállítani, mint pl. szukcinát dehidrogenáz enzim





koenzime/prosztetikus csoportja a FAD, melyek prekursora a B2 vitamin a riboflavin. E nélkül a koenzim nélkül az aerob lebontó folyamatok kárt szenvednek.

## Irodalomjegyzék

<http://hu.wikipedia.org/wiki/Vitaminok>

Yao LH, Jiang YM, Shi J, Tomás-Barberán FA, Datta N, Singanusong R, Chen SS.: Flavonoids in food and their health benefits. *Plant Foods Hum Nutr.* 2004 Summer;59(3):113-22

Kumar S, Pandey AK.: Chemistry and Biological Activities of Flavonoids: An Overview. *The Scientific World Journal* Volume 2013 (2013), Article ID 162750, 16 pages

Trumbo P, Yates AA, Schlicker S, Poos M.: Dietary reference intakes: vitamin A, vitamin K, arsenic, boron, chromium, copper, iodine, iron, manganese, molybdenum, nickel, silicon, vanadium, and zinc. *J Am Diet Assoc.* 2001 Mar;101(3):294-301.

<http://fnic.nal.usda.gov/dietary-guidance/dietary-reference-intakes/dri-reports>

<http://www.ext.colostate.edu/pubs/foodnut/09315.html>

Myhre AM, Carlsen MH, Bøhn SK, Wold HL, Laake P, Blomhoff R. Water-miscible, emulsified, and solid forms of retinol supplements are more toxic than oil-based preparations. *Am J Clin Nutr.* 2003 Dec;78(6):1152-9.



## 1.6. Mikronutriensek: Makromineraliák, mikromineraliák fiziológias hasznosulása, ezek hibájával kapcsolatos betegségek

A mikronutriensekből jelentősen kevesebb napi bevitel elegendő a fiziológias életfunkciók fenntartásához, mint a makronutriensekből. A mikronutriensekhez tartoznak a vitaminok és a makromineraliák, valamint a mikromineraliák.

Az ásványi anyagokat a szükségletek alapján három csoportba sorolhatjuk:

- Esszenciális
- Egyes állapotokban esszenciális, esszenciális lehet
- Nem esszenciális

Az esszenciális csoportba tartoznak a vas (56), réz (64), cink (65), molibdén (96), kobalt (59), mangán (55), jód (127), ón (119), szelén (79) és a vanádium (51). Bizonyos állapotokban esszenciális lehet a fluor (19), króm (52), nikkel (59), bróm (80), kadmium (112), bárium (137), stroncium (88), szilícium (28) és az alumínium (27).

### A különböző ásványi anyagok biológiai funkciói lehetnek:

1. Katalitikus folyamatokban vesznek részt
2. A korrekt fehérjeszerkezet kialakításában játszanak szerepet
3. Transzportfehérjékben prosztetikus csoport alkotói

### 1. Katalitikus folyamatokban résztvevő ásványi anyagok:

Az enzimek 30%, a ribozimek 100% fémiont tartalmaz. A katalitikus folyamatokban, enzimek aktivitásához szükséges fémek szerepe alapján megkülönböztethetünk metalloenzimeket illetve fémion aktivált enzimeket.

### Metalloenzimek:

A metalloenzimekben a fémionok a fehérje molekula meghatározott helyeihez kötötten találhatók és eltávolításukkal az enzimaktivitás elveszik (apoenzim-



holoenzim). Ezekre az enzimekre nagy specificitás jellemző, azaz másik fémion nem helyettesítheti az eredetit. Metalloenzimekben leggyakrabban átmenetifém ionok, mint  $Fe^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$ ,  $Cu^{2+}$ ,  $Zn^{2+}$ ,  $Mn^{2+}$  találhatóak. Megfigyelték azt is, hogy bizonyos reakciótípusokhoz meghatározott ionokat tartalmazó enzimek társultak, mint pl.  $Cu^{2+}$  -ionok vesznek részt az oxidázok,  $Zn^{2+}$  a dehidrogenázok és hidrolázok, valamint  $Fe^{2+}$  és  $Fe^{3+}$  elektronátmenet zajlik az oxigenázok katalitikus mechanizmusa során.

### **Fémion aktivált enzimek:**

A fémion aktivált enzimekben a fémionok a fehérjéhez csak lazán kapcsolódnak és a kutatások eredményei azt mutatták, hogy a fémion eltávolításával nem vesznek el az enzimek a teljes aktivitásukat, tehát az enzimaktiváshoz valószínűleg csak kisebb mértékben járulnak hozzá a fémionok. Viszont ezen enzimek esetében is nagy specificitás volt tapasztalható az adott fémionra. Fémion aktivált enzimekben általában vas, réz, cink, mangán, molibdén, kobalt, valamint alkáliföldfémek, mint  $Na^{+}$ ,  $K^{+}$  találhatóak.

## **2. A korrekt fehérjeszerkezet kialakításában játszanak szerepet**

Számos esetben a fémion nem egy katalitikus aktivitás, hanem a fehérjeszerkezet korrekt kialakításoz elengedhetetlen.

### **Zn-ujj fehérje transzkripciós faktorok:**

A cink-ujj fehérjék szerepe alapvető a szabályozható eukarióta gének működésében. Kapcsolódhatnak például az enhancer/silencer szekvenciákhoz, melyek a promóter régiótól távol elhelyezkedő transzkripciót szabályozó egységek. A transzkripció aktivációja akkor következik be, ha aktiválható DNS-kötő fehérjék az enhancer régió(k)hoz kapcsolódnak. Gyakran a zink-ujj motívumon keresztül valósul meg a DNS-fehérje kapcsolat kialakítása, a transzkripciós faktorok zink-ujj motívuma segítségével kapcsolódhat össze a két eltérő makromolekula, a fehérje és a DNS. A kialakuló komplex indukálja az RNS-polimeráz II általi transzkripció iniciációt.

### **Ca-kötő kalmodulin a jelátvitelben:**

A kalmodulin egy kisméretű kalciumkötő fehérje, mely minden eukarióta sejtben előfordul és számos, több mint



harmincféle enzim működését befolyásolja. Kalmodulin szabályozza többek között a sejtosztódás, a növekedés, és az izom-összehúzódás folyamatait. A  $Ca^{2+}$  bekötődése konformáció változást idéz elő a fehérjében, mely ezt követően effektor fehérjéket kalmodulin-függő kinázokat és foszfatázokat tud kötni és azáltal jelátviteli utakat beindítani.

### 3. Transzportfehérjékben prosztetikus csoport alkotói

Számos transzportfehérje található szervezetünkben, melyek ezen ásványi fémionokat szállítják, illetve fehérjék prosztetikus csoportjának kialakításában szerepet kapnak a fémionok.

#### Fémionok transzportja fehérjék segítségével:

- A vas ionok szállítása a vérben fehérjék segítségével, kisebb mértékben albuminnal, nagyobb mértékben transzferrin segítségével valósul meg.
- A rézionok szállítását a cöruoplazmin fehérje végzi.

#### Egyéb transzportfehérjék fémionot tartalmazó prosztetikus csoporttal:

- A mindenki által ismert hemoglobin, melynek funkciója a légzési gázok szállítása, hem prosztetikus csoporttal rendelkezik, melyben a porfirin váz közepén vas ion található.

#### Vas

Napi szükségletünk kb. 1-2 mg, mely szükséglet nagymértékben függ az életkortól, nemtől és fiziológiai állapottól pl. menstruáció vagy terhesség a nőknél, illetve kisgyermek korbn. A napi bevétel feladata, hogy pótolja a napi kb. 1-2 mg vasvesztést. Sajnos a felhasználás hatékonysága nagyjából 10%, ezért a szükséglet ismeretében az előírthoz képest kb 5-10-szer több vasat kell naponta bevinni, hogy a csekény felhasználási hatékonyság mellett is kielégítő legyen a vaspótlás.

A vas a leggyakoribb átmeneti fém. Körülbelül 10%-a aminosavakhoz kötve, 90% hem-vasként, fehérjékben található. Főként redoxreakciók résztvevője, elsősorban citokróm c és a légzési lánc komplexeiben találjuk, ahol feladata az elektrontranszfer, továbbá citokróm P450-t tartalmazó rendszerekben, melyek a biotranszformáció első



fázisában működő főleg hidroxilációs, oxidációs reakciókat katalizálják. Emellett előfordul az O<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub> szállításban közreműködő hemoglobin és az O<sub>2</sub> raktározásában az izmokban szerepet játszó mioglobin fehérjében.

A vas a természetben főként Fe<sup>3+</sup> formában van jelen, mely neutrális pH-n vízben oldhatatlan. Kötött állapotban kell tartani, mert a szabad vasion toxikus, gyakran vesz részt reakciópartnerként vagy katalizátorként oxigén és nitrogén tartalmú szabadgyökök szintézisében. Ilyen reakció pl. a Fenton reakció, melynek során keletkező hidroxil gyök károsítja a membránlipideket, fehérjéket és nukleinsavakat.

A vasat a vérben a transferrin nevű fehérje szállítja, raktározása ferritinben és hemosziderinben kötött formában valósul meg, kb. 1000 mg-ot tudunk raktározni. A plazmában kb. 4 mg, mioglobinban és légzési lánc fehérjeiben 300 mg, csontvelőben 20 mg, vörösvértestekben 2500 mg vas található.

#### Felszívódás, szállítás, felvétele a sejtekbe, felhasználás, raktározás

A vas a táplálékban általában Fe<sup>3+</sup> anorganikus ionok formájában, és organikus vas-komplexekben található. A gyomorban a gyomorsav és más szerves savak, mint pl. az aszkorbinsav hatására redukálódik. A bélmukózában található ferrireduktáz hatására a Fe<sup>3+</sup> redukálódik, mivel a Fe<sup>2+</sup> jobb oldhatósága miatt könnyebben felszívható. A DMT1 (Divalentis fémtranszporter) által a mukózasejtek felveszik és a mobilferrin segítségével a bazolaterális oldalra szállítódik vagy ferritinbe csomagolva raktározódik. A bazolaterális oldalon ferroportin és a hephaestin által oxidálódik vissza Fe<sup>3+</sup>-á, majd a transferrin fehérje szállítja el a sejtekhez. Az apotranszferrinhez Fe<sup>3+</sup> formában két ion kötődik. A sejtek felszínén transferrin receptorok találhatóak, melyek felismerik a transferrint és receptor mediált endocitózissal a sejtek felveszik a transferrint és a transferrinhez kötött vasat. A transferrin receptorok nem bomlanak le, hanem visszajutnak a sejt felszínére, hogy további transferrin molekulákat kössenek meg. A Fe<sup>3+</sup>-at ezután redukálja a ferrireduktáz, a keletkező Fe<sup>2+</sup> a vas anyagcserébe kerül vagy raktározódik ferritinben.

A szabályozás a transferrin receptorok, a ferritin, a ferroportin és a hemoglobin szintézis kulcsenzimének (ALA-szintáz) koordinált szintéziséen keresztül valósul meg. IRP1 és IRP2 (vas szabályzó fehérjék) regulálják a fenti molekulák génjeinek transzkripcióját, a keletkező mRNS



stabilitását. Alacsony intracelluláris vas koncentrációnál: stabilizálja a transferrin receptor mRNS-t, így segíti a receptor szintézisét, továbbá gátolja a ferritin és a ALA-szintáz szintézisét.

## **Réz**

A napi réz bevitel ideális esetben kb. 2-5 mg. A táplálékkal beérkező réz felvétele a DMT1 transzporterrel történik, majd a mukózasejtekből a Cu-ATPáz a (ATP7a) exportálja. A keringésben albuminnal, transzkupreinnel majd cöruoplazminnal szállítódik a vérben, a sejtek nagy része réztranszporterrel (Ctr1) veszi fel a fémet a keringésből. A májban egy a mukóza sejtekétől eltérő Cu-ATPáz (ATP7b) is található, mely a parenchima sejtek Golgi membránjában helyezkedik el és magas réz koncentráció esetén a kanalikulus membránokba helyeződik át, ezáltal képes az epébe vezetni a felesleges rezet.

Nagy mennyiségben találunk rezet a májban és az agyban. A réz-tartalmú enzimek főként elektrontranszportban vesznek részt, ugyanis a májban a réz beépül enzimekbe vagy metallotioneinhez kötődik és raktározódik. Ilyen enzimek a szuperoxid-dizmutáz, mely a szuperoxid anion gyök eliminálásáért felel, a citokrom c oxidáz, mely a mitokondriális légzési lánc egyik komplexe, a tirozináz, mely a melanin szintézisben érintett enzim. Továbbá a kollagén lizin oldalláncainak oxidációját végző lizin-oxidáz és a katekolamin szintézis egyik kulcsenzime, a dopamin-hidroxiláz is réztartalmú molekula. A szabad réz toxikus, mivel H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-vel reagálva hidroxilgyök képződéshez vezet, ezért kell fémchaperonokhoz (Atox1, Cox17) kötni.

## **Pathobiokémiai vonatkozások**

### **Wilson kór**

A réz anyagcseréjének zavara több patológiás állapot kialakulását vonja maga után. Egyik ilyen betegség, az autoszomális-recesszíven öröklődő raktározási betegség a Wilson kór. A mutáció a 13. kromoszómán elhelyezkedő ATP7B-génben található, mely Cu- transzportáló ATPáz-t kódol, és főként a májban expresszálódik. Ennek a fehérjének a feladata rézfelesleg esetén a réznek az epén keresztüli ürítését segíteni. A mutáció eredményeképpen



rézfelhalmozódás történik különböző szövetekben, mely toxikus és szöveti károsodást okoz. Az érintett szervek főként a máj, központi idegrendszer, szemek és a vesék. Idegrendszeri tünetek, mint remegés, motoros és koordinációs zavarok, továbbá a jellegzetes szemtünetek, mint a Kayser-Fleischer-korneagyűrű utalnak az elsődlegesen érintett szövetekre. Ez utóbbi egyébként reverzibilis, és gyakran alkalmazzák a betegség terápiájának ellenőrzésére.

### **Menkes kór**

Hasonlóan a Wilson kórhoz, itt is a réz anyagcserében kulcsszerepet betöltő enzim defektusa tapasztalható, ám ez X-kromoszómához kötötten öröklődik. Oka az ATP7A-gén mutációja, mely pumpa számos szövettípusban (vér-agy-gát, placenta, mukózasejtek) expresszálódik kivéve a májat. Rézhiány alakul ki, melynek oka a táplálék réz mukózasejtekből történő exportját végző Cu-ATPáz A hiánya. Ugyanezzel a transzporterrel megvalósuló intracelluláris réz-transzport, a Cu-ATPáz a protein hiánya miatt, szöveti réz hiányt okoz, ennek következménye a réztartalmú enzimek csökkent szintézise vagy hiánya. Főbb tünetei az intrauterin növekedési zavar, progrediáló neurodegeneráció, melyet az idegrendszeri Cu-hiány alakít ki, gyakran görcsök, demencia, epilepszia utalnak a betegségre. A legjellegzetesebb tünet mégis a kevésbé pigmentált, törékeny, göndör haj (pili torti) és a kifejezéstelen arc, melyet babaarcnak is neveznek. A betegség korai gyerekkorban halálhoz vezet.

