

I. Sajtakadémia. Kézműves sajt – Tudomány – Turizmus.  
Gyöngyös, 2017. augusztus 23.

# Miért funkcionális élelmiszerek a tej és tejtermékek, valamint a sajtok?

**Prof. Dr. Csapó János**

Debreceni Egyetem, Mezőgazdaság-, Élelmiszer-tudományi és Környezetgazdálkodási  
Kar, Élelmiszertechnológiai Intézet, 4032 Debrecen, Böszörményi u. 138. Email:

[csapo.janos@gmail.hu](mailto:csapo.janos@gmail.hu)

<sup>2</sup>Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetem Kolozsvár, Csíkszeredai Kar, Élelmiszer-  
tudományi Tanszék

# Mi a funkcionális élelmiszer?

## Az az élelmiszer:

- Amely olyan alkotó elemeket tartalmaz megfelelő mennyiségben, amelyek **pozitívan hatnak egy vagy több életfunkcióra**,
- hozzájárulnak a **mentális jólét** állapotához,
- rendszeres fogyasztásukkal a táplálkozással kialakuló **betegségek kockázata csökkenthető**.
- **Egészségvédő hatást** fejtenek ki a hagyományos élelmiszerek energia- és tápértéke mellett.

# Más megfogalmazás szerint:

**Funkcionális élelmiszer** az olyan élelmiszer, amely az **átlagosnál nagyobb mennyiségben tartalmaz** egy vagy több olyan komponenst, amely pozitív hatással van az emberi szervezetre (egészségre), vagy amelyben valamely komponensből a **szokásosnál kevesebb van**: csökkentett zsírtartalmú, szénhidrát-tartalmú, fehérje tartalmú élelmiszerek, vagy a **szokásosnál több van**, valamilyen anyaggal dúsítva vannak.

**Nutraceutikumok** (nutra: táplálkozással függ össze, farmaceutikum: gyógyszerrel kapcsolatos) olyan élelmiszerek, melyek **a gyógyszerek és az élelmiszerek határán vannak**. Pontos elnevezésük: gyógyszernek nem minősülő étrend kiegészítők, gyógyhatású készítmények.

Ezek nem szokásos élelmiszerek, kedvező hatású anyagok, vagy azt tartalmazznak nagyobb mennyiségben.

**A prebiotikum** olyan anyag, amely ha a tápcsatornába jut, elősegíti a kedvező mikroorganizmusok szaporodását, visszaszorítja a káros mikroorganizmusokat, elősegíti, hogy a legkedvezőbb mikroflóra alakuljon ki.

**A probiotikum** élő mikroorganizmus kultúra, amely vagy benne van vagy vele dúsítják az élelmiszert, melyek elszaporodva az ember emésztőrendszerében, visszaszorítják a káros mikroorganizmusok életműködését.

# A tejfehérjék biológiai hatásai és alkalmazásuk

A kolosztrumban és tejben található **fehérjék**:

az **értékes aminosavak** kiegyensúlyozott forrásai,

**funkcionális és biológiai** hatással rendelkeznek,

alapvető szerepet játszanak a tej és tejtermékek

érzékszervi és szerkezeti tulajdonságainak kialakításában,

A **kazein**, a **savófehérjék** és **bioaktív peptidek** különböző **biológiai aktivitásokat** mutatnak:

immunerősítés,

vérnyomáscsökkentés,

mikrobaellenes, antioxidáns és fájdalomcsökkentő hatás.

A teljes savófehérje-komplex és egyes egyedi fehérjék a következő **előnyös élettani hatásokkal, életfolyamatokkal** hozhatók összefüggésbe:

Szív- és érrendszer egészsége.

Jóllakottság és testtömeg kontrol.

Testfelépítés, regeneráció, izomsorvadás megelőzése.

Antikarcinogén hatás.

Sebállapot és gyógyulás.

Mikrobiológia fertőzések, nyálkahártya gyulladás csökkentése.

Hipoallergén csecsemőtáplálás.

Egészséges öregedés.

# A savófehérjék ipari és kereskedelmi alkalmazása

## Immunglobulinok

A kolosztrum összes fehérjéjének kb. 70-80%-át, tejnél 1-2%-a teszik ki az immunglobulinok.

