



Az anyatej összetétele I. Fehérjetartalom, aminosav-összetétel, biológiai érték (Irodalmi áttekintés)

Salamon¹ Sz., Csapó^{1,2} J.

¹Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetem, Csíkszeredai Campus, RO-530104 Csíkszereda, Szabadság tér 1.

²Kaposvári Egyetem, H-7400 Kaposvár, Guba S. u. 40.

ÖSSZEFOGLALÁS

A szerzők az anya kolosztrumának és tejének fehérjetartalmát, fehérjefrakcióit, szabad-aminosav- és összesaminosav-tartalmát elemezték a legújabb publikációk tükrében. Megállapították, hogy nincs egységes kép a különböző hatásokról az anyatej fehérjetartalmára. A jól táplált anyák kolosztrumának fehérjetartalmát 6,0%-nak, az alultápláltakét pedig 4,5%-nak mérték. Néhányan állítják, hogy szignifikáns pozitív kapcsolat van a táplálék fehérjetartalma és a napi fehérjebevitel, valamint az anyatej fehérjetartalma között. Egyes kutatók az alultáplált anyák tejének fehérjetartalmát alacsonyabbnak mérték, mások viszont nem találtak különbséget az alultáplált és a megfelelően táplált anyák tejének valódi fehérje-tartalmában (0,8–1,0%), és többen a különböző nemzetiségű anyák között sem tudtak különbséget kimutatni. Fehérjével kiegészítve az anya táplálékát a kísérletek egy részében nőtt az anyatej fehérjetartalma, mások viszont csökkenő fehérjetartalomról számoltak be fehérjekiegészítés hatására. A fehérjefrakciókat illetően, a kolosztrum kazeintartalmát átlagosan 3,8; az érett tejt pedig 5,7 g/l-nek mérték; mely értékek a β -kazein esetében 2,6 és 4,4 g/l, a κ -kazein esetében pedig 1,2 és 1,3 g/l voltak. Az α -laktalbumin-tartalmat 3,62 és 3,26 g/l; a laktoferrin-tartalmat 3,5 és 1,9 g/l; a szérum-albumint 0,39 és 0,41 g/l; az immunoglobulin-A-t 2,0 és 1,0 g/l; az immunoglobulin-M-et 0,12 és 0,20 g/l; az immunoglobulin-G-tartalmat pedig 0,34 és 0,05 g/l-nek mérték a kolosztrumban, illetve az érett tejben. Az anyatej NPN-tartalmát szignifikánsan nagyobbak (25% az összes fehérje százalékában) mérték, mint a tehéntejét (5%), melynek fő komponensei a karbamid és a szabad aminosavak. Az összes szabad aminosavról megállapítják, hogy azok csak 2%-át teszik ki az újszülött szükségletének, táplálkozási szempontból mégis fontos ez a frakció, mivel könnyen felhasználható az idegszövet és a neurotranszmitterek szintéziséhez. A szabad aminosavak nagyon fontosak a szülés utáni fejlődéshez; közülük különösen fontos a taurin, a szerin, a glutaminsav és a glutamin, amelyek jelentős részét teszik ki az összes szabad aminosavnak. A taurint esszenciálisnak találták az újszülött fejlődésében, ugyanis a taurin előállítás cisztein-szulfonsavból a cisztein-szulfonsav-dekarboxiláz enzim limitált működése miatt meglehetősen korlátozott. A taurin részt vesz az epesavak konjugációjában, és jelentős szerepe van a retina receptorainak kialakulásában is. A szerinnek a kazein szintézisben van fontos szerepe, valamint prekursora a neuroaktív anyagoknak, és építőköve a foszfolipidek bioszintézisének. A glutaminsav magas koncentrációja a tejben hasznos lehet, mivel a glutaminsav kulcspozíciót tölt be az aminosavak metabolizmusában, és α -keto-glutársavvá alakulva be tud lépni a trikarbonsav ciklusba. Az anyatej-fehérje aminosav-összetételét elemezve

megállapították, hogy annak mintegy 20%-át a glutaminsav teszi ki, legkisebb mennyiségben pedig hisztidint, ciszteint és metionint tartalmaz. Az esszenciális aminosavak részaránya mintegy 42%, ami bőségesen fedezi a csecsemő szükségleteit. Néhányan összefüggést állapítottak meg a tejjeférje esszenciálisaminosav-tartalma és a táplálék esszenciálisaminosav-tartalma között, mások viszont tagadják ezen összefüggés létezését. Az anyatej cisztein/metionin aránya nagyobb, mint a tehéntejben, a fenilalanin és a tirozin mennyisége viszont kisebb, a savófehérjék nagyobb arányának köszönhetően. (Kulcsszavak: anyatej, kolosztrum, fehérjetartalom, fehérje frakciók, szabad aminosavak, aminosav-összetétel, biológiai érték)

ABSTRACT

Composition of the mother's milk I. Protein contents, amino acid composition, biological value (Review)

Sz. Salamon¹, J. Csapó^{1,2}

Sapientia-Hungarian University of Transylvania, Csíkszereda Campus, RO-530104 Csíkszereda, Szabadság tér 1.