### **Kobalt**

A kobalt és a B12 vitamin metabolizmusa szorosan összekapcsolódik, ahol a kobalt 4 pirrol gyűrű által koordinációs kötésben található. A táplálékban fehérjéhez kötve fordul elő a B12 vitamin, melyet a gyomor és a duodenum proteolitikus hatásai szabadítanak fel. A humán szervezet a kobalt 70-100%-át képes felszívni, majd gyorsan a vizelettel kiválasztani. A B12 intrinsic faktorhoz kötődik, mely megvédi a pankreas enzimek általi lebontástól, majd az ileumban receptor mediált endocitózissal felvételre kerül. A vérben transzkobalaminnal szállítjuk, majd szintén receptor mediált endocitózissal veszik fel a sejtek. A B12 vitamin legfontosabb szerepe az egyes zsírsavak és néhány aminosav lebontásakor keletkező metilmalonil-KoA átalakításában továbbá a metionin szintézisében, mint kofaktor jelentős.

### **Patobiokémiai vonatkozás**





A kobalamin hiánya megaloblasztos anémiát okoz, mely leggyakrabban vegán vagy vegetáriánus étrenden élőket érinti. Tünetei: eritropoézis zavara, leukocito- és trombocitopénia, neurológiai zavarok.

### **Cink**

A napi cink szükséglet kb. 10-15 mg. A cink több mint 300 enzim kofaktora, ezek közé tartozik a karboanhidráz, pankreas karboxipeptidáz, alkohol-dehidrogenáz, alkalikus foszfatáz, de elengedhetetlen a mátrix metalloproteinázok és a retinában és íriszben a retinol-dehidrogenáz működéséhez.

Kofaktorként funkciója:

- Koordinációs kötésben tartja az enzim számos aminosav oldalláncát, mely könnyíti a kémiai reakcióhoz szükséges fehérjeszerkezet kialakulását
- Koordinációs kötést képez a szubsztráttal, melyet stabilan tart, polarizál és aktivál

A cink további fontos funkciója, hogy stabilizálja a biológiai membránokat, valamint transzkripciós faktorok DNS-kötő motívumaiban (Zn-ujj) Cys vagy His oldalláncokkal kötődik. Ezen kívül a spermiumokban, herében, ováriumban szerepet kap a kromatin stabilizálásában, a hasnyálmirigy  $\beta$ -sejtjeiben az inzulin raktározásában.

A cink reszorpciója a jejunumban és az ileumban Zn-transzporter (ZnT1, ZIP5) segítségével valósul meg. A vérben albuminnal szállítjuk (normálértéke plazmában: 15-20  $\mu\text{mol/l}$ ). A plazma zink koncentrációnak cirkadián ritmusa van, mely a glukokortikoidok és citokinek által szabályozott. A cink a széklettel ürül.

Cinkhiány esetén elsősorban bőrtünetek illetve hasmenés jellemző.

### **Irodalomjegyzék**

Ádám V: Orvosi biokémia (Medicina kiadó, 2006)





TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0047

Löffler-Petrides: Biochemie, pathobiochemie (Springer kiadó, 2014)

Harpers: Illustrated Biochemistry (Lange kiadó, 2009)

Rigó János: Dietetika (Medicina kiadó, 2002)

Henning Müller-Burzler: Egészségesen és allergiamentesen (Windpferd kiadó, 2003)

J.K. Ransley, J.K. Donnelly, N.W. Read: Food and nutritional supplements (Springer kiadó 2001)

Michael Pollan: Életadó ételeink (Nytott könyvműhely, 2010)

Lásztity Radomir: Az élelmiszerbiokémia alapjai (Mezőgazdasági kiadó, 1981)

Morava Endre, Antoni Ferenc: Az emberi táplálkozás alapjai (Akadémiai kiadó, 1991)





## 2. Speciális diéták, táplálkozási igényű patológiás állapotok

### 2.1. Diéták és típusaik, a vegetarianizmus fajtái

Általában étrendünket az 5 alap élelmiszercsoport mindegyikéből állítjuk össze. Ezek:

1. Cereáliák, melyek nagy mennyiségben tartalmaznak: K, Mg, Se, Zn, J, Fe, Cr, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>6</sub>-vitaminokat, niacin, E-vitamin, fehérjét, szénhidrátot és élelmi rostokat.
2. Gyümölcsök, zöldségek, ezek főként mint C-vitamin, β-karotin, folsav, K, Ca, Mg, Fe flavonoid források jelentősek.
3. Hús és alternatívái, melyek elsődlegesen fehérjéket, zsírt, B<sub>2</sub>, B<sub>6</sub>, B<sub>12</sub>, A vitaminokat és Fe, Zn, Se, Cu, K tartalmaznak.
4. Tej és tejtermékek magas fehérje, szénhidrát, és zsírtartalmúak, és A, D, B<sub>2</sub>, B<sub>6</sub>, B<sub>12</sub> vitaminban valamint nagyon jelentős mértékben Ca, K, P, J-ban gazdagok.
5. Zsiradékok energiát szolgáltatnak, telített és telítetlen zsírsavakban A, D-,E vitaminban gazdagok.

### *Vegetarianizmus*

A vegetabilis latin szó jelentése növényi. Ez a típusú étkezési gyakorlat Európába valószínűsíthetően Ázsiából terjedt el, elsősorban bizonyos vallások gyakorlójától, mint buddhisták, brahmanok és hinduisták, de már időszámításunk előtt 3-4 ezerben az ókori Egyiptom papjai sem fogyasztottak húst.

A vegetarianizmust az oki megfontolások alapján két csoportba oszthatjuk: kényszer vegetariánizmus és választott vegetariánizmus.

#### Kényszer vegetarianizmus

A WHO megnevezett 43 országot ahol az emberek táplálkozása nem éri el a minimális energia-és fehérjebevitel ajánlatos értékeit.

Étrendjük gabonafélékből, zöldségekből, gyümölcsökből, hüvelyesekből, gumókból áll.

#### Választott vegetarianizmus





Okai lehetnek például az egészséges életmódra való törekvés, részvét az állatok iránt vagy vallási megfontolások.

Valamennyi étrendi típusra jellemző, hogy az állati eredetű feldolgozott és nem feldolgozott élelmiszerek közül vörös húsokat és húskészítményeket az étrend nem tartalmazhat. A fogyasztható élelmiszerek körétől függően sokféle lehet, abban azonban megegyeznek, hogy a tökehúsok és a húskészítmények fogyasztása tilos.

### ***Vegetáriánus irányzatok***

**Vegán:** Kizárólag növényi eredetű táplálékot fogyasztanak. Állati eredetű termékeket pl.: tejport, vagy zselatint még állományjavítóként sem használnak.

**Lakto-vegetáriánus:** A növényi étrendet tejjel és tejtermékekkel is kiegészíti.

**Ovo-lakto-vegetáriánus:** A növényi étrendet tejjel, tejtermékkel és tojással egészíti ki.

**Szemi-vegetáriánus:** Az ovo-lakto irányzat mellett baromfit és halat is fogyaszt, azaz a piszko-vegetáriánusok a halat is, a pollo-vegetáriánusok csirkét is esznek.

- A vegetáriánus táplálkozás pozitív hatásai között kiemelendő, hogy mivel a sok zöldség és gyümölcsfogyasztás kedvező, bőven tartalmaz vitaminokat, ásványi anyagokat, élelmi rostokat ezért viszonylag ritkán fordulnak elő a nem fertőző krónikus betegségek, mint obesitas, hipertónia, hiperlipidémiák, epekövesség, 2 típusú diabétesz, egyes daganatos betegségek és a purin anyagcsere zavarai. A kellő hozzáértéssel összeállított szemi-vegetáriánus (baromfihúst, halat is tartalmazó) étrend minden korosztály tápanyagszükségletét kielégíti. Kiemelendő azonban, hogy még akkor is, ha vegetáriánus családban nevelkednek, a gyermekek étrendjét mind az 5 alap élelmiszercsoportból kell összeválogatni.
- A vegetáriánus táplálkozás negatív, kockázati tényezői a csökkent mértékű D-vitamin ellátottság, mely rachitisz vagy oszteoporózis kialakulását segíti elő főként vegán táplálkozás mellett. További problémákat okoz a kisebb Ca bevitel, a kevesebb fehérje-



bevitel, és az alacsonyabb Zn-szint, melyek lassú növekedést, felszívódási zavarokat, túlzott rostbevitelt, energia- és aminosav-hiányt és súlyosabb esetekben gyomorrákot, az allergének (mogyoró, pollen, szója) bevitelére miatt allergiás tüneteket okozhatnak. Ha az állati eredetű élelmiszerek közül csak tej és/vagy tojás fogyasztható, vagy ezek egyike sem, akkor a vashiány (B12 vitamin hiány) miatt anémia kialakulásával is számolni kell.

### *A különböző vegetáriánus irányzatok követői által fogyasztott élelmiszerek*

#### *Tojás*

Tojást az ovo- és az ovo-lakto vegetáriánusok fogyasztanak. Mivel állati eredetű, fehérjéi tartalmazzák a humán szervezet által igényelt aminosavakat a megfelelő arányban és mennyiségben, azaz komplett fehérje forrás. Ezért limitáló esszenciális aminosav hiány nem tapasztalható a fogyasztása mellett, sőt bőségesen tartalmaz ciszteint, lizint, metionint és triptofánt.

#### *Cereáliák*

A cereáliák, mint növényi eredetű élelmiszerek fogyasztása során hiány alakulhat ki számos limitáló esszenciális aminosavban, mint a lizin, izoleucin. Viszont bőségesen tartalmaz ciszteint, treonint, metionint, triptofánt (kivéve a kukoricát és a rizst, amelyek ebben is hiányosak). Kompletálása hüvelyesekkel, vagy olajos magvakkal lehetséges.

#### *Hüvelyesek*

A hüvelyesek előnyös tulajdonsága, hogy bőségesen tartalmaz lizint és treonint, ezért más élelmiszerek mellett kompletálásra alkalmazható. Limitáló esszenciális aminosavakból, mint metionin, cisztein, triptofán alakulhat ki hiány, kivéve ha szójababot fogyaszt az ember, amely ezeket tartalmazza. Kompletálása cereáliával, vagy olajos magvakkal lehetséges.

#### *Tej és tejtermékek*

Mivel szintén állati eredetű táplálék, limitáló esszenciális aminosav hiány nem lép fel fogyasztásukkor. Bőséges forrása a lizinnek, izoleucinnak és metioninnak. Komplet fehérje forrásnak tekinthető.

#### *Diófélék, olajos magvak*





A kesudiót és a tökmagot kivéve lizin és izoleucin hiánya léphet fel fogyasztásukkor, viszont bőségesen tartalmaz ciszteint, triptofánt, és metionint. Ebben kivétel a földimogyoró, amely ez utóbbi kettő aminosavat nem tartalmazza. Kompletálása hüvelyesekkel lehetséges.

### **Zöldségek, főzelékek**

A legtöbb zöldségtől eltérő módon a spenót tartalmaz izoleucint, viszont nincs alkotó elemei között néhány fontosabb limitáló aminosav, mint a cisztein és metionin. Kompletálása diófélékkel, olajos magvakkal, cereáliákkal lehetséges.

## **Vegetáriánus étrendek és jellegzetességei**

### **Vegán étrend**

A vegán étrenden élőknek számos tápanyag hiányos bevitelével kell számolni, ezért gyermekeknél nem engedhető meg. Például a növényi fehérjék aminosav garnitúrája nem teljes, mindenképpen kompletálni kell, és a megfelelő összeállítással ki lehet alakítani a teljes aminosav garnitúrát. Továbbá a vegán étrend a kalcium-szükségletnek csak a 40%-át fedezi, mivel a növények kalciumtartalma kicsi. Normál vegyes táplálkozásnál a kalciumszükségletünk 75%-át tejjel, és tejtermékekkel fedezzük. A csökkent kalcium bevitel mellett D-vitamin hiányos állapotokban az úgy nevezett vegetáriánus rachitis alakulhat ki, amely csont deformitásokkal, törésekkel és csökkent mineralizációval, csontritkulással jár együtt. A növényi élelmiszerek energiaértéke kicsi, másrészt puffasztó hatásúak.

A vegán étrenden belül is megkülönböztetünk olyan egyéneket, akik csak gyümölcsöt fogyasztanak, őket a szakirodalom *gyümölcssevőkként=fruitáriánusokként* említi. Főleg gyümölcsöt, de ritkán diót, mézet, olívaolajat is fogyasztanak.

A *nyerskoszton élők* az ételeik készítésénél hőkezelést nem alkalmaznak, csak vegán alapú, nyers termékekkel táplálkoznak, a növényi sejtes felépítés fellazítása elmarad, a táplálék emésztése nehezített.

Ma már nem csak az ázsiai országokban vannak a *makrobiotikus étrendi* irányzatnak követői, amely szerint az élelmiszereket a yin (női) és jang (férfi) tulajdonságokkal ruházzák fel egy ősi japán ideológia alapján, ezen az



elven alapul az élelmiszerek kiválasztása, fogyasztása. Jang: ami tilos: tojás, tej, hús, hal, finomított élelmiszerek, fűszerek, izgatószerke. Jin: amit lehet: gyümölcsök, zöldségek, gabona, ezek jelentik étrendjük 40-50%-át. Továbbá az évszaknak megfelelően kell válogatni a táplálékokból, azaz télen főtt, nyáron nyers ételeket fogyasztanak. Az étrend erősen hangsúlyozza az élelmiszerek bio- és natúr jellegét. Az irányzaton belül 10 fokozatot lehet elkülöníteni, amelyek egyre szigorodnak. Cél eljutni addig a szintig, amikor gabonaféléken és gyógyteákon kívül már mást nem fogyasztanak.