A kolosztrumban lévő immunglobulinok **mikrobiológiai fertőzésekkel szembeni védelemben** játszott szerepe jól dokumentált újszülött borjak esetében.

Állattenyésztési célú, kolosztrális immunglobulin készítmények a kereskedelemben már kaphatók és piacuk, mint **emberi fogyasztásra szánt táplálkozás-kiegészítők**, egyre nő.



Az **immunglobulinok** a sejt és nyirokrendszeri immunrendszer különböző részeihez kapcsolódnak.

**Képesek megakadályozni a mikrobák megtelepedését,**

**gátolják a mikroba anyagcserét,**

**csomóba tömörítik a baktériumokat,**

**fokozzák a baktériumok fagocitózist, pusztítják őket,**

**képesek számos mikroba és vírus toxin semlegesítésére.**

A **specifikus, patogén ellenes antitestek koncentrációja magasabb** azon tehenek kolosztrumában, amelyeket a patogénekből vagy azok antitestjeiből készült **vakcinákkal** kezeltek.

A bioszeparációban történt fejlődés lehetővé tette az antitestek frakcionálását, szétválasztását, dúsítását és ebből következően, „**immun-tej**” elnevezésű termékek előállítását.

**1950-es évek:** először javasolják a tehén kolosztrumának orális alkalmazását **emberi passzív immunvédelem** segítésére.

**1980-as évek:** számos tanulmány bizonyítja, hogy a kolosztrum készítmények **eredményesek a különböző patogénekkal való fertőzés megelőzésében.** (Escherichia Coli, Candida Albicans, Clostridium Difficile, Shigella Flexneri, Streptococcus Mutans, Cryptosporidium Parvum, Helicobacter pylori.)

# $\alpha$ -Laktalbumin

Az  $\alpha$ -laktalbumin az egyik **meghatározó savófehérje** az anyatejben, a tehéntej savóban a fehérjék 20%-a.

Az  $\alpha$ -laktalbumin a tőgy szövetében szintetizálódik, **koenzimként a tejcukor bioszintézisében vesz részt.**

Az egész érintetlen molekula, a részben hidrolizált fehérjéből származó peptidek és a teljesen elbontott fehérje aminosavai is előnyös hatásokat hordoznak.

**Jó forrása az esszenciális aminosavaknak,** különösen a **triptofánnak** és a **ciszteinnek,** amelyek prekursorai a szerotoninnak és a glutationnak is.

Szájon át adása növelheti a stressz tűrő képességet.

A tehéntej  $\alpha$ -laktalbuminjának hidrolizátumai, azok származékai és ezek speciális peptidjei olyan **biológiai aktivitásokkal** kapcsolhatók össze, mint

a magas vérnyomás megelőzése,

mikrobaellenes hatás,

daganatellenes hatás,

immunerősítés,

fájdalomcsillapítás és

egyesek prebiotikumként is hasznosíthatók.

# $\beta$ -Laktoglobulin

Savófehérje a tehéntejben; a savó összes fehérjéjének mintegy 50%-át teszi ki.

**Az anyatejben nem található meg!**

**Multifunkcionális adalékanyag** számos élelmiszeripari és biotechnológiai alkalmazásban.

Kiváló forrása a széles körű biológiai aktivitással rendelkező peptideknek, amelyek az  $\alpha$ -laktalbumin és származékaihoz hasonlóan jótékonyak:

**a magas vérnyomás megelőzésében, mikrobaellenesek, daganatellenesek, immunerősítők, fájdalomcsillapításban használhatók, valamint koleszterinszint csökkentők.**

# Laktoferrin

**Vaskötő glükoprotein**, a tejben, a kolosztrumban és az emlősök más kiválasztott nedveiben (tőgy sejtjei) is megtalálható. A gazdaszervezetet védő anyag.

Pepszinnel bontva a laktoferricin B (f18-36) és a laktoferrampin (f268-284) keletkezik.

Fontos szerepet játszanak a **szervezet belső, a mikrobás fertőzésekkel szembeni védekező mechanizmusában** és a degeneratív folyamatokat kiváltó anyagokkal (pl. a szabad oxigén gyök) szemben.

**Mikrobaellenes, multifunkcionális hatású szer.**

Látványos keresletnövekedés tapasztalható a LF-re vonatkozóan, és számos LF-nel dúsított termék kapható a kereskedelemben.