²University of Kaposvár, H-7400 Kaposvár, Guba S. u. 40.

The authors have analysed protein contents, protein fractions, free amino acid and total amino acid contents of the mother's colostrum and mother's milk in comparison with the newest publications. They have established that there was no united picture of the different effects on protein contents of the mother's milk. Protein contents of the colostrum of well-nourished mothers were found 6.0%, whereas those of underfed ones 4.5%. Some argue that there is a significant positive relationship between protein contents of food and daily protein intake, as well as protein contents of the mother's milk. Some researchers were found the protein contents of the underfed mothers' milk to be lower, while others found no difference in true protein contents of the milk of underfed and appropriately fed mothers (0.8–1.0%), and more could not evidence a difference in mothers of different nationality. Completed the mother's nutriment with protein, in a part of the experiments protein contents of the mother's milk increased, whereas others have reported reducing protein contents when completing with protein. Concerning the protein fractions, casein contents of the colostrum were measured to be 3.8 on average; while those of the mature milk 5.7 g/l; which values were for the β -casein 2.6 and 4.4 g/l, and for the κ -casein 1.2 and 1.3 g/l. α -lactalbumin contents were found to be 3.62 and 3.26 g/l; lactoferrin contents 3.5 and 1.9; serumalbumin contents 0.39 and 0.41; immunoglobulin A contents 2.0 and 1.0; immunoglobulin M 0.12 and 0.20; and immunoglobulin G 0.34 and 0.05 g/l in the colostrum and the mature milk, respectively. NPN contents of the mother's milk were measured to be significantly higher (25% in total protein %) than those of the cow's milk (5%), with main component being the carbamide and free amino acids. It has been established that the total free amino acid provide only 2% of the requirements of a newborn baby, in nutritional respect it is an important fraction as it is easily utilizable for the synthesis of the nerve tissue and the neurotransmitters. Free amino acids are very important for the afterbirth development; especially taurine, serine, glutamic acid and glutamine, which give a considerable portion of the total free amino acids. Taurine was found to be essential for the development of the newborn, as taurine production from cysteinesulfonic acid is rather restricted due the limited activity of the cysteinesulfonic acid decarboxylase enzyme. Taurine takes part in the conjugation of the bilious acids and has a significant role in the formation of the retinal receptors. Serine has an important role in the casein

synthesis, as well as it is a precursor of neuroactive substances, and a component of the biosynthesis of phospholipids. High concentration of glutamic acid in the milk can be useful, as glutamic acid has a key position in the amino acid metabolism, and converted into α -ketoglutaric acid it can enter the tricarboxylic acid cycle. By analysis the amino acid composition of the mother's milk protein it was established that around 20% of it is glutamic acid, whereas it contains in the smallest amount histidine, cysteine and methionine. Proportion of the essential amino acids is around 42%, which abundantly cover the requirements of the newborns. Some have established a relation between essential amino acid contents of the milk protein and the essential amino acid contents of the food, while others deny the existence of such a relation. Cysteine/methionine ratio of the mother's milk is higher than that of cow's milk, the amount of phenylalanine and tyrosine is lower, due to the higher proportion of the whey proteins.

(Keywords: mother's milk, colostrum, protein contents, protein fractions, free amino acids, amino acid composition, biological value)

FEHÉRJETARTALOM

Nem-fehérje nitrogéntartalom

Emmett és Rogers szerint (1997) az anyatej nem-fehérje nitrogéntartalma (NPN) az összes nitrogén mintegy 25%-át teszi ki, ami magába foglalja a karbamidot, a húgysavat, a kreatinint, a szabad aminosavakat, az amino-alkoholokat, a peptideket, a hormonokat, a nukleinsavakat és a nukleotidokat. Ezek jelentősége nem tisztázott teljes mértékben, de néhányuk hozzájárul az újszülött fejlődéséhez. A nem-fehérje nitrogéntartalom főként az anya véreből származik, és a laktáció során nem mutat jelentős változást. A nem-fehérje nitrogénnek számos hasznos hatást tulajdonítanak, amilyen például az epidermális növekedési faktor.