Makrobiotikus alapelvek:

- csak olyan alapanyagokat lehet fogyasztani, ami a lakóföldünkön élt
- tilos az iparszerűen előállított termékeket fogyasztani
- tilos az izgatószerke fogyasztása
- tilos a burgonya, a paradicsom, a padlizsán
- bármilyen betegség áll elő barnarizzsal és algák étrendbe iktatása a diéta
- folyadékból mindig csak keveset lehet fogyasztani

### **Reformtáplálkozás**

Elvei sok tekintetben azonosak a kiegyensúlyozott táplálkozás gyakorlatával, de jelentheti a vegetáriánus táplálkozás bármelyikét is. Csak biotermelésű élelmiszereket fogyasztanak, mely a vegyszerek alkalmazása nélküli növénytermesztést és állattenyésztést illetve feldolgozást jelent. Csak természetes forrásból származó adalékanyagokat alkalmazhat.

Az irányzat alapvető célja az az volt, hogy táplálkozási szokásokat megváltoztassák, javítsák.

Alapelvek:

- Biotermékek felhasználása
- Az élelmiszer legyen a természetes állapotához minél közelebb.
- Csak igen kíméletes konyhatechnológiát lehet alkalmazni.
- Csak vegyszer mentes növényeket esznek.
- Elhagyják a cukrot, finomlisztet.







- Nagy mennyiségű magas rosttartalmú cériáliát fogyasztanak.
- Tejet, tejterméket, csíráltatott tojást esznek, de csak módjával.
- Ízesítésre friss és száraz fűszereket, tengeri sót használnak.

### *Szétválasztó étrendek*

Elterjedésük egy hibás elképzelésnek köszönhető, mely szerint a fehérjék és a szénhidrátok nem emészthetők egyszerre, tehát pl. a gyümölcsök, zöldségek és a hús fogyasztását időben is el kell egymástól különíteni.

- a Diamond féle „fit for life” étrenden élők délelőtt csak gyümölcsöt, délután salátát, este húst és tejet fogyasztanak.
- Hay-féle étrend szerint a táplálék 80%-a savanyító, azaz gyümölcs, zöldség és 20%-a lúgosító, tehát hús, tej, sajt, tojás, gabona legyen.

### **Irodalomjegyzék**

Ádám V: Orvosi biokémia (Medicina kiadó, 2006)

Löffler-Petrides: Biochemie, pathobiochemie (Springer kiadó, 2014)

Harpers: Illustrated Biochemistry (Lange kiadó, 2009)

Rigó János: Dietetika (Medicina kiadó, 2002)

Henning Müller-Burzler: Egészségesen és allergiamentesen  
(Windpferd kiadó, 2003)





TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0047

J.K. Ransley, J.K. Donnelly, N.W. Read: Food and nutritional supplements (Springer kiadó 2001)

Michael Pollan: Életadó ételeink (Nyitott könyvműhely, 2010)

Lásztity Radomir: Az élelmiszerbiokémia alapjai (Mezőgazdasági kiadó, 1981)

Morava Endre, Antoni Ferenc: Az emberi táplálkozás alapjai (Akadémiai kiadó, 1991)



## 2.2. Táplálkozás élettani alapok, energiaszükséglet fiziológias körülmények között, speciális táplálkozási igényű fiziológias állapotok: terhesség, laktáció. A táplálkozás szerepe az egészség megőrzésében: a funkcionális élelmiszerek

A táplálkozás, mint az életműködésünk fenntartásához szükséges tápanyagok szervezetünkbe juttatása egyúttal energia bevitt is jelent számunkra. A szervezetünk energiaszükséglete az a táplálékkal felvett energiamennyiség, ami állandó testtömeg és testösszetétel mellett fedezi a szervezet alapanyagcseréjének és fizikai aktivitásának energiaigényét. Tehát: energiaigény = alapanyagcsere + fizikai tevékenység. Akkor vagyunk energia egyensúlyban, ha az elfogyasztott táplálékkal bevitt energiatartalom megegyezik a szervezet energiaigényével. Ebből adódóan testtömeg gyarapodásról akkor beszélhetünk, ha a táplálékkal bevitt energiamennyiség nagyobb, mint a szervezet energiaigénye, míg testtömeg csökkenésről akkor, ha az elfogyasztott táplálék energiatartalma kisebb, mint a szervezet energiaigénye. A tápanyagok energiatartalmának jellemzésére a tápanyagok égéshőjét használhatjuk. Az energiatartalom megadására használt mértékegység a kalória (cal) és a Joule (J), illetve ezen mértékegységek *kilo-* előtaggal ellátott verziói (kcal és kJ). Az átváltás a két mértékegység között a következő: 1 cal = 4,184 J. A fő makromolekulák egységnyi tömegre vonatkoztatott energiatartalma a szervezetben történő felhasználás során a következő: 1 g szénhidrát = 4,1 kcal = 17 kJ, 1 g zsír = 9,3 kcal = 39 kJ és 1 g fehérje = 4,1 kcal = 17 kJ. A fehérjék felhasználása a szervezetben nem csak széndioxidot és vizet eredményez, hanem egyéb olyan vegyületeket is, melyek energiatartalma jelentős, viszont ezek a vizelettel vagy széklettel kiürülnek a szervezetből.

A szervezet energiaigényét alapvetően befolyásoló tényezők közé tartozik az életkor, a testméret és a testtömeg. Az egységnyi testtömeg kg-ra számított energiaszükséglet az életkor előrehaladtával egyre csökken. Csecsemő- és kisgyermekkorban az intenzív növekedés és fejlődés miatt sokkal nagyobb a testmérethez viszonyított energiaszükséglet (1. táblázat). Gyermekkorban az alábbi formulák használhatók a pontosabb energiaigény számítására: fiúk esetén a „1000+100×az évek száma = napi kcal” képlet, míg lányok esetén a „1000+100×az évek száma -200 = napi kcal” képlet használható. A kamaszkori ajánlás a napi kalóriabevitel tekintetében a következőképpen alakul: fiúk esetében 2700-2800 kcal, míg lányok esetében 2300-2400 kcal. Természetesen ezt módosítja a fizikai

MAGYARORSZÁG  
KORMÁNYAEurópai Unió  
Európai Szociális  
Alap

BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

igénybevétel mértéke.

életkor	energiaigény
csecsemő	kb. 100 kcal/ttkg
kisgyermek	70-75 kcal/ttkg
felnőtt	40 kcal/ttkg
időskorú	kb. 30 kcal/ttkg

1. táblázat: a különböző életszakaszokban a testtömeg kg-ra vonatkoztatott energiaigény.

Az energiaszükséglet felnőttkorban az évek előrehaladtával, a 20-as életevekhez viszonyítva fokozatosan csökken (2. táblázat).

életkor	20-30	31-50	51-60	61-70	71-
energiaszükséglet (%)	100	97-94	86	79	69

2. 2. táblázat: az energiaszükséglet változása felnőttkorban.

A szervezet energiaigényét szintén meghatározza a nem, ugyanis a nők energiaszükséglete 5-10 %-kal kisebb, mint a férfiaké. Ennek oka az eltérő izom- és zsírszövet arányban keresendő. Mindezek mellett az alvás-ébrenléti ciklus is befolyással van a szervezet energiaigényére, alvás során körülbelül 10 %-kal kevesebb az igény, mint ébrenlét idején. A külső-belső hőmérséklet ugyancsak hatással van a kalóriaszükségletre, hideg időben emelkedik, míg melegben csökken. A lázas állapot is fokozza a szervezet energiaigényét, minden 1<sup>o</sup>C-os testhőmérséklet emelkedéskor 10%-kal nő. A nők esetében meghatározó a menstruációs ciklus is, hiszen menstruáció alatt intenzívebb az anyagcsere, ennek igénye kb. +300-350 kcal/nap. A terhesség, szoptatás időszaka is magától értetődő módon többlet energia igénnyel (+ 20-30 %) jár együtt. Terhesség: főként a második és harmadik trimeszterben lehet nagyobb az energiaigény (+180-300 kcal/nap), de ez erősen tápláltsági foktól függő (túlsúlyos kismama esetén

ennél kevesebb energia bevitel indokolt). Szoptatás: az anyatej képződése energiaigénye folyamat, akár 2100-2500 kJ-lal (kb. 500-600 kcal) is emelkedhet a laktáló nő táplálék beviteli igénye. Az emocionális tényezők (stressz, szorongás), valamint az élvezeti szerek fogyasztása (pl. koffein) összességében nézve szintén növelik a szervezet energiaforgalmát. Az eddigiek mellett a legnagyobb mértékben a fizikai munka és a sporttevékenység befolyásolja leginkább szervezet energiaszükségletét (3. táblázat).

munka típusa	férfi	nő
könnyű fizikai munka	3000 kcal (12600 kJ)	2200 kcal (9200 kJ)
nehéz fizikai munka	3500 kcal (14600 kJ)	2600 kcal (10900 kJ)
igen nehéz fizikai munka	4000 kcal (16700 kJ)	3100 kcal (13000 kJ)

3. 3. táblázat: a fizikai erőkifejtés és a szervezet energiaigényének összefüggései

### A tápláltsági állapot meghatározása

A tápláltsági állapot felmérésének objektív lehetőségei a következők:

1, Fizikális vizsgálat: a csökkent bőrturgor, a száraz, hámló bőr, a gyengült izomerő és mozgás, az ödéma és a nehezen gyógyuló sebek alultápláltságra utalnak.

2, Anthropometria: testtömeg, testmagasság, bőrredő vastagság és felkar izomkörfogat vizsgálatát foglalja magába. A testtömeg és testmagasság egymáshoz viszonyításának legegyszerűbb módja a testtömeg index (Body Mass Index = BMI) meghatározása. A BMI számítás képlete: testtömeg / (testmagasság)<sup>2</sup>. A fiatal és középkorú felnőtteknél 20-25 közötti BMI-vel rendelkezők tekinthetők normál testtömegűnek. A 25,1-30 tartomány túlsúlyt; a 30,1-35 elhízást; a 35,1-40 kóros elhízást; míg a 40,1 feletti index nagyon súlyos elhízást jelez. 18-as BMI alatt kóros alultápláltságról beszélünk. A bőrredő vastagsága a zsírszövet mennyiségéről árulkodik, tehát mérésével következtethetünk a szervezet energiatartalékaira. A felkar körfogat az izomszövet tömegéről ad felvilágosítást. Módosító tényezők lehetnek az anthropometriai adatok kiértékelése során: életkor, nem, alkat, bőrturgor, ödéma megléte.

3, Vérvizsgálat: laboratóriumban a következő analitikus meghatározása történhet a tápláltsági állapot

megállapítására: albumin, prealbumin, transzferrin, retinol-kötő fehérje, kolinészteráz és abszolút leukocitaszám. A se albumin (szérum albumin) alacsony szintje elsősorban a fehérjehiányos alultápláltság (Kwashiorkor típusú malnutritio) mutatója. A szervezet aránylag nagy tartalékokkal rendelkezik az albumint illetően és hosszú a fehérje felezési ideje is, így rövid távú változások mérésére nem alkalmas. A se transzferrin rövidebb felezési időjű és kevesebb belőle tartalék a szervezetben az albuminhoz hasonlítva, így a tápláltsági állapot középtávú értékelésére alkalmas. Se prealbumin: 2 napos felezési idő, kevés tartalék a szervezetben, ezért már néhány napos éhezést követően normál tartomány alá csökken a szintje. A retinol-kötő fehérje hasonló paraméter, de még érzékenyebb jelzője az akut tápláltsági állapotnak. A se kolinészterázra is a transzferrinnél leírtak érvényesek, előny, hogy a szérum kolinészteráz aktivitásának meghatározása kedvező árú, így jól használható a tápláltsági állapot monitorozására. Az abszolút limfocitaszám meghatározása azért igen informatív, mert az immunfunkció és a tápláltság szorosan összefüggnek, az alultápláltság első körben a celluláris immunválasz zavarán mutatkozik meg. Az alultáplált betegeknél az abszolút limfocitaszám nem éri el az 1200 /  $\mu$ l-es értéket.

4, Vizeletvizsgálat: kreatinin, 3-metilhisztidin, össznitrogén meghatározás történhet. A kreatinin és a 3-metilhisztidin az izomfehérjék lebontásának végtermékei, ha fokozott mértékben ürülnek a vizelettel, akkor a katabolikus (lebontó) folyamatok túlsúlyára lehet következtetni. Csökkent ürítésük viszont fehérjehiányos, alultáplált betegekre jellemző. A nitrogén mérleg a bevitt és a kiürült nitrogén arányát mutatja. Negatív nitrogén-mérleg esetén a lebontó folyamatok túlsúlyban vannak.

### 2.2.1. Speciális táplálkozási igényű fiziológiai állapotok: terhesség, laktáció.

#### Energiaigény és étrend-összeállítás a várandósság, szoptatás alatt

A normál testtömegű nők ideális gyarapodási mértéke 11-15 kg, túlsúlyos kismama esetén 7-10 kg, míg sovány kismamánál 13-18 kg hízás tekinthető ajánlatosnak. A terhesség során az anyagcsere fokozatosan növekszik, a várandósság második trimeszterétől körülbelül 20

%-kal (de nem többel!) szükséges növelni az energia bevitt.

Éppen ezért nem helyes a régen oly divatos „kettő helyett kell

enni” gondolkodásmód. Normál testtömegű anyuka

esetében megfelelő táplálkozás mellett a 4. hónaptól

hetente 300-500g gyarapodás következik be. A



terhesség végére a gyarapodást a magzat tömege (átlagosan 3,5 kg), az anyaméh megnövekedett tömege (kb. 0,9 kg), a méhlepény (0,7 kg), a magzatburok és magzatvíz (0,8 kg), az anyai emelkedett vérmennyiség (1,2 kg), a folyadék- és zsírlerakódás (4-4,5 kg) és az emlő mirigyállomány megnövekedése (0,3-0,5 kg) összessége adja.