Sokan **gyártanak laktoferrint ipari méretben**, és mint adalékanyag, egyre inkább használják, és adagolásával intenzíven növekvő mennyiségű funkcionális élelmiszer és gyógy készítmény készül.

Kapható joghurt és csecsemőtápszer LF-nel kiegészítve, és a **laktoferrin táplálék-kiegészítőkben is alkalmazzák** (laktoferrin készítmény, kolosztrum (por formában), probiotikum készítmények).

A **laktoferrin szinergista hatása** miatt (pl. lizozimmal, laktoperoxidázzal) megtalálható a fogpasztákban, a szájöblítőkben, a hidratáló gélekben és a rágógumikban.

# Laktoperoxidáz

**Glükoprotein**, az anya-, a tehéntejben, a kolosztrumban, és más kiválasztott anyagokban is megtalálható.

A legnagyobb mennyiségben megtalálható enzim a tejben, és **a savóból is jelentős mennyiségben visszanyerhető.**

A laktoperoxidáz enzim **a tiocianát és néhány halogenid peroxidációját katalizálja** hidrogén-peroxid jelenlétében, miközben olyan tiocianid-termékeket (SCN-) és hypotiocianidokat (OSCN-) képez, amelyek **számos mikrobaféleséget elpusztítanak**, vagy szaporodásukat gátolják.



# Glükomakropeptid

A **glükomakropeptid (GMP)** egy C-terminális glükopeptid, a **kazeinnek oltóenzimmel történő bontásából** ( $^{105}\text{Phe}$ - $^{106}\text{Met}$ ) származik.

Szénhidrátmentes formája a **kazeino-makropeptid (CMP)**.

A GMP in vitro inaktiválja az *E. coli* és a *Vibrio cholerae* mikotoxinjait, gátolja a karcinogén *Str. mutans* és *Str. sobrimus* baktériumok és az influenza vírus megkötődését (adhézióját), **erősíti az immunrendszert, támogatja a bifidobaktériumokat.**

**Vérnyomáscsökkentő és antitrombotikus hatásán keresztül szabályozza a vér áramlását.**

# A bioaktív peptidek előállítása és funkcionalitása

A bioaktív peptidek **speciális fehérjetöredékek**, amelyek pozitív hatást gyakorolnak a testfunkciókra és testkondícióra és végső soron az egészségi állapotra.

A bioaktív peptidek **legfőbb forrása a tejfehérje.**

A bioaktív peptidek:

**Magas vérnyomás elleni, antitrombotikus, antimikrobás, antioxidáns, immunrendszer-erősítő és fájdalomcsillapító hatással bírnak.**

Az **emésztőenzimek bioaktív peptideket eredményeznek** a hidrolízis során. Leginkább a pepszin, a tripszin és a kimotripszin esetén bizonyított hogy:

**számos vérnyomás csökkentő peptid,**

**kalciummegkötő foszfopeptid,**

**baktericid, immunszabályzó és fájdalom befolyásoló peptid keletkezik mind a kazein, mind a savófehérje frakciók hidrolízisekor.**

A **savófehérje eredetű peptidek**, pl. az Ala-Leu-Pro-Met-His-Ile-Arg, vagy a  $\beta$ -laktoglobulin tripszines bontásából származó laktokinin is erős vérnyomáscsökkentő hatást mutatnak.

**A tejsavbaktérium kultúrák is rendelkeznek fehérjebontó hatással:**

A Lactobacillus helveticus törzs képes **vérnyomáscsökkentő hatású peptidek** képzésére, amelyek közül a legismertebb ACE gátló a Val-Pro-Pro és az Ile-Pro-Pro tripeptid.

A joghurt kultúra baktériumai, a sajt starterek és a közönséges **probiotikumok is termelnek bioaktív peptideket a fermentáció alatt.**

**ACE (angiotenzin konvertáló enzim) = növeli a vérnyomást.**

# Bioaktív peptidok a tejtermékekben

A természetes úton keletkező bioaktív peptidok fermentált tejtermékekben való megjelenése, mennyisége, aktivitása **számos tényezőtől függ:**

- a starter fajtája,
- a fermentáció ideje,
- a termék típusa, és
- a tárolási körülmények.