Carratù és mtsai. (2003) az anyatej nitrogéntartalmú komponenseit, NPN-tartalmát vizsgálták Olaszország különböző részeiből, 195 egészséges anyától gyűjtött tejmintából. Az anyák kizárólag anyatejjel táplálták a csecsemőjüket, a tejmintákat a csecsemők egy hónapos korában gyűjtötték. Ezt megelőzően az anyákat kioktatták a pontos tejmintavételre. Az anyák második és harmadik etetésnél kézzel vették a tejmintákat, a kifejt kb. 10 ml mintát steril propilén edénykébe gyűjtötték, és $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on tárolták az analízisek megkezdéséig. A kísérletbe vont anyák átlag kora 31 év, átlagsúlyuk a szülés után 1 hónappal 63 kg, a csecsemők átlagos testtömege 3360 g volt, akik születésük után naponta átlag 673 ml tejet fogyasztottak. Az NPN-tartalom (nemfehérje-nitrogén) 341 mg volt literenként (szélső érték: 158 és 635 mg/l), az NPN az összes nitrogénnek mintegy 15%-át tette ki. Megállapították, hogy az anyatej NPN-tartalma széles határok között változik. A nagy egyéni különbség azzal magyarázható, hogy ez a frakció a nitrogéntartalmú anyagok heterogén keveréke. Az anyatej több NPN komponense az anyagcsere lebontási terméke, amik közvetlenül jutnak be az anyai plazmából a tejmirigybe.

Agostoni és mtsai. (2000a, 2000b) szerint az anyatej NPN-tartalma, beleértve a peptideket, a karbamidot, a húgysavat, az ammóniát, a kreatinint, a kreatint, a nukleinsavakat, a karnitint, az aminosavakat és más komponenseket, nem tekinthető azonos értékűnek a tejfehérje nitrogénnel. Az anyatej NPN-tartalma szignifikánsan nagyobb, mint a tehéntejé, ahol az csak 5%-át teszi ki az összes nitrogénnek, míg az anyatejnél ez az arány elérheti a 30 mg/100 ml-t is. *Räihä* (1984) vizsgálatai szerint az anyatej viszonylag nagy koncentrációban tartalmaz NPN-t, melynek mennyisége az összes nitrogén 25%-át is elérheti. E frakció fő komponense a karbamid, melynek

koncentrációja a 25 mg/100 ml-t is kiteheti, és ide tartoznak még a kreatin (3,7 mg/100 ml), a kreatinin (3,5 mg/100 ml), a glükózamin (4,7 mg/100 ml) és a szabad aminosavak is. *Picciano* (2001) szerint az anyatej NPN-tartalma az összes nitrogén kb. 20–25%-át teszi ki, és mennyisége viszonylag konstans a laktáció folyamán. Mintegy 200 frakcióból áll, melyek közül legfontosabbak a szabad aminosavak, a karnitin, a taurin, a nukleinsavak, a nukleotidok és a poliaminok. Úgy tűnik, hogy közülük néhányan, például a taurin, a purin- és a pirimidinbázisok, esszenciálisak az újszülött számára.

Karbamidtartalom

Wu és mtsai. (2000) szerint tajvani anyák tejeinek karbamidtartalma mintegy 30–35 mg/100 ml. *Harzer és mtsai.* (1984) az anyatej karbamidtartalmának változását vizsgálták a laktáció korai szakaszában. Tíz anyától 78 tejmintát vettek (20 ml) a laktáció első öt hetében, az 1., 3., 5., 8., 15., 22., 29. és 36. napon, amit azonnal –30 °C-ra lehűtöttek. Vizsgálataik során nem találtak szignifikáns különbséget a kolosztrum (525 µg/100 ml), az átmeneti tej és az érett tej (510 µg/100 ml) karbamidtartalma között.

Fehérjetartalom és fehérjefrakciók

Wu és mtsai. (2000) tajvani anyák tejeinek nyersfehérje-tartalmát határozták meg. 240 egészséges anyától 264 tejmintát gyűjtöttek a laktáció különböző szakaszaiban, majd a mintákat a földrajzi elhelyezkedés szerint csoportosították. Azt tapasztalták, hogy a kolosztrum nyersfehérje-tartalma 2,51%-ról nagyon gyorsan 1,25%-ra csökken az érett tejben. *Emmett és Rogers* (1997) az anyatej fehérjetartalmát vizsgálták a kolosztrumban, az átmeneti tejben, illetve az érett anyatejben, figyelembe véve az anya testi kondícióját. Megállapították, hogy a fehérjetartalom a kolosztrumban (2,0%) lényegesen magasabb, mint az átmeneti tejben (1,5%) vagy mint az érett tejben (1,3%).