A javasolt táplálék beviteli eloszlás: 50-55% szénhidrát, 25-30% zsiradék és 20% fehérje. A szénhidrátok közül az összetett szénhidrátok fogyasztását kell előnyben részesíteni az egyszerű monoszacharidok fogyasztása helyett (elhúzódóbb emésztés, nincsenek nagy vércukor „kiugrások”, kiegyenlítettebb az inzulin szekréció). A szénhidrátszegény táplálkozás ketonémiát (emelkedett ketontest koncentráció a vérben), ketonúriát (emelkedett ketontest koncentráció a vizeletben) eredményezhet. A lipidek fogyasztását illetően a növényi eredetű olajokat kell előnyben részesíteni az állati eredetű zsírokkal szemben, mert így biztosítani tudjuk a megfelelő telítetlen zsírsavbevitt. A várandós fogyasszon halat, olajos magvakat, magolajokat (dió-, mák-, lenmagolaj), hogy elégséges legyen az esszenciális ( $\omega$ -3,  $\omega$ -6) zsírsavbevitel. A várandós étrendje mindemellett tartalmazzon egyaránt állati és növényi fehérjéket is. Az aminosav szükséglet fedezhető húsk, halak, tej-tejtermékek, tojás, száraz hüvelyesek és gabonafélék fogyasztásával. A májfogyasztást limitálni kell a magas A-vitamin tartalma, illetve a máj méregtelenítő funkciójából adódóan. Vegetáriánus étrend esetén ügyelni kell, hogy komplettálva legyen az inkomplett növényi fehérjét tartalmazó étel, például főzelékfélék tojásfeltéttel, vagy szójával gazdagított gabonaételek kerüljenek a várandós asztalára. A terhesség során gyakran jelentkező obstipáció (székrekedés) megelőzésére, kezelésére megfelelő mennyiségű rostanyagot tartalmazó táplálékok fogyasztása javasolt. Az élelmi rostok olyan poliszacharidok, melyek nem vagy csak kis mértékben emészthetők az ember számára. A vízdékony (pl. pektin) és a nem vízdékony rostok (pl. cellulóz) megfelelő folyadékbevitel mellett gyorsítják a táplálék áthaladását a gasztrointesztinális rendszeren. Napi élelmi rost igény várandóság alatt körülbelül 30 g. A megfelelő vitaminbevitel ugyancsak elengedhetetlen a várandóság alatt. Kiegyensúlyozott táplálkozással a kismama megemelkedett vitaminigénye fedezhető, de ez sok esetben nem szokott megvalósulni. Ezen kismamáknál javasolható a tabletta formájában történő vitamin szupplementáció. A várandós emelkedett napi vitaminigénye az alábbiak szerint alakul: A-vitamin (5000 NE), D-vitamin (500 NE), E-vitamin (12 mg), B1-vitamin (1,5 mg), B2-vitamin (1,6 mg), B3-vitamin (16 mg), B6-vitamin (2,6 mg), B11-vitamin (folsav; 400





µg), B12-vitamin (4 µg), C-vitamin (80 mg). A vitaminok mellett bizonyos ásványi anyagokból is többletbevétel szükséges: kalcium (1200 mg), magnézium (500 mg), foszfor (1200 mg), vas (30 mg), cink (20 mg).

### Szoptató anyák étrendi javaslata

Anyatej összetétele folyamatosan változik, főbb komponensek: laktóz, proteinek, lipidek, ásványi anyagok, immunglobulinok. Átlagosan napi 850 ml anyatej termelődik. Ezért minimum 1 literrel több folyadékfogyasztás és körülbelül 500-600 kcal-val nagyobb energia bevétel szükséges a megfelelő minőségű és mennyiségű anyatejtermeléshez. Az anyatej fehérjetartalmának biztosításához ajánlott körülbelül napi 15 g többletbevétel, ez főként állati eredetű fehérjeforrással történjen. A kalcium bevétel a várandósság alatti emelkedett igényhez hasonló mértékben kell folytatni, lévén az anyatejnek magas a kalcium tartalma. A vitamin- és ásványi anyag szükséglet szoptatás alatt zömmel megegyezik a várandósság alatti emelkedett igényekkel. Néhány esetben van ennél emelkedettebb igény (pl. C-vitamin, B vitaminok). Fontos táplálkozási szempont az atópiás hajlamú szülők vagy allergiás reakciót mutató csecsemő esetén, hogy a vélhető allergént a szoptató anya mellőzze az étrendjéből. Ez a legtöbb esetben tej- és/vagy tojásmentes étkezést igényel. Hasfájós csecsemő esetén érdemes próbálkozni a puffasztó ételek (káposztafélék, babfélék) étrendből való elhagyásával.

### 2.2.2.A táplálkozás szerepe az egészség megőrzésében: a funkcionális élelmiszerek

Hazánkban a halálozási okokat megvizsgálva megállapítható, hogy körülbelül  $\frac{3}{4}$ -ed részben visszavezethetők táplálkozási anomáliákra. Például a magas kalória-, só- és zsírtartalmú étrend mozgásszegény életmóddal kombinálva egyértelmű összefüggést mutat az elhízással, az érlemeszesedéssel, a kardiovaszkuláris szövödményekkel, a II-es típusú cukorbetegséggel és a daganatos megbetegedésekkel. A diagnózis után teljes gyógyulásról általában még szakszerű kezelés esetén sem beszélhetünk. A krónikus betegségek kialakulása hosszú időt vesz igénybe, így egyértelmű, hogy a helytelen táplálkozási szokások idejében történő megváltoztatásával sokat tehetünk egészségünk megőrzéséért és az életmóddal kapcsolatos megbetegedések megelőzéséért. A „funkcionális élelmiszer” kifejezés definíciója az Európai Unió



táplálkozás biokémiai szakemberei szerint az alábbi: az alapvető táplálkozás-élettani hatásokon túl (pl. tápérték) igazoltan többlet egészségügyi hatással rendelkeznek. Fogyasztásuk csökkenti a krónikus betegségek kockázatát, jobb egészségi állapotot eredményeznek bioaktív anyagaiknak köszönhetően. Megjelenési formájuk, élvezeti értékük megegyezik a többlet egészségügyi hatással nem rendelkező, hasonló élelmiszerekével. Főként növényi eredetűek, de ma már találkozhatunk számos állati eredetű funkcionális élelmiszertel is. A funkcionális élelmiszerek nem csak természetes eredetűek lehetnek, mint például a zöld tea, a zöldségek és a gyümölcsök, hanem ipari fejlesztés eredményei is: például omega-3-zsírsavakban gazdag tojás, folsavval dúsított liszt. A funkcionális élelmiszerek előnye, hogy a bioaktív anyagok nem gyógyszer formájában jutnak be a szervezetbe, hanem a táplálkozás részeként, az élelmiszer élvezeti értékének megtartása mellett. Az alábbi bioaktív anyagok jelenléte tehet egy élelmiszert funkcionálissá: esszenciális zsírsavak, aminosavak, élelmi rostok, vitaminok, ásványi anyagok, fito- és zookemikáliák.

A funkcionális élelmiszerekre találunk mind növényi, mind állati eredetű példákat is. A növényi eredetű funkcionális élelmiszerek főként természetes eredetűek, lehetnek nyers (zöldség-gyümölcs) vagy feldolgozottak (flavonoidok, prebiotikumok, zöld tea). Az állati eredetű funkcionális élelmiszerek között számos iparilag fejlesztett példát találunk: konjugált linolsavban, omega-3-zsírsavakban gazdag tojás, hús, kalciummal dúsított tejkészítmények. Főként a tej és tejtermékek palettáján lehet ipari fejlesztésben gondolkodni, és ez is valósul meg a legnagyobb mértékben.

A funkcionális élelmiszerek főbb kritériumai közé tartoznak az alábbiak: a funkcionalitásért felelős molekula hatásosságát tudományos tények igazolják; mennyisége, fizikokémiai tulajdonságai legyenek könnyen analizálhatók. Ezen felül az élelmiszert a szokott formában/módon lehessen fogyasztani. A por/tabletta/kapszula formátum nem teljesíti ezen feltételt! Az alábbi táblázat ízelítőt ad a funkcionális élelmiszerek világából: listázza a legfőbb növényi és állati eredetű funkcionális élelmiszereket, azok bioaktív anyagait, és az emberi szervezetre kifejtett hatásukat (4. táblázat).

<b>Funkcionálisan aktív komponens</b>	<b>Élelmiszer, ami tartalmazza</b>	<b>A funkcionálisan aktív komponens szervezetre kifejtett hatása</b>
Probiotikumok (tejsav-, bifidobaktériumok)	Fermentált tejtermék	Bélrendszeri baktériumflóra működésének javítása, immunmoduláció, vastagbélrák előfordulásának csökkentése
Prebiotikumok (frukto- és galakto-oligoszacharidok, inulin)	Babfélék, hántolatlan gabonák, hagymafélék	Az emberi tápcsatorna számára emészthetetlen oligoszacharidok, tápanyagok a vastagbél baktériumai számára. Emellett fokozzák bizonyos ásványi anyagok (pl. Ca, Mg) felszívódását.
Omega-3-zsírsavak	Hal, halolaj	Atherosclerosis, cardiovascularis betegségek kockázatának csökkentése, daganatképződés esélyének csökkentése
Fitokemikáliák (fitoszterolok, bétaglükán)	Olajos magvak, búzacsíra, mikróbák, gabonakorpa	Koleszterinszint csökkentése, hormonfüggő folyamatok befolyásolása, daganatok kialakulásának mérséklése, immunműködés modulációja
Vitaminok (folsav, B6, B12, D, K)	Máj, tojás, élesztő, húsfélék, leveles zöldségek, tej(termék)	Fehérje-, aminosav- és nukleinsav anyagcsere kofaktorok, vérképzés serkentése, csontanyagcsere befolyásolása, véralvadás szabályozása
Ásványi anyagok (Ca, Mg, Zn, Se)	Tej(termék), olajos magvak, zöldségfélék, hús, tojás, máj	Csontok, fogak felépítése, ideg-, izomműködés, véralvadás, intermedier anyagcsere, antioxidáns kapacitás fenntartása

**SZÉCHENYI 2020**



Antioxidánsok (flavonoidok, polifenolok, likopin, C-vitamin)	Zöldségfélék, gyümölcsök, zöld tea	Antioxidáns kapacitás fenntartása, daganatos megbetegedések kialakulásának megelőzése
Fehérjék, peptidek, (esszenciális) aminosavak	Húsok, tej(fehérjék), szója	Vérnyomás csökkentése, fizikai funkciók befolyásolása, daganat megelőzés

4. táblázat: Növényi és állati funkcionális élelmiszerek emberi szervezetre kifejtett hatása

### Irodalomjegyzék

Rigó János: Dietetika. Medicina, 2002.

Brown, L.S. Nutrition Requirements During Pregnancy  
([http://samples.jbpub.com/9780763777920/77920\\_CH01\\_001\\_024.pdf](http://samples.jbpub.com/9780763777920/77920_CH01_001_024.pdf))

Veresné Bálint Mária: Gyakorlati dietetika (ISBN: 963715244X, 294 o., 2004)

Popa AD, Ni O, Graur Arhire LI, Popescu RM, Botnariu GE, Mihalache L, Graur M. Nutritional knowledge as a determinant of vitamin and mineral supplementation during pregnancy. BMC Public Health. 2013.

Hasler CM. Functional Foods: Benefits, Concerns and Challenges—A Position Paper from the American Council on Science and Health. The Journal of Nutrition, 2002.

<http://www.nutrition.org.uk/nutritionscience/foodfacts/functional-foods>

Charalampopoulos D, Wang R, Pandiella SS, Webb C.  
Application of cereals and cereal components in





TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0047

functional foods: a review. *International Journal of Food Microbiology*, 2002.

Visioli F, Strata A. Milk, Dairy Products and Their Functional Effects in Humans: A Narrative Review of Recent Evidence. *Advances in Nutrition*, 2014.

Pereira-da-Silva L, Cabo C, Moreira AC, Virella D, Guerra T, Camoes T, Silva AR, Neves R, Ferreira GC. The Adjusted Effect of Maternal Body Mass Index, Energy and Macronutrient Intakes during Pregnancy, and Gestational Weight Gain on Body Composition of Full-Term Neonates. *American Journal of Perinatology*, 2013.



### 2.3. Speciális táplálkozási igényű patológiás állapotok: Táplálékallergiák

Táplálékfogyasztást követően számos élelmiszer válhat ki különféle emésztőszervi panaszokat, de akár légúti vagy bőrtüneteket is. A különféle tüneteket mutató embereknél fontos elkülöníteni, hogy ételallergiáról vagy ételintoleranciáról van-e szó. A kérdés eldöntése nem mindig egyszerű, hiszen számos tünet közös a két patológiás állapotnál. Lényeges, hogy az ételallergia sokkal veszélyesebb lehet az élelmiszer intoleranciánál, hiszen akár anafilaxiás sokkhoz is vezethet, ha a beteg allergént tartalmazó táplálékot fogyaszt. Az ételallergia gyakoriságát Magyarországon 4-6 %-ra becsülik, míg az étel intoleránsak száma meghaladja ezt. Az ételallergia az immunrendszer túlzott reakciója a táplálékkal szervezetbe került élelmiszer antigénre. Az allergén komponens általában fehérje természetű molekula, melyet az immunrendszer idegennek, veszélyesnek ismer fel. Gyermekkorban gyakoribb, mint felnőtteknél (6-8 %-os versus 3-4% előfordulási arány), de bármely életkorban előfordulhat. Poligénes öröklődésű, jellemző a családi halmozódás. A leggyakoribb élelmiszer allergének: tej, tojás, mogyoró, szója, olajos magvak, gabonafélék, tengeri halak és rákok, paradicsom, zeller. A tünetek időbeli megjelenése különböző lehet, az allergiás reakció erősségétől függően az étkezést követően gyorsan vagy késői hatásként is megjelenhetnek, de akár azonnali reakciót is tapasztalhatunk! Jellemző, hogy már kis mennyiségű allergén elfogyasztása is kiválthatja a tüneteket.

#### Az ételallergia tünetei

A tünetek széles tárháza írható az allergiás reakció számlájára. Gasztrointesztinális tünetek lehetnek például a hányinger, gyomorfájdalom, hasmenés, görcsös hasfájás; légzőszervi tünetek közül az orrfolyás, tüsszögés, köhögés, bronchitis; míg a bőrtünetek közül a bőrvizketés, ekcéma, csalánkiütés a leggyakoribb. Ezeken felül tapasztalható még esetenként a száj-, garat-, toroknyálkahártya viszketése, megduzzadása, zsibbadása, légúti duzzanat, nehézlégzés, angioödéma, fejfájás, ájulás, anafilaxiás sokk, mely azonnali beavatkozást igényel.



## Az ételallergia tüneteinek oka

Az étel elfogyasztása után az allergiás reakciók az immunrendszer által mediált folyamatok révén jönnek létre. Az étel allergiák lehetnek IgE mediálta és nem IgE mediálta immunreakciók. Az IgE mediált reakció esetén B limfocita aktiváció történik, majd ezekben a sejtekben megindul allergén specifikus IgE termelés. Újabb allergén expozíció esetén az allergén specifikus IgE-allergén kötés hatására a hízósejt degranuláció történik (hisztamin, citokinek) és a felszabadult mediátorok felelősek az allergén tünetekért. Nem IgE mediált reakciók közé a citotoxikus reakció, az immunkomplex elváltozások és a T-sejt reakciók tartoznak. Ezen típusú allergiás reakciók diagnosztikája sokkal nehezebb, gyakran csak az allergén elimináció, majd visszaterhelés alapján mondható ki az allergia diagnózisa. Az egyéb atópiás betegségekben szenvedők között magasabb az ételallergiák előfordulása. Az ételallergiára való hajlam öröklődik: ha mindkét szülő atópiás betegségben szenved, közel 60% a gyermek esélye az ételallergia kialakulására. Kapcsolatot lehet kimutatni az allergiás reakciók és a különböző citokineket (pl. IL-4) kódoló génszakaszok között.