# Bioaktív lipidek

A tehéntej zsírja **400, különböző kémiai összetételű zsírsavból** áll. A legtöbb zsírsav a glicerinnel észtert képez, és a tejben leginkább trigliceridek formájában van jelen.

A **konjugált linolsav** (KLS, ~~CLA~~) elnevezés a cis-9, cis-12 linolsav konjugált kettős kötést tartalmazó, különböző szerkezeti és geometriai izomereinek gyűjteményét jelenti.

A tejben lévő fő KLS izomert a cis-9, t-11 izomert **ruminsavnak** is nevezik.

A KLS részben a **többszörösen telítetlen zsírsavak biokonverziójával keletkezik a bendőben**, anaerob baktériumok működésének eredményeként (pl. *Butyrovibrio fibrisolvens*), de elsősorban a **tejelő állatok tőgyében**, a vaccénsav (transz 18:1)  $\Delta 9$ -dehidogenézisével keletkezik.

A **tejzsír a KLS leggazdagabb természetes forrása.** A különböző közlemények alapján mennyisége a tejzsírban 2,0-53,7 mg/g között változik (befolyásolja a takarmányozási rendszer, a takarmány tartósítása, a hely és a tehén fajtája).

**Legeltetett állatok tejzsírjában több KLS van,** mint a kötött tartásúakéban, és a legelő minősége is befolyásolja, mivel a hegyi legelőkön tartott tehenek esetében nagyobb mennyiséget mértek a síkságokon legeltetett állományokhoz viszonyítva.

A takarmány növényi vagy halolajjal történő dúsítása **hatékonyan megnövelte a KLS tartalmat.**

A **linolsavban dús koncentrátumok** (szója, napraforgó, repce) **jobb hatásúak,** mint az egyéb, poli-telítetlen zsírsavakban dús növényi olajok (lenmag, mogyoró).

A propionibaktériumok, a laktobacillusok, a bifidobaktériumok képesek a linolsavat KLS-vá átalakítani sejttenyészetben, tejjel készülő kultúrában.

**Az étrendi KLS egészségre gyakorolt sokoldalú hatásai:**

**antikarcinogén,**

**érelmeszesedés-gátló,**

**diabétesz-megelőző,**

**elhízás-megelőző,**

**immunrendszert erősítő hatás.**

Ezen előnyöket elsősorban két izomer, a **cis-9, transz-11** és a **transz-10, cisz-12** izomer hordozza, de a pontos hatások az izomerektől függenek.

A tej KLS tartalmának mintegy 75-90%-át a cisz-9, transz-11 izomer teszi ki.



# Poláros lipidek

A poláros lipidek (foszfatidil-etanolamin, foszfatidil-kolin, foszfatidil-szerin, foszfatidil-inozitol, szfingomielin, ceramidok és gangliozidek) szerepet játszanak a **membrán jelátbocsátó képességében**, és ezen keresztül a **sejtek növekedésében, osztódásában, differenciálódásában és apoptózisában** (programozott sejthalál).

Szerepet játszanak az idegingerület átvitelben és az öregedéshez köthető **betegségek** (vérrögképződés, immun-, és gyulladásos betegségek) kialakulásának **késleltetésében**.

A szfingolipidek és származékaik nagy bioaktivitású vegyületek, amelyek **antikarcinogén, koleszterincsökkentő és antibakteriális** hatást fejtenek ki.

A **vajsav** és származékai (butirátok) az **emlő- és vastagbélrák** kifejlődését **gátolják**.

A szfingomielinben gazdag élelmiszerek és táplálék kiegészítők előnyösek lehetnek a **mell- és vastagbélrák és a bélhez köthető betegségek megelőzésében**.

# Növekedési faktorok

**Növekedését serkentő** vagy gátló hatású **faktorokat** először a humán kolosztrumban és anyatejben, majd később a tehén kolosztrumában, tejében és a savóban is kimutattak .

A növekedési faktor mennyisége a kolosztrumban az ellés után a legnagyobb, majd ezután lényegesen csökken.

# Tejsavbaktériumok által termelt exopoliszacharidok és oligoszacharidok

Sok baktérium termel olyan **poliszacharidokat**, melyeket nem épít be, hanem **kijuttat a sejtből**.