Marina és mtsai. (2005) argentinai La Plata-ban élő anyák tejeinek összetételét elemezve megállapították, hogy a tej fehérjetartalmát az anya táplálkozása nem befolyásolja, ugyanis a normál, a túlsúlyos, valamint az elhízott anyák tejeinek fehérjetartalma 9,7; 9,1 és 9,1 g/l volt. *Agostoni és mtsai.* (2000a) az anyatej fehérjetartalmát vizsgálva, 16 anyától gyűjtöttek tejmintákat a laktáció negyedik napján (kolosztrum), majd az első és harmadik hónapjában. A fehérjetartalmat Kjeldahl-módszerrel határozták meg. A fehérjetartalom a laktáció során 1,93 µmol/l-ről 1,24, majd 1,07 µmol/l-re csökkent.

Khatir Sam és mtsai. (1998) szudáni anyák tejeinek fehérjetartalmát vizsgálták. Az anyák a mintavételnél kézi pumpát használtak, melynek segítségével személyenként mintegy 100 ml tejet tudtak levenni. A nitrogéntartalmat neutron aktivációs analízissel, illetve röntgensugaras spektrométerrel határozták meg. A tej szárazanyag-tartalmát 10,4%, fehérjetartalmát pedig 1,23%-nak mérték. *Bener és mtsai.* (2001) a Ramadan hónapja alatt böjtölő 26 szoptató anya tejösszetételét határozták meg. Az anyák 20 és 38 év közöttiek, átlagosan 150–160 cm magasak és 60–70 kg-osok voltak, 35%-uk hagyományos házban, míg 65%-uk villában lakott. A mintákat délelőtt 9.00–11.30 között vették a Ramadan ideje alatt (december 9 és január 6); az anyák egészségileg és pszichikailag is jó állapotban voltak ahhoz, hogy a Ramadan alatti böjtölést elviseljék. Egyikük sem dohányzott és nem szedett semmilyen gyógyszert a kísérlet alatt és után. Mindegyik anyája a napnyugta után megtörte a böjtöt, és napkelte előtt még legalább egyszer evett. A vizsgált időszak alatt az anyák tejeinek fehérjetartalma 1,62%; a Ramadan után 1,65% volt, az összes szárazanyag 11,50 és 11,30%; a zsírintes szárazanyag 6,69 és 6,70% között alakult. A Ramadan alatt és után vett tejminták között az összetételben szignifikáns különbséget nem tudtak kimutatni. A vizsgálatok

bizonyították, hogy a böjt nincs jelentős hatással az anyatej összetételére, így a szoptatott csecsemő táplálékellátására.

Yamawaki és mtsai. (2005) Japán különböző vidékeiről származó anyák tejének fehérjetartalmát vizsgálták. A tejmintákat nyáron, július-szeptember, illetve télen december-március között gyűjtötték mintegy 4000 nőtől a laktáció különböző időpontjában (1–365 nap). Mindegyik anyától mintegy 50 ml tejet gyűjtöttek a két szoptatás közötti napszakban; a mintákat mélyhűtőben tárolták az analízisek megkezdéséig. A mintavétellel egyidőben adatokat gyűjtöttek a dohányzási szokásokról, a vitamin-kiegészítésről, az újszülött születési súlyáról, valamint hogy a mintát melyik mellből vették. A mintákat a kapott információk alapján négy csoportba osztották: A-csoport (3170 minta): 40 évnél fiatalabb, nem dohányzó anyák, akik vitamin-kiegészítést szedtek, és a csecsemők születési súlya 2,5 kg vagy annál több volt. B-csoport (630 minta): az anyák kora és a csecsemők születési súlya megegyezett az A-csoportéval, de az anyák rendszeresen dohányoztak, vitamin-kiegészítést szedtek, és a laktáció alatt más gyógyszeres kezelésben is részesültek. C-csoport (30 minta): annyiban különböztek az A-csoporttól, hogy az anyák idősebbek voltak 40 évnél. D-csoport (200 minta): a csecsemők születési súlyának kivételével (kisebb mint 2,5 kg) megegyezett az A-csoporttal. Az A-csoport anyáit további 17 alcsoportra osztották az évszak és a laktációs állapot, valamint Japán régiói szerint. A fehérjetartalmat a laktáció 1–5. napja között 1,84%, a 6–10. napja között 1,90%, 11–20. napja között 1,66%, a 21–89. napja között pedig 1,25%-nak mérték. Levonható tehát az a következtetés, hogy a fehérjetartalom a laktáció során szignifikánsan csökken.