## Az ételallergia diagnosztikája

A diagnosztikus folyamat első lépése mindenképpen egy szakorvosi konzílium, melynek során a kórelőzmény és tünetek átbeszélése történik (milyen tünetek, mikor lépnek fel, mely ételek „gyanúsíthatók”, milyen a lefolyás, stb.). Az étkezési napló vezetése hasznos támpont. Fontos más betegségek kizárása, mint például étel intolerancia, hisztamin intolerancia, autoimmun állapotok. A következő lépés a gyanított ételallergia laboratóriumi módszerekkel történő kivizsgálása. Ennek keretében vérvételt követően össz IgE és allergén specifikus immunglobulinok (főként IgE, esetleg IgG is) meghatározása indokolt. Az azonnali allergiás reakció kimutatására alkalmazzák a bőrtesztet (Prick teszt), ennek során az alkar bőrére allergént tartalmazó oldatot cseppentenek, majd a bőrt tüvel megkarcolva az allergént bejuttatják a bőr felső részébe, és a kialakuló allergiás reakciót (bőrpír, ödéma, viszketés) vizsgálják. Az allergének felvitele után 15-30 perccel leolvasható az eredmény. A Prick teszt háttérében a következő áll: a felvitt







allergének reagálnak az esetlegesen jelenlévő allergén specifikus IgE antitestekkel, így hisztamin felszabadulást okoznak, és ez felelős a bőrreakciókért. A teszt során negatív (fiziológiás sóoldat) és pozitív kontrollt (hisztamin) is visznek fel a bőrre. Fontos, hogy a bőrteszt előtt néhány nappal abba kell hagyni az immunrendszert befolyásoló gyógyszerek szedését, mint például antihisztamin, szteroidok.

A nem IgE mediált ételallergia diagnózisához hasznos a limfocita migráció gátlás vizsgálata allergén jelenlétében. Ennek során vért vesznek a páciensből, a vérből izolálják a leukocitákat, majd a vizsgálandó allergén jelenlétében inkubálják őket és adott idő elteltével a vizsgálják a migrációs kapacitásukat. Pozitív a reakció, ha a kontroll körülményekhez képest az allergén jelenlétében csökkent migrációs képesség tapasztalható. Mindezek mellett fontos a visszaterheléses vizsgálat is, melynek során a diétát követően a tünetmentes egyénnél újra bevezetésre kerül az allergén. Ételallergia vizsgálat esetén ritkán alkalmazásra kerül az epicután teszt, mely késői típusú allergiás reakció kimutatása szolgál: a páciens hátára felragasztott allergéneket tartalmazó tapaszok levétele után a bőrreakciók megfigyelése történik.

### Az ételallergia kezelése, prognóza

A kezelés első lépése minden esetben a fajidegen allergén teljes eliminációja az étrendből (nyomokban se tartalmazzon a táplálék az allergén fehérjéből). Gyakran van szükség a tünetek gyógyszeres kezelésére is: például a súlyos ekcémás bőrt érdemes szteroidos kenőccsel kenni a bőrtünetek elmúlásáig, valamint lényeges a bőr megfelelő hidratálása is. A csalánkiütés megszüntetésére alkalmazható antihisztamint tartalmazó készítmény, míg a gyomor reflux csökkenthető gyomorsav szekréciót blokkoló gyógyszerekkel. Az anafilaxiás sokk, mint életet veszélyeztető állapot, természetesen azonnali orvosi beavatkozást igényel többek között kalcium, adrenalin és szteroid alkalmazásával, valamint keringéstámogatás és megfelelő oxigenizáció biztosításával. A probiotikumok alkalmazásáról megoszlanak a vélemények:

a gyulladásszerű immunválasz modulálásában és a bél barrier funkciójának visszaállításában hasznosnak találják, de az allergia megelőzésben nagyobb szerepet tulajdonítanak az alkalmazásának.

SZÉCHENYI 2020



MAGYARORSZÁG  
KORMÁNYA

Európai Unió  
Európai Szociális  
Alap



BEFEKTETÉS A JÖVŐBE



Az egyes allergiás betegek nem egyforma mértékben szenzitívek az adott allergénre. Minél korábbi életkorban jelentkeznek a tünetek, annál elhúzódóbb a betegség lefolyása. Gyermekkorban főként a tojás, a tej és a szója a leggyakoribb allergén, míg felnőtteknél az olajos magvakra és a tengeri halakra-rákfélékre adott reakciók a leggyakoribbak. Megfelelően tartott diéta esetén a gyermekkorban jelentkező ételallergiák egy része (pl. tejfehérje allergia) viszont „kinőhető”.

## Tejfehérje allergia

Tejfehérje allergia esetén tehéntej vagy tejtermék fogyasztását követően a beteg nem várt allergiás tüneteket produkál. A tünetek a tejfogyasztás mellőzésekor megszűnnek, majd újbóli tejfogyasztás esetén ismét észlelhetők. Gyermekkorban általában a tejfehérjék az első fajidegen fehérjék, amivel találkozik az ember. A tehéntej legfőbb allergén fehérjéi a kazein, az alfa-laktalbumin és a béta-laktoglobulin. A kecsketej nem fogyasztható tehéntej allergiában, hiszen több mint 90%-ban hasonló fehérjéket tartalmaz, így nagy a keresztreakció valószínűsége.

A tünetek főként gasztointesztinális reakciókat jelentenek: hasmenés, hányás, hasi fájdalom, puffadás, de nagyon gyakran társulnak bőrtünetek (ekcéma) és légúti tünetek (fokozott váladékképződés, köhögés, visszatérő bronchitis) is. Lényeges a diagnózis felállítása során az esetleges laktóz intolerancia elkülönítése a valódi tehéntejfehérje allergiától.

A tejfehérje allergia kezelése a tejfehérje teljes eliminációját jelenti az étrendből; tejtermékek, illetve tejfehérjét tartalmazó élelmiszerek mellőzésével. Még a nyomokban előforduló tejfehérje molekulák is panaszokat okozhatnak. Az alábbi élelmiszerek összetételét feltétlen ellenőrizni kell: felvágottak, margarinok, sütemények, kekszek, chips, kenyér, péksütemények, csokoládé, félkész élelmiszerek, leves- és mártás porok. Keresztallergia veszélye miatt a marhahús fogyasztása sem javasolt. Atópiás hajlamú gyermekeknél az allergiás szenzitizáció lehetősége miatt nem javasolt a tojás, tengeri hal, mogyoró és szója fogyasztása. Gyakran felmerülő kérdés, hogy mivel lehet helyettesíteni a tejet-tejterméket. A növényi tejek, tejszínek: pl. rizstej, mandulatej, esetleg kókusztej, rizstejszín, stb. hasznos a diétában. Emellett lényeges a megfelelő kalciumpótlás: (pezsgő) tabletták, olajos magvak, mák, hüvelyesek fogyasztásával.

SZÉCHENYI 2020



MAGYARORSZÁG  
KORMÁNYA

Európai Unió  
Európai Szociális  
Alap



BEFEKTETÉS A JÖVŐBE



Csecsemőkori tejfehérje allergia: szoptatott baba esetén az anya tejmentes diétája javasolt (az anya tejfogyasztása esetén ugyanis az intakt tehéntejfehérje molekulák 0,5-32 ng/l-es koncentrációban kimutathatók az anyatejből). Tápszeres táplálás során az extrém módon hidrolizált tápszerek, aminosav alapú tápszerek megoldást jelentenek a diétában.

Prognózis, kezelés: a csecsemőknél – főként fél éves kor alatt – fokozott a hajlam az ételallergia kialakulására (még elégtelen bél barrier funkció, inkomplett emésztés). Így a tehéntej allergia megelőzés lehetőségeit számba kell venni az atópiás szülők magas rizikójú csecsemőinél: a tehéntej fehérjék, és egyéb fajidegen fehérjék (pl. tojás, szója) minél későbbi bevezetése az étrendbe (mindenképp 1 éves kor felett). A probiotikumok adása segíti a normál immunválasz kialakulását, erősíti a bél barrier funkciójának tökéletesedését. A tehéntejfehérje allergia „kinőhető”: körülbelül 85%-ban 3 éves korra megszűnik megfelelő diéta tartása esetén. Minél kisebb életkorban jelentkezik, illetve ha más ételallergiával is társul, akkor rosszabb a prognózis, elhúzódóbb betegségre lehet számítani. A szigorúan betartott diéta (még nyomokban sincs tejtermékek fogyasztása) hamarabbi javulást eredményez.

## Tojásallergia

Főként gyermekkorra jellemző ételallergia. A tehéntejfehérje mellett a másik leggyakoribb allergén. A tünetek megegyeznek az ételallergiánál felsoroltakkal. Allergiás tüneteket válthat ki csak a fehérje vagy csak a sárgája fogyasztása, de akár mindkettő is. Főbb allergén fehérjék a tojásfehérjében az ovomucoid, az ovalbumin, az ovotranszferrin és a lizozim; míg a tojássárgájában az apovitillin (vitellin). Fontos, hogy a tojásallergiásoknál is lehet keresztallergia a szárnyas hússal, tollal. Kezelésként csak az eliminációs diéta jöhet szóba: a tojás teljes elhagyása az étrendből – tilosak többek között a tojással készülő sütemények, tészták, a majonéz. Bizonyos védőoltások is okozhatnak tüneteket, mert az oltóanyag elkészítéséhez tojást használnak: ilyen az influenzaoltás, a MMR (kanyaró-mumpsz-rubeola), illetve a lizozim tartalmú szemcseppek is ellenjavalltak. Tojáspótlási lehetőségek a kukoricakeményítő, csicseriborsó liszt, tojáspótló por alkalmazása.

## Szójaallergia



A hüvelyesek közül a földimogyoró mellett a legjelentősebb allergén a szója. Az utóbbi években egyre nő a szójaallergiások száma a fokozottabb felhasználásnak köszönhetően. A szója főbb allergizáló fehérjéi a glicinin, a  $\beta$ -conglycinin, illetve a tripszin-inhibitor. Gyermekekben gyakori allergén, de szigorú diétával 3-5 éves korra „kinőhető” az allergia. Keresztallergia lehet földimogyoróra, egyéb hüvelyesekre. A diéta során teljes szójaelimináció szükséges – fokozottan vigyázni kell a rejtett szójaforrásokra is pl. felvágottak-májások, édesipari termékek (a szójalecitin gyakori emulgeálószer), készétel porok esetén. Korábban a tejfehérje allergiás csecsemőknél szója alapú tápszereket alkalmaztak, azonban a nagyarányú szójaallergia miatt ez ma már visszaszorult.

### Földimogyoró allergia

A pillangósvirágúak közé tartozó növény termése az egyik legjelentősebb allergén, és ez a leggyakoribb IgE típusú (azonnali) reakciót okozó allergén is. Számos esetben olyan fokú allergia alakul ki a földimogyoróval szemben, hogy az anafilaxiás sokkhoz vezet. A földimogyoró allergiára jellemző, hogy egész életen keresztül fennmarad. Több mint 10 allergén fehérjét írtak már le a földimogyoró allergia okaként. A diéta az egyetlen megoldás – nehézsége, hogy nagyon sok élelmiszer kontaminálódik a gyártás során földimogyoróval.

### Allergia olajos magvakra

Az egyik leggyakoribb allergia felnőttkorban. Nem jellemző, hogy „kinőhető”. Fontos, hogy elkülönítendő a földimogyoró allergiától, az allergizáló termékek a mogyoró, dió, brazil dió (paradió), kesudió, mandula, gesztenye, makadámdió, pisztácia. Ritka, hogy az allergiás személy csak egyféle olajos magra reagál a felsoroltakból. Számos édesipari készítmény alkotói (nutella, marcipán, müzli, péksütemények, stb.), így a diéta során fokozottan kell ügyelni az összetevők ellenőrzésére.

### Búzaallergia

Nem összekeverendő a lisztérzékenységgel, ami egy autoimmun ételintolerancia. Ritka allergia, körülbelül a populáció 0,5 %-nál mutatható ki, főként felnőttkorban.

Legfőbb allergizáló fehérjék a búza  $\alpha$ -amiláz inhibitor,



tripszin inhibitor és gliadin fehérjék. A búzaallergiások egy része keresztallergiát mutat más gabonafélékre is (rozs, árpa, zab). A gluténmentes diéta nem mindig elegendő, az élelmiszereken a „búzamentes (wheat-free)” megjelölést kell keresni, ugyanis a gluténmentes termékek egy része tartalmaz gluténmentes búzakeményítőt. A diétában a búzát más gabonafélékkel kell helyettesíteni a kiegyensúlyozott

táplálkozás érdekében, mint például a rizs, hajdina, kukorica, amaránt, burgonya, borsó, köles és tápióka.

### **Tengeri hal-tenger gyümölcsei allergia**

Főként felnőttkorban, tengerparti országokban élőknel jellemző. Heterogén allergiatípus, hiszen számos különböző tengeri állat okozhatja. Allergén szempontból a nyers hal a legveszélyesebb (sushi!). Enyhe allergiás esetben hőkezelt hal kellő óvatossággal fogyasztható. Azonnali allergiás reakciót mutató egyéneknél gyakori az anafilaxiás sokk, ők a belégzéssel bejutó minimális allergénre is gyakran reagálnak (pl. főzéskor inhalált pára). Gyerekeknek 3 éves korig nem javasolt tenger gyümölcseinek fogyasztása.

### **Keresztallergia**

Egyes molekulák képesek „leutánozni”, mimikálni más allergéneket, illetve allergén részleteket, így allergiás reakciót provokálnak az emberi szervezetben. A keresztallergia hátterében a hasonló kémiai szerkezet áll. Érzékenyített esetben (allergiás egyén) gyakori a keresztreakció, hiszen az immunrendszer aktivált állapotban van. A leggyakoribb példa a keresztallergiára a parlagfű és a görögdinnye közti reakció. Nem csak pollen-étel keresztallergia van, hanem pl. a latex allergiások is mutathatnak étel-keresztreakciót (gesztenye, banán, spenót, avokádó, kivi).

### **Irodalomjegyzék**

Olivier CE. Food allergy. Allergy & Therapy, 2013.





Wang J & Sampson HA. Food allergy: recent advances in pathophysiology and treatment. *Allergy Asthma and Immunology Research*, 2009.

Skripak JM et al. The natural history of IgE-mediated cow's milk allergy. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 2007.