Ezek az anyagok vagy a sejt közötti térbe jutva **nyálkát képeznek**, vagy kívülről rögzülnek a sejtfalhoz, burokként körbevéve azt.

Ezen poliszacharidokat **exopoliszacharidoknak** nevezzük (a továbbiakban EPS), mivel **a poliszacharidok a sejtfalon kívül találhatóak**.

Számos tejsavbaktérium is képes EPS termelésre. E nyálkatermelő kultúrák alkalmazása a joghurtgyártásban javíthatja a termék szerkezetét. Az EPS hatására kedvezőbbé válhatnak a reológiai tulajdonságok, nőhet a viszkozitás, a géltörés és a szinerézis megelőzhető.

Az anyatej jelentős mennyiségben (5-10 g/l) tartalmazza a **komplex oligoszacharidokat** amelyek előnyösek:

**a bélflóra növekedésének serkentésében,  
az immunrendszer erősítésében és  
a mikrobafertőzések elleni védelemben.**

Lényegesen kisebb mennyiségben hasonló oligoszacharidokat találhatunk a tehéntejben és kolosztrumban is.

**Prebiotikumként szerepelhetnek** funkcionális élelmiszerekben és csecsemőtápszerekben.

A tejsavbaktériumok által termelt EPS-ok kémiai szerkezetük alapján három csoportba oszthatók:

**$\alpha$ -glükánok**, amelyek főként  $\alpha$ -1,6 és  $\alpha$ -1,3 kötésekkel kapcsolódó glükóz egységekből állnak, például a dextránok és mutánok,

**fruktánok**, melyeket leginkább  $\beta$ -2,6 kötéssel kapcsolódó fruktóz molekulák alkotnak, például a leván,

**heteropoliszacharidok**, amelyek többféle monoszacharidból állnak.

2-10 molekula glükózt és/vagy fruktózt és galaktózt tartalmazó szerkezetek a **galakto-oligoszacharidok** (GalOS).

Pozitívan hatnak a bélműködésre: **elősegítik a hasznos bifidobaktériumok szaporodását, csökkentik a pH-t és a rothadás során keletkező termékek mennyiségét.**

# A tej bioaktív komponenseinek összefoglalása

A tejben természetes módon **rendkívül sok bioaktív komponens van jelen.**

Félüzemi és üzemi méretű technológiák állnak rendelkezésre a kolosztrum, a tej fő fehérjéinek és néhány savóeredetű natív fehérje, peptid, növekedési faktor és a lipidfrakciók **szétválasztására, tisztán való kinyerésére,** amelynek eredményeként mára már ilyen termékek kereskedelmi forgalomba is kerültek.

Ezek a termékek kiváló forrásai a természetes, bioaktív összetevőknek.

A termékek **a csecsemőket, az időseket, a gyenge immunrendszerű embereket, az étrendi betegségben szenvedőket célozzák,** és azokat is, akik gyors testi fejlődést szeretnének elérni

# Funkcionális tejtermékekkel kapcsolatos saját kutatásaink

A szarvasmarha **kolosztrum és -tej bioaktív komponenseinek** kutatása, technológia kidolgozása egészségvédő, funkcionális élelmiszerek előállítására a kolosztrumból.

A tejsavbaktériumok által termelt **exopoliszacharidok és oligoszacharidok** mennyiségi és minőségi vizsgálata, probiotikus termékek fejlesztése.

A **tej szeléntartalmának növelése** a szarvasmarha takarmányának szelénkiegészítésével.

**Megnövelt szeléntartalmú tejtermékek** (kefír, joghurt, sajt, túró) előállítása.



A tej **konjugáltlinolsav**-tartalmának (KLS) vizsgálata, módszerek kidolgozása savanyú tejtermékek **KLS tartalmának növelésére**, magas KLS-tartalmú tejtermékek előállítása.

Módszer kidolgozása a **KLS előállítására kémiai módszerekkel**.

**Tej és tejtermékek szabad D-aminosav** tartalmának vizsgálata.

Módszer kidolgozása a **tej pasztőrözésére mikrohullámú kezeléssel**. (Kezdeti próbálkozások az ultraibolya sugárzás alkalmazására).

**Köszönöm figyelmüket!**