Savage JH et al. The natural history of egg allergy. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 2007.

Savage JH et al. The natural history of soy allergy. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 2010.

Skolnick HS et al. The natural history of peanut allergy. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 2001.

Fleischer DM et al. The natural history of tree nut allergy. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 2005.

Greer FR et al. Effects of early nutritional interventions on the development of atopic disease in infants and children: the role of maternal dietary restriction, breastfeeding, timing of introduction of complementary foods and hydrolyzed formulas. *Pediatrics*, 2008.

Nowak-Wegrzyn A & Sampson HA. Future therapies for food allergies. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 2011.

Strobel S & Mowat AM. Oral tolerance and allergic responses to food. *Current Opinion in Allergy and Clinical Immunology*, 2006





TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0047

Hill DJ et al. The diagnostic value of skin prick testing in children with food allergy. *Pediatric Allergy and Immunology*, 2004.

Bohle B. The impact of pollen-related food allergens on pollen allergy. *Allergy*, 2007.

<http://www.foodallergy.org/home>

<http://www.niaid.nih.gov/topics/foodallergy/Pages/default.aspx>

<http://www.hc-sc.gc.ca/fn-an/securit/allerg/index-eng.php>





## 2.4. Speciális táplálkozási igényű patológiás állapotok: Ételintoleranciák

Ételintolerancia esetén az adott egyén nem tudja feldolgozni az elfogyasztott táplálékot, így az étkezéssel összefüggésben kellemetlen, heves – főként emésztőrendszeri - tünetek alakulnak ki. Oka lehet például: enzimhiány (pl. laktóz intolerancia), abszorpciós zavar (fruktóz malabszorpció), farmakológiai hatás (szalicilátok, benzoésav, hisztamin), immunrendszer kóros válasza (nem IgE-mediált). A tünetek megjelenése és súlyossága általában dózis- és egyénfüggő: például a laktóz intoleráns páciensek egy része még gond nélkül tolerálja a joghurtot, (lágysajt)ot, míg másoknak néhány ml tej is komoly gondot okoz. A tünetek megjelenése általában nem azonnali, mint az ételallergiánál, számos esetben 12-48 órával az étkezést követően kezdődik. Gyakran több különféle tünet lép fel egyszerre, ez is nehezíti a diagnózis felállítását.

### Az ételintolerancia tünetei

Az ételintolerancia tünetei között találunk bőrtüneteket (csalánkiütés, bőrpír, viszketés), emésztőrendszeri tüneteket (hányinger, hányás, hasmenés, hasi görcsök, has puffadás), légzőszervi tüneteket (tartós köhögés, asztmás légzés, hörghurut) és egyéb, az előző kategóriákba nem besorolható tüneteket is (fejfájás, migrén, idegesség, ingerlékenység, szívdobogás érzés, ízületi fájdalmak, álmatlanság).

### Ételintolerancia – diagnosztika, kezelés

Az ételintoleranciák diagnosztikája nem egyszerű, ugyanis az ételintolerancia heterogén betegségcsoport akár a kiváltó okot nézzük, akár a manifesztálódó tünetek sokszínűségét. Első lépésként szakorvosi konzultáció és étkezési napló vezetése szükséges. Az esetleges enzimhiányból adódó intolerancia szűrhető az enzimaktivitás vagy a megváltozott anyagcsereút metabolitjainak meghatározásával. Az eliminációs diéta hatékony az ételintoleranciát okozó élelmiszerek kiszűréséhez: 2-4 hetes időtartam során a gyanítottan intoleranciát okozó étel(ek)e)t teljesen ki kell iktatni az étrendből. Terhesség alatt nem javasolt az

SZÉCHENYI 2020



MAGYARORSZÁG  
KORMÁNYA

Európai Unió  
Európai Szociális  
Alap



BEFEKTETÉS A JÖVŐBE



eliminációs diéta alkalmazása. A visszaterhelést csak fokozatosan, tünetmentes állapotban ajánlott elvégezni. Az ételintolerancia kezelésére igazolt enzimhiány fennállásakor esetenként lehetőség van enzimpótlásra (pl. laktóz intolerancia), egyéb ételintolerancia esetén viszont csak az adverz reakciót okozó élelmiszer étrendből való teljes kiiktatása hoz javulást.

### Laktóz intolerancia/laktáz deficiencia

Oka a tejcukrot hasító enzim hiánya vagy csökkent mennyisége. Így a laktóz nem tud glükózra és galaktózra hidrolizálni, és felszívódni a vékonybélből. A bélben maradt laktózt fermentálják a vastagbél baktériumai, így gázok (CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>) és rövid szénláncú savak (pl. tejsav) keletkeznek. Fokozott gázképződés, hasi görcsök, puffadás, hasmenés, esetleg hányás tartoznak a főbb tünetek közé. A laktóz intolerancia mértéke változó az emberek között: számosan képesek még 2 dl tej laktóz tartalmát is tolerálni, míg mások csak fermentált tejtermékeket képesek tünetek nélkül fogyasztani. Teljes enzimhiány csak nagyon ritkán fordul elő. Magyarországon a laktóz intolerancia gyakorisága ~20-30%. A skandináv országok lakói zömmel laktóz toleránsak, míg az ázsiaiak és a közép-afrikaiak nagyrészt laktóz intoleránsak.

A laktóz intolerancia három nagyobb csoportját különíthetjük el:

- 1, primer laktózérzékenység: csecsemőkor után (2 év felett) bármely életkorban előfordulhat. Genetikailag meghatározott, hiszen az intolerancia kialakulásában a laktáz gén szabályozó régiójában elhelyezkedő LCT-13910 C/T génpolimorfizmus játszik szerepet. Főként azoknál alakul ki, akik tejterméket nem fogyasztó társadalmakban nőnek fel (számos ázsiai és afrikai ország).
- 2, Másodlagos laktózérzékenység: más betegség által előidézett laktózérzékenység, mely például akut bélfertőzések, gyulladós bélbetegségek és lisztérzékenység esetén gyakori. Ilyenkor a gyógyulásig (bélbolyhok regenerálódásáig) laktózmentes diétát kell tartani.
- 3, Veleszületett laktáz-elégtelenség: extrém ritka genetikai rendellenesség, mely megakadályozza a laktáz enzim termelését. Már a születéskor jelentkezik, a csecsemő nem képes az anyatej emésztésére sem. Ha nem diagnosztizálják a csecsemőkor korai szakaszában, komoly növekedési-fejlődési elmaradás alakul ki (a 20. század előtt ezek a csecsemők ritkán maradtak életben).





## A laktáz gén kifejeződésének szabályozása

A laktáz gén promóter régiójában található polimorfizmusok meghatározzák a laktáz enzim kifejeződését. A legfontosabb polimorfizmus a -13910-es SNP. A -13910-es SNP-t tartalmazó promóter régió enhancer aktivitást mutat. T variáns: erős enhancer aktivitás, C variáns: gyenge enhancer aktivitás. CC genotípus esetén alacsony laktáz mRNS- és fehérjemennyiség detektálható.

## Laktóz intolerancia diagnosztikai lehetőségei

1, Genetikai vizsgálat: LCT-13910 C/T génpolimorfizmus vizsgálata. Azok az egyének, akik ezen a polimorf helyen T/T vagy C/T allélokkal rendelkeznek, laktóz toleránsak, míg a C/C allélokkal rendelkezők tejcukor érzékenyek lesznek az életkor előre haladtával. A polimorfizmus kimutatására általánosan használt technikák: RFLP (restrikciós fragment hossz polimorfizmus), allél-specifikus (Q)PCR, szekvenálás.

2, Széklet savasságának vizsgálata: a laktózt bontani nem képes ember vastagbelében a bakteriális fermentáció hatására rövid szénláncú szerves savak keletkeznek, így a széklet pH-ja lecsökken. Kevésbé gyakori vizsgálat, főként csecsemők/kisgyerekeknél lehet használatos. 3, Hidrogén kilégzési teszt: a leggyakoribb vizsgálat, hiszen nem invazív, olcsó és gyors. Éhgyomorra meghatározott mennyiségű laktózt tartalmazó oldat megivását követően rendszeres időközönként vizsgálják a kilégzett levegő H<sub>2</sub> gáz tartalmát (ez normál esetben nagyon alacsony). Differenciál diagnózishoz laktulóz tesztet is végeznek a beteggel, hogy kizárható legyen a vékonybél bakteriális fertőzéséből adódó álpozitív eredmény.

4, Vércukorszint meghatározás: éhgyomorra laktóz tartalmú oldatot kell elfogyasztani, majd rendszeres időközönként meghatározzák a vércukorszintet. Normál esetben ez növekedést mutat, hiszen a laktóz bontásból származó glükóz megemeli a vércukorszintet.

## Lisztérzékenység (cöliákia)

Egyéb megnevezései: glutén-szenzitív enteropátia, nem trópusi sprue.

Autoimmun megbetegedés, melyet a glutén tartalmú élelmiszerek fogyasztása vált ki az arra érzékeny, genetikai hajlammal rendelkező embereknél. A glutén a búzában, rozsbán, árpában található sikkó, azaz tartalék fehérje. A betegség részben genetikai meghatározottságú, ugyanis a legtöbb

SZÉCHENYI 2020



MAGYARORSZÁG  
KORMÁNYA

Európai Unió  
Európai Szociális  
Alap



BEFEKTETÉS A JÖVŐBE



érintett a leukocita antigének (HLA) DQ2 vagy DQ8 allélját hordozzák, a genetikai hajlam azonban nem elégséges a betegség kialakulásához. Bármely életkorban kialakulhat. A lisztérzékenység kezelése csak gluténmentes diétával lehetséges. Helyesen tartott diéta esetén leáll az autoimmun folyamat és regenerálódnak a bélbolyhok. Nem kezelt vagy diétát nem tartó pácienseknél viszont vitaminhiány, felszívódási zavarok figyelhetők meg, és körülbelül 10%-ban rosszindulatú daganatok kialakulására van esély.

### A lisztérzékenység tünetei

A lisztérzékenység tünetei két nagyobb csoportba sorolhatók. A gasztrointesztinális tünetek közé tartoznak a következők: nagy mennyiségű, kellemetlen szagú, világos színű hasmenés (zsírszékelés), de lehet tünet akár a krónikus székrekedés is, esetleg hányás; hasi görcsök, fájdalom, puffadás – „pókhas”. A többi tünetet a malabszorpció (felszívódási zavar) okozza: táp-, ásványi anyagok és vitaminok felszívása zavart szenved a károsodott vékonybélben. Fáradékonyság, fogyás, gyermekkorban súly- és magasságbeli visszamaradás jellemző. Vérszegénység alakulhat ki a vas-, folsav- és B12 vitamin csökkent felszívódása miatt. Kalcium- és D-vitamin hiány következtében csontritkulás is létrejöhét, csökkenhet a csont ásványi anyag tartalma, valamint vérékenység is felléphet a K vitaminhiányból adódóan. Egyéb, kevert tüneteket, mint hólyagos bőrkiütést (dermatitis herpetiformis), IgA deficienciát, hormonális problémákat (megkésett pubertás, krónikus vetélés/koraszülés) és ismeretlen eredetű májenzim-emelkedést is tapasztalhatunk.

A cöliákia társulhat egyéb autoimmun megbetegedéssel, mint pl. I-es típusú diabetes mellitus, Hashimoto thyreoiditis. Gyakori a betegek körében a laktóz intolerancia a bélbolyhok atrófiája miatt. A lisztérzékenység (főként nem tartott diéta esetén) növeli a vékonybélből kiinduló adenokarcinóma, limfóma és más non-Hodgkin limfóma előfordulásának gyakoriságát.

### A cöliákia oka

A betegség kiváltója a búzában, rozsban, árpában (zabban) található prolaminok. Ezen tartalék tápanyagként szolgáló fehérjék magas prolin és glutamin tartalommal rendelkeznek, ez fontos momentum a lisztérzékenység patomechanizmusában. A cöliákiát kiváltó fehérjék: a gliadin (búza; a glutén alkoholban oldódó komponense), secalin (rozs), hordein (árpa). Feltehetően a zab fehérje (avenin) is reakciót okoz a lisztérzékenyek egy részében. A cöliákia

SZÉCHENYI 2020



MAGYARORSZÁG  
KORMÁNYA

Európai Unió  
Európai Szociális  
Alap



BEFÉKTETÉS A JÖVŐBE



előfordulása átlagosan 1:100, bár a kutatók ennél nagyobb arányt prognosztizálnak, a nők körében magasabb az előfordulás valószínűsége. A betegség kialakulásának genetikai alapja van, ez azonban nem elégséges a betegség kialakulásához: egyéb tényezők szerepét valószínűsítik, mint pl. fertőzések (adenovírus 12) vagy túl korai glutén-, illetve tehéntej tartalmú ételek bevezetése (4 hónapos kor előtt). A diagnosztizált, klasszikus tüneteket mutató lisztérzékenység csak a „jéghegy csúcsa”, ennél körülbelül 10-szer több a nem specifikus tüneteket mutató, illetve a panaszmentes (silent) cöliákiasok száma. Ezen eseteknél hiába tünetmentes a páciens, az autoantitest titer emelkedett, illetve a szövettani eredmény már eltérést mutat. A harmadik betegcsoport a lappangó (látens) lisztérzékenyek csoportja, akik hordozzák a genetikai hajlamot a betegség kialakulására, de még normál a szövettan és nincs autoantitest a plazmában. Később, egy kiváltó ok hatására manifesztálódhat a betegség. A betegség genetikai okát boncolva megállapíthatjuk, hogy a lisztérzékeny emberek (ritka kivételektől eltekintve) a HLA antigének (fő hisztokompatibilitási antigének) DQ2 vagy DQ8 szerotípusával rendelkeznek. A DQ2 típus - mely a cöliákiasok ~95 %-ában megtalálható - gyakori Nyugat-Európában, Észak- és Kelet-Afrikában, míg Kelet-Ázsiában igen ritka. Ezzel összhangban például Spanyolországban, Írországban, Finnországban gyakoribb a lisztérzékenység, míg Japánban alig fordul elő. Sokáig kérdéses volt, hogy miért/hogyan kötődnek a glutén peptidek a HLA DQ2 vagy DQ8 heterodimerekhez. A strukturális vizsgálatok alapján ezen HLA fehérjék alkalmasak a prolinban gazdag glutén peptidek megkötésére, melyeket a szöveti transzglutamináz enzimek dezaminálással negatív töltésűvé alakítottak, így tökéletesen beillenek a HLA DQ2/8 peptidkötő zsebébe.

### Lisztérzékenység (cöliákia) patomechanizmusa

A részlegesen emésztett, magas prolin és glutamin tartalmú glutén peptideket a szöveti transzglutamináz enzimek dezaminálják. Így a glutamin-glutaminsav átalakulás révén negatív töltésű vált glutén peptidek keletkeznek. A HLA-DQ2 vagy DQ8 heterodimereket expresszáló APC-k (antigén prezentáló sejtek) képesek kötni az átalakított, negatív töltésű glutén peptideket, és így aktiválják a CD4<sup>+</sup> helper T sejteket. Az aktivált CD4<sup>+</sup> T sejtek interferon- $\gamma$ -t szekretálnak, ez lényeges szereppel bír a vékonybél nyálkahártyájának degradációjában.

A CD4<sup>+</sup> T limfociták plazmasejt aktivációja felelős a plazmából is detektálható autoantitestek megjelenéséért.



## Lisztérzékenység (cöliákia) diagnosztikája

Szerológiai vizsgálatok során a vérplazmából autoantitestek vizsgálata történik. A legnagyobb szelektivitású és specifitású teszt a **szöveti transzglutamináz (tTG) autoantitest (IgA)** vizsgálata. Az esetleges szelektív IgA hiány miatt meghatározzák a tTG-IgG szintet is. Az endomysium elleni antitest meghatározása kevésbé szenzitív, de még ma is gyakran alkalmazott vizsgálat. Családi anamnézis, genetikai szűrés fontos az elsőfokú rokonok körében, hiszen a lisztérzékenységre való hajlam öröklődhet. A genetikai hajlam szűrhető: szájnyalkahártya törletből vagy alvadásgátolt vérből DNS izolálást követően HLA genotipizálás történik. A HLA-DQ2 vagy DQ8 pozitívítás hajlamot jelent a betegségre. Szövetteni mintavétel és elemzés is szükséges, hiszen a megbízható diagnózis egyik alappillére a gasztroszkópia során vett mély duodenum biopszia szövetteni elemzése. Súlyos esetben már az endoszkópos kép is felveti a cöliákia lehetőségét. A vékonybél biopszia vizsgálata során a cöliákia szövetteni elváltozásainak jellemzésére a Marsh klasszifikációt használják. Marsh 0 kategóriába a normál vékonybél nyálkahártyát soroljuk, Marsh 1 esetén a boholystruktúra normál, de emelkedett az intraepitheliális limfocitaszám (IEL, >20/100 enterocytá). Marsh 2 szövettenél Lieberkühn kripta hyperplasia figyelhető meg az IEL növekedés mellett, míg a Marsh 3 stádiumok esetén valamilyen fokú boholyatrófia is társul a az előzőekhez. A Marsh 3A parciális boholyatrófiát, a 3B subtotális boholyatrófiát, míg a 3C totális boholyatrófiát jelent. A Marsh 4 stádium a legkomolyabb elváltozást takarja, ugyanis a totális boholyatrófia mellett a kripták is összeesettek.

## A lisztérzékenység kezelése

A lisztérzékenység mai tudásunk szerint csak az élethossziglan tartott, szigorú gluténmentes diétával kezelhető, búza, rozs és árpa fogyasztása tilos. Gluténmentes az az élelmiszer, mely: természetesen nem tartalmaz glutén tartalmú összetevőt, vagy gluténtartalma 20 mg/kg alatti. A gluténmentes élelmiszerek szabályos jelzése az áthúzott búzakarász. Fogyasztható gabonák: rizs, köles, hajdina, amaránt, kukorica, quinoa, cirok. A zab fogyasztása nem javasolt, hiszen egyrészt a zab fehérjéjére, az aveninre is reagál a lisztérzékenyek egy része, másrészt a zab szinte mindig szennyezett gluténmentes gabonával. A tejtermékek fogyaszthatóak, de ellenőrizni kell a joghurtok, tejföl, tejszín esetleges gluténtartalmú összetevőit. A zöldség- és gyümölcsfélék nyersen bátran fogyaszthatók, a fagyasztott és a konzerv termékekre kell figyelni. Húsfélék közül a







színhúsok ehetőek, a felvágottak, húskészítmények egy része viszont glutént tartalmaz! A halak is gluténmentesek, kivéve a fagyasztott-panírozott termékeket.

### **Fruktóz malabszorpció (fruktóz felszívódási zavara)**

Oka a vékonybél hámsejtjeinek felszínén lévő fruktóz transzporter (carrier) deficienciája. Így az elfogyasztott fruktóz nem szívódik fel teljesen a vékonybeleből, a vastagbélbe jut, ahol erjedésnek indul. Tünetek: fokozott gázképződés, hasi görcsök, puffadás, hasmenés, fejfájás, levertség. A betegség nagyban hasonlít a laktóz intoleranciához, illetve a tünetek részben megegyeznek az irritábilis bél szindróma (IBS) tüneteivel. Diagnózis: hidrogén kilégzés teszt fruktóz fogyasztást követően (analóg módon, mint a laktóz intolerancia diagnosztika esetén).

Kezelés: a magas fruktóz tartalmú gyümölcsök (alma, körte, dinnye), méz, hozzáadott cukrot tartalmazó ételek kerülése ajánlott. Xilóz-izomeráz enzimet tartalmazó gyógyszer fogyasztása javíthatja a felszívódási zavart, mert a xilóz-izomeráz a fruktózt glükózzá alakítja, mely már fel tud szívódni.

### **Veleszületett fruktóz intolerancia**

Oka a fruktóz-1-foszfát-aldoláz B enzim deficienciája, így a fruktóz nem tud metabolizálódni, a fruktóz-1-foszfát intermedier felhalmozódik a sejtekben, és a foszfát csoport „csapdázódása” miatt sejtkárosodás történik. Tünetek: hányás, hasmenés, verejtékezés, levertség, alacsony vércukorszint, sárgaság, májmegnagyobbodás, vérzékenység. A diagnózis alapja a májbiopszia (csökkent aldoláz B enzimaktivitás) vagy a fruktózterhelés (kevésbé használt módszer) eredménye. Kezelés egyetlen módja a fruktózbeviteli tilalom. Szigorúan tartott diéta esetén a beteg életkilátásai azonosak az egészséges emberekével.

### **Hisztamin intolerancia**

Oka a hisztamin lebontásában szerepet játszó enzim, a diamino-oxidáz csökkent mértékű termelődése. Hisztamin tartalmú élelmiszerek fogyasztását követően allergiás







tünetek lépnek fel: viszketés, arckipirulás, ödéma (főként a szem – száj körül), kiütések, hasi fájdalom, hasmenés, hányás, fejfájás, migrén, vérnyomás ingadozás. Nehéz felismerni, hiszen számos különböző élelmiszer fogyasztásakor léphet fel sokféle klinikai tünet. A diagnózishoz a páciens szérumból diamino-oxidáz aktivitás meghatározása szükséges. A következő ételeket kell figyelembe venni hisztamin intolerancia esetén: érlelt sajtok, vörösborok, savanyú káposzta, kovászos uborka, csokoládé, kakaó, paradicsom, eper, avokádó, belsőségek, kolbász, füstölt húsáru.

### Irodalomjegyzék

Ortolani & Pastorello. Food allergies and food intolerances. Best Practice & Research Clinical Gastroenterology, 2006.

David TJ. Adverse reactions and intolerance to foods. British Medical Bulletins, 2000.

Teuber SS & Porch-Curren C. Unproved diagnostic and therapeutic approaches to food allergy and intolerance. Current Opinion in Allergy and Clinical Immunology, 2003.

Woods RK et al. Reported food intolerance and respiratory symptoms in young adults. European Respiratory Journal, 1998.

Heyman MB. Lactose intolerance in infants, children and adolescents. Pediatrics, 2006.

Troelsen JT. Adult-type hypolactasia and regulation of lactase expression. BBA, 2005.

Naluai AT et al. Searching for genes influencing a complex disease: the case of celiac disease. European Journal of Human Genetics, 2008.





TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0047

McGough N & Cummings JH. Coeliac disease: a diverse clinical syndrome caused by intolerance of wheat, barley and rye. Proceedings of the Nutrition Society, 2005.

Kagnoff MF. Celiac disease: Pathogenesis of a model immunogenetic disease. The Journal of Clinical Investigation, 2007.

Komericki P et al. Oral xylose isomerase decreases both hydrogen excretion and improves gastrointestinal symptoms in fructose malabsorption – a double blind, placebo-controlled study. Alimentary Pharmacology & Therapeutics, 2012.

Latulippe & Skoog. Fructose malabsorption and intolerance: effects of fructose with and without simultaneous glucose ingestion. Critical Review in Food Science and Nutrition, 2011.

Maintz L & Novak N. Histamine and histamine intolerance. The American Journal of Clinical Nutrition, 2007.





### 3. Mikrobaközösségek az élelmiszereinkben és a testünkben

Amíg az előző előadások elsősorban biokémiai szempontból foglalkoztak Hippokratész megállapításával, ez a fejezet a mikrobiológia eredményeinek tükrében vizsgálja, kik is vagyunk mi, emberek, és mi az, amit megesszünk. Az emberiség és a mikrobiális életformák szoros és rendkívül sokrétű kapcsolata a táplálkozásunkkal összefüggésben is egyre nyilvánvalóbbá válik. A hétköznapokban talán bele sem gondolunk, hogy külső és belső környezetünk szinte minden zugában jelen vannak a mikrobák. Nem csak táplálékainkban, de a belélegzett levegőtől kezdve használati tárgyainkon át egészen testünk valamennyi felszínéig mindenhol jellegzetes, ugyanakkor dinamikusan változó mikrobiális életközösségeket (mikrobiomokat, vagy mikrobiótákat) találunk. E közösségek működését számtalan külső és belső tényező befolyásolja, és egymásra is hatással vannak: óhatatlanul kölcsönösen megosztjuk őket lakó- és munkahelyi környezetünkkel, családtagjainkkal, sőt háziállatainkkal is.

A következőkben először a táplálkozástudományi szempontból jelentős mikrobák hatását vizsgáljuk meg. A fejezet második részében a humán mikrobiom szerkezetét és funkcióját tekintjük át nagy vonalakban, valamint a mikrobiom dinamikájára ható tényezőkről is szó esik majd. A fejezet végén röviden összefoglaljuk azokat az újonnan megjelent high-throughput vizsgálati módszereket, amelyek új lendületet adtak az ember-mikroba kapcsolat korábban sosem sejtett mélységeinek megértéséhez.

#### Mikrobák az élelmiszereinkben

Az emberiség táplálkozásának történetét kezdettől át- meg átszövik a mikrobiális élővilág kedvező és kedvezőtlen megnyilvánulásai. Már vadászó-gyűjtögető eleink is minden bizonnyal gyakran találkoztak táplálékaikban a spontán erjedés, illetve rothadás különféle formáival. Ezek a megfigyelések és tapasztalatok generációról generációra gazdagodva az évezredek során a fermentált élelmiszer-előállítási technikák lenyűgöző változatosságát hívták életre.

Ezek a táplálékfeleségek jobb eltarthatóságuk, illetve kedvezőbb beltartalmuk révén (a mezőgazdaság elterjedésével párhuzamosan) egyenletesebb és jobb minőségű élelmiszerellátást biztosítottak, így nagymértékben hozzájárultak az emberi kultúra felvirágzásához. A



kenyér, a tejtermékek, a savanyított készítmények és alkoholos italok napjainkban is táplálkozásunk alapvető elemei.

A fermentált élelmiszerek készítése az egész világon elterjedt, az emberi étrend átlagosan egyharmad részét adják ilyen termékek. A legelterjedtebb a gyümölcsök, zöldségek, a tej, a húsfélék és halak alapanyagként történő felhasználása, de tulajdonképpen bármilyen, fogyasztásra alkalmas élőlény feldolgozására találhatunk példát. Mi több, a felhasználás sem korlátozódik az emberi fogyasztásra: a szarvasmarhák istállótakarmányának is jelentős részét teszi ki a fermentált szilázs.

Milyen előnyös folyamatok játszódhatnak le a fermentáció során? Az összetett szénhidrátok bomlása révén az alapanyag megpuhul, a részlegesen emésztett makromolekulák pedig számunkra is könnyebben hasznosítható tápanyagot jelentenek. A keletkező aminosavak, zsírsavak és más karbonsavak mellett az élelmiszer íze is gazdagodik. Ugyanakkor a savas pH miatt bekövetkező fehérje koaguláció a termék szilárdulását is eredményezheti. A pH-eltolódás és a mikrobaközösség gyors szaporodása miatt a károsnak tekinthető mikroorganizmusok visszaszorulnak.

A növények többsége (tápláléknövényeink sem kivételek) több-kevesebb antinutriens anyagot állít elő és raktároz el szöveteiben. Ezek a növényevők okozta károk mérséklésére hivatottak, általában keserű ízükkel, vagy enyhe emésztőrendszeri panaszok kiváltásával. Leggyakoribb vegyülettípusok az oxalátok, lektinek, valamint a tanninok. A mikrobaközösség lebontó tevékenysége nyomán lecsökken az antinutriens vegyületek mennyisége ezekben a táplálékfélésekben.

A mikrobiális anyagcsere szintetikus folyamatai révén többek között a különféle karotinoid jellegű antioxidánsok (pl. A-vitamin) mennyisége is megnő, illetve egyéb probiotikus (más mikrobák számára kedvező hatású) anyagokkal gazdagodik a táplálék. A probiotikumok támogatják a fermentációt végző mikrobaközösséget, vagy akár az élelmiszert elfogyasztó egyénnel együtt élő mikrobaközösséget is.

A fermentáció során a legáltalánosabb változás, hogy a kiindulási anyag szénhidrát tartalmát a mikrobák oxigénszegény környezetben rövid szénláncú alkoholokká, illetve kis szénatomszámú szerves savakká alakítják, miközben megszerzik az életfolyamataikhoz szükséges energiát. Az erjedés számos típusával találkozhattunk már korábbi tanulmányaink során (a főtermék alapján: etanolos, butanolos, tejsavas, vajsavas, propionsavas, ecetsavas



stb. erjedés). Ezek alaposan feltárt biokémiai folyamatok, mind az egyes lépésekről, mind az azokhoz szükséges enzimek működéséről viszonylag sok információval rendelkezünk. A legtöbb esetben viszont azt tapasztaljuk, hogy ezen folyamatok közül több is végbe megy, és ezek egy dinamikusan változó összetételű és működésű mikrobaközösség együttműködésével valósulnak meg. Az egyik mikroba csoport tevékenységének eredményeképpen egy másik csoport is hasznosítható tápanyaghoz juthat. A táplálék mikrobiomja, illetve annak anyagcseretermékei hatással vannak a fogyasztó bélflórájára, és magára a gazdaszervezetre is.

Fontos megjegyezni, hogy a mikrobiomon belüli szoros és komplex kölcsönhatások nélkül mindez nem valósulhatna meg. A kapcsolatrendszerek működéséről még nagyon kevés információ áll rendelkezésre. Előfordul, hogy a mikrobaközösség tagjai egy szabad szemmel is látható telepbe (SCOPY = symbiotic colony of bacteria and yeast) szerveződnek. A hétköznapiakban is találkozhatunk ennek példáival: a kombucha nevű fermentált ital tetején úszó amorf „gomba” valójában baktériumok (*Acetobacter sp.*) és élesztőgombák (*Pichia sp.*) szoros együttélése.

Mind egyetlen faj egyedei között, mind fajok között folyamatos kommunikáció zajlik. A quorum sensing során az egyedek különféle kisebb molekulákat (pl. homoszerin-laktonokat) szekretálnak a közegbe, ugyanakkor receptoraikkal folyamatosan érzékelik is ezek koncentrációját. Az egyedsűrűség érzékelése által az egyedek képesek összehangoltan megváltoztatni a metabolizmusukat az együttműködés érdekében.

Genomikai szempontból érdekes megfigyelés, hogy a mikrobióta össz-génkészlete, a metagenom jóval kisebb, mint a közösséget alkotó fajok genomjainak összege. Ennek hátterében a közös milió miatt lezajló konvergens evolúciós folyamatok állnak. Az azonos körülmények miatt a közösség minden tagjának hasonló génkészletre van szüksége, a nem használatos gének pedig fokozatosan elvesznek. A hatékony együttműködésben a kémiai kommunikáció mellett nagyon fontos szerephez jut a mikrobák közötti gyors és hatékony géncsere, mely többféle módon is megvalósulhat (transzfúzió, konjugáció, transzdukció).

## Mikrobák a testünkben – a humán mikrobiom

Az emberi szervezetben minden humán sejtre átlagosan tíz mikroba sejt jut, azaz a sejtek 90-95%-a nem is emberi sejt! Genomi szinten ezekre a mikrobaközösségekre is a



korábbiakban tárgyalt evolúciós erők hatnak, így a humán metagenomot is relatíve kevés, becslések szerint 1-3 millió gén alkotja. Ez még így is sokszorosa az embernek tulajdonított mintegy 25 000 génnek. A későbbiekben látni fogjuk, hogy ezen mikrobák számára testünk nem csak egy kellemes környezetet jelent, hanem nagyon sokrétű kapcsolat valósul meg a mikroba és a gazda között.

A velünk élő mikroorganizmusokkal számunkra előnyös, vagy semleges viszonyt ápolunk, csak kicsiny részük viselkedik opportunistá patogénként. Az utóbbi években széles körben elterjedt újgenerációs szekvenálási technikák révén számos új fajt azonosítottak. Ez arra utal, hogy ezek a konzorciumok egyrészt sokkal fajgazdagabbak annál, mint amit korábban sejtettünk, másrészt ezek hagyományos, kitenyésztéses úton nem vizsgálhatók, mert életképtelenek a közösség többi tagja, illetve a gazdaszervezet nélkül.

Habár a humán mikrobiom alatt leggyakrabban a bélflóra ökoszisztémáját értjük, nem szabad elfeledkeznünk a többi testüregben, és a teljes testfelszínen fellelhető különböző alközösségekről. Más-más összetételű konzorciumok találhatók a tenyéren, a talpon, az egyes testhajlatokban és a külső hatásoknak jobban kitett felszíneken. Más közösségek élnek a bőr felszínén, a szarurétegben, vagy a szőrtüszők mélyén, és még a gyomorban is átlagosan kétszázféle baktériumtörzs azonosítható.

A humán mikrobiom állapotával már eddig is számos külső és belső környezeti faktort hoztak összefüggésbe. A táplálkozáson túl az egyéni különbségek kialakulásában szerepet játszik a gazdaszervezet genetikai, illetve epigenetikai háttere, immunrendszerének, tápcsatornájának állapota, sőt, egyes kutatók szerint a mentális állapota is. A mikrobiom kialakulása már újszülött korban megkezdődik, és körülbelül a 3. életévre „épül ki”. Alapvetően meghatározza ezt a folyamatot a korai táplálás módja; az emlőből táplált csecsemők mikrobiomja más dinamikával alakul ki. Mivel éppen ezen időszak alatt „tanulja meg” a kialakuló immunrendszer, hogy tolerálja a mikrobiótát, a csecsemőkori táplálás módja valószínűleg az egyén életére szóló hatással bír. A kisgyermekkori krónikus alultápláltság mellett a normálisnál sokkal kevésbé hatékonyan működő mikrobaközösség alakul ki. Ennek eredményeképpen ezek az egyének később megfelelő táplálékbevitel mellett sem képesek hasznosítani a tápanyagokat.

Mindemellett a legkülönbözőbb életmódbeli tényezők is kapcsolatot mutatnak a mikrobaközösségeink szerkezetével. Az alvásmennyiségtől a földrajzi helyzeten át a higiénés körülményekig, a háziállatoktól a várandósságon át az

SZÉCHENYI 2020



MAGYARORSZÁG  
KORMÁNYA

Európai Unió  
Európai Szociális  
Alap



BEFEKTETÉS A JÖVŐBE



egyénnel közös tereket használó emberek állapotáig számtalan tényező hatásáról jelennek meg időről-időre újabb tanulmányok. Fontos belátni, hogy ezek és a mikrobiom változása között talált kapcsolatokban rendkívül nehéz elkülöníteni az okokat a következményektől.

Az emberi mikrobióta tehát testtájanként és időben is változó összetételt mutat, és mai ismereteink alapján a legkülönbözőbb tényezők befolyásolhatják. Ugyanakkor elmondható, hogy ökológiai szempontból stacionárius rendszereknek tekinthetők, tehát stabilitásuk mellett rendkívül gyorsan (napok, de akár órák alatt is) képesek egy új állapotba átjutni. Jellemzően néhány, nagy tömegben jelen levő taxon adja a mikrobióta „magját”, amely alapvetően meghatározza a közösség felépítését. A „core” taxonok és jellemző arányaik alapján három, jól elkülöníthető, úgynevezett enterotípus került leírásra, amelyekbe földrajzi helyzettől függetlenül az emberiség minden egyede besorolható.

Felvetődik a kérdés: vajon a gazda immunrendszere miért tolerálhat ilyen mennyiségű idegen sejtet?

A következő lista a gazdaszervezet számára nyújtott legfontosabb előnyöket sorolja fel:

- tápanyagok lebontása
- antinutriens anyagok lebontása
- szerves savak termelése
- vitaminok, kofaktorok termelése
- morfogén hatású anyagok termelése
- epigenetikai hatások
- neuroendokrin hatások
- antimikrobiális anyagok termelése
- kompetitív hatás

„Nyugati” étrendünk energiatartalmának mintegy 10%-át a bélcsatorna mikrobiális közösségének segítségével szerezzük meg. Számos összetett szénhidrát emésztéséhez ugyanis a mi génkészletünk nem tartalmazza az adott anyagcsere-útvonalhoz szükséges enzimek génjeit. Megfelelő bélflóra nélkül az ember nem képes megemészteni például a pektint, illetve olyan egyszerű cukrokat, mint az arabinóz, vagy a xilóz. Ugyanakkor az egészséges bél mikrobiom fenntartásához is hozzájárulhat ezen tápanyagok bevitele. A pektinfogyasztás például támogatja a *Faecalibacterium prausnitzii* növekedését, melynek bélgyulladás elleni terápiás hatását is leírták.





A lebontó folyamatok során keletkező szerves savak főként kis szénatomszámú karbonsavak (ecetsav, vajsav, tejsav), valamint rövid szénláncú zsírsavak. Ezek egyrészt hozzájárulnak a közeg megfelelő kémhatásának kialakulásához, másrészt táplálékul szolgálnak a vékonybél epithel sejtjei számára. A butirát (vajsav) emellett globális epigenetikai hatással rendelkezik: egy ismeretlen mechanizmuson keresztül gátolja a hiszton deacetilázok működését, ugyanakkor paradox módon a bél tumorok kifejlődését is.

A humán mikrobiom kutatásának egy különlegesen izgalmas területe az úgynevezett agy-bél tengely vizsgálata. Egyre több vizsgálati eredmény támasztja alá azt a feltételezést, mely szerint a mikrobaközösségek tagjai között zajló kémiai kommunikáció hatással van a gazdaszervezet endokrin rendszerére, illetve az idegrendszerére is. Az Alzheimer-kór elleni gyógyszerként is alkalmazott IPA-t (indol-3-propionsav) az egészséges mikrobiom előállítja: a vérben mért IPA mennyisége a vékonybélben élő *Clostridium sporogenes* mennyiségével arányos.

A gazdaszervezet hasznosítja a mikrobák által termelt B12-vitamint, K-vitamint, illetve folsavat. A mikrobióta tagjai különféle antimikrobiális hatású molekulák előállítására is képesek: a bőr mikrobaközösségei peroxi-lipidek termelésével akadályozzák meg a „betolakodók” megtelepedését.

Összefoglalva tehát elmondható, hogy a gazdaszervezet és a mikrobaközösség anyagcsere útvonalai sokkal szorosabban összekapcsolódnak, mint ahogy azt korábban feltételezték. Mi több, az emésztőrendszerben, és testünk felszínein uralkodó körülmények jelentős része az ott élő mikrobaközösségek jelenlétének következménye. A humán mikrobióta biokémiai és ökológiai hatásai révén a gazda immunrendszerrel szoros kapcsolatban áll, sőt, akár szerves részeként is értelmezhető.

### A mikrobiom vizsgálatának módszerei

Az újgenerációs szekvenáló platformok elterjedésével lehetőség nyílt a mikrobiom, illetve a metagenom minőségi és mennyiségi vizsgálatára, és mindez elérhető áron végezhető nagyszámú alany bevonása mellett is. Alapvetően kétféle megközelítés terjedt el.

Egyik esetben viszonylag kevés vizsgálati alanyt követnek egy hosszabb időtartamon keresztül, rendszeres mintavétel mellett, a lehető legtöbb lehetséges faktor változásának folyamatos monitorozásával kiegészítve. A másik esetben bizonyos előre meghatározott tényezők alapján csoportokat



alakítanak ki az alanyokból, és a csoportok eredményeit összehasonlítva állapítják meg a kapcsolatot a kiválasztott faktor és a mikrobiomban bekövetkező változások között.

Az össz-mikrobiális DNS-ből kiinduló, teljes genom szekvenáláson alapuló technikák nagy hátránya, hogy a sok nagyon hasonló, és gyakran ismeretlen mikroba genom rekonstruálása nagyon nehézkes. Emiatt a célzott DNS-szekvenáló módszerek jóval elterjedtebbek. Ezekben valamilyen PCR-alapú, vagy hibridizációs dúsítási eljárással kiválasztják a 16S rRNS gént kódoló DNS-darabokat, majd megszekvenálják azokat. A nagyon hasonló szekvenciákat OTU-kba (operational taxonomic unit; szekvencia hasonlóság alapján kijelölt „taxon”) rendezik, majd adatbázisokkal hasonlítják össze, illetve filogenetikai fákba rendezik őket.

A szekvenátorok rohamos kapacitásnövekedése révén a metatranszkriptom, azaz a mikrobióta össz-RNS-készlete is leolvasható, így a mikrobiom funkcionális vizsgálata is megvalósítható. A metagenom kódoló részének elemzése a korábbi, taxon alapú jellemzéshez képest jóval informatívabb lehet, hiszen a közös génkészlet és a könnyen végbemenő géntranszfer miatt úgy tűnik, az egyes mikrobaközösségek között tapasztalt taxonómiai különbségek nem jelzik egyértelműen a mikrobióta megváltozott funkcionalitását.

Amióta Anton van Leeuwenhoek 1676-ban mikroszkópjával elsőként pillantott meg egy (emberrel együtt élő) baktériumsejtet, az emberiség általánosságban egyfajta idegenkedéssel tekint ezekre az életformákra, és változatos módszerekkel igyekszik megszabadulni tőlük, ahol csak lehet. Ezek az eljárások jellemzően nem tesznek különbséget “jó” és “rossz” mikrobák között, és csak a közelmúltban jelent meg az a szemlélet, miszerint a “jó” mikrobákat valamiképpen támogatni volna érdemes.

Ma már építőmérnökök, anyagmérnökök, épületgépészek és biológusok közös munkával olyan technológiákat fejlesztenek, amelyek az épített környezetben tartózkodó emberek mikrobiomjának igényeit is figyelembe veszik.

## Irodalomjegyzék

Arumugam, M., Raes J., Pelletier E., et al. 2011. Enterotypes of the human gut microbiome. *Nature* 7346, 174-180.



Bidlack, Wayne R., and Raymond L. Rodriguez, eds. Nutritional Genomics. 2012 The Impact of Dietary Regulation of Gene Function on Human Disease. *CRC Press*

Bravo, J. A., Julio-Pieper M., Forsythe P., et al. 2012. Communication between gastrointestinal bacteria and the nervous system. *Current Opinion in Pharmacology* 6, 667-672.

David, L. A., Materna A. C., Friedman J., et al. 2014. Host lifestyle affects human microbiota on daily timescales. *Genome Biol.* 7, R8.

Ding, T., Schloss P. D. 2014. Dynamics and associations of microbial community types across the human body. *Nature*

Foster, J. A., McVey Neufeld K. 2013. Gut–brain axis: how the microbiome influences anxiety and depression. *Trends Neurosci.* 5, 305-312.

Human Microbiome Project Consortium. 2012. A framework for human microbiome research. *Nature* 7402, 215-221.

Kumar, M., Nagpal R., Verma V., et al. 2013. Probiotic metabolites as epigenetic targets in the prevention of colon cancer. *Nutr. Rev.* 1, 23-34.

Lax, S., Smith D. P., Hampton-Marcell J., et al. 2014. Longitudinal analysis of microbial interaction between humans and the indoor environment. *Science* 6200, 1048-1052.

Lepage, P., Leclerc M. C., Joossens M., et al. 2013. A metagenomic insight into our gut's microbiome. *Gut* 1, 146-158.

Smid, E. J., Lacroix C. 2013. Microbe–microbe interactions in mixed culture food fermentations. *Curr. Opin. Biotechnol.* 2, 148-154.





TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0047

Subramanian, S., Huq S., Yatsunenکو T., et al. 2014. Persistent gut microbiota immaturity in malnourished Bangladeshi children. *Nature*

van Baarlen, P., Kleerebezem M., Wells J. M. 2013. Omics approaches to study host–microbiota interactions. *Curr. Opin. Microbiol.* 3, 270-277.