Carratù és mtsai. (2003) az anyatej fehérjetartalmát vizsgálták Olaszország különböző részeiből, 195 egészséges anyától gyűjtött tejmintából. Az anyák egy hónapon keresztül kizárólag anyatejjel táplálták csecsemőjüket. A fehérjetartalmat és a fehérjefrakciókat hagyományos Kjeldahl-módszerrel átlagosan 1,26%-nak mérték, ami valójában a valódifehérje-tartalmat jelenti, mert az összes nitrogéntartalomtól levonták az NPN-tartalmat, és a maradékot megszorozták 6,25-dal. A mért legalacsonyabb érték 0,71%, a legmagasabb pedig 2,10% volt. Megállapították, hogy az anyatej fehérjetartalma viszonylag állandó értéken marad a laktáció során.

Saarela és mtsai. (2005) az anyatej fehérjetartalmát vizsgálták a laktáció első hat hónapja alatt. 53 anyától vettek tejmintát, akik átlagosan a terhesség 40,2. hetében születték meg az újszülöttjeiket; 36 anyától, akik koraszülötteknek adtak életet átlagosan a terhesség 31,4. hetében, 20 anyától, akik pedig túlhordták a babákat. Először 30 ml előtejet, majd szopás közben és a szopás végén ugyanannyi utótejet vettek, összességében tehát 483 tejmintát analizáltak. Ezek közül 253 normál időre szülő anyáktól, 126 pedig koraszülő anyáktól vett minta volt, és elemeztek még normál időre szülő anyáktól további 52 előtej- és 52 utótejmintát. A normál időre szülő anyák tejének fehérjetartalma a szülés utáni első héten 1,98% volt, ami az első hónap végére 1,45%-ra, a hatodik hónap végére pedig 1,14%-ra csökkent. Ugyanebben az időben a koraszülő anyák tejének fehérjetartalma 2,01; 1,51 és 1,13% volt. A normál időre szülő anyák előtejenek fehérjetartalmát a szülés utáni első héten 1,68%-nak mérték, ami az első hónap végére 1,33%-ra, a hatodik hónap végére pedig 1,08%-ra csökkent. Ugyanezen anyáknál az utótej analízisének eredménye 1,64; 1,36 és 1,08% volt. Megállapították, hogy a tej fehérjetartalmában nincs szignifikáns különbség az időre, illetve a korányszülő anyák között a laktáció első hat hónapjában, és nem találtak különbséget az időre szülő anyák előteje valamint utóteje között sem.

Chavalittamrong és mtsai. (1981) 153 thaiföldi anya tejének fehérjetartalmát vizsgálták a laktáció 0–270 napja közötti intervallumban. A tejmintákat 3 órával a

szoptatás után vették. A fehérjetartalom az első héten mért 1,56%-ról a laktáció 180–270 napjáig 0,6–0,7%-ra csökkent. Megállapították, hogy a fehérjetartalmat nem befolyásolta az anya kora és szociális helyzete, ugyanis e tényezőknek csak a tejmennyiségre volt hatása. *Manso és mtsai.* (2007) az anyatej fehérjetartalmát kapilláris elektroforézissel vizsgálva a laktáció során, öt anyától gyűjtöttek tejmintát a szoptást követően, valamint a laktáció 1. és 18. hete között. A zsírimentes anyatej fehérjetartalmát, Kjeldahl-módszerrel 0,94%-nak mérték, ami kevesebb mint 1/3-a a tehéntejének, a fehérjetartalom a laktáció első hetében mért 1,46%-ról a laktáció 18. hetéig 0,66%-ra csökkent, ami 0,045%-os csökkenést jelent hetente.

Murakami és mtsai. (1998) az anya kolosztrumának és az érett tejének fehérjeösszetételét vizsgálták kétdimenziós elektroforézissel. Módszerüket kiegészítve gélelektroforézises izoelektromos fókuszálással, valamint dodecil-szulfát gélelektroforézissel, mintegy 400 frakciót detektáltak mind a kolosztrum, mind az érett tej esetében. Ezek közül 22 főfehérje aminosav-szekvenciáját is meghatározták, a kolosztrum és az érett tej között a fehérjefrakciókat illetően lényeges különbséget nem találtak a laktáció során.

Emmett és Rogers (1997) figyelembe véve az anya testi kondícióját az anyatej fehérjefrakcióit vizsgálták a kolosztrumban, az átmeneti tejben, illetve az érett anyatejben. Megállapították, hogy a kolosztrum jelentős részét az immunglobulin-A teszi ki, ami nagy valószínűséggel nem abszorbeálódik a bélből, ezért táplálkozási szerepe elhanyagolható, jelentős a szerepe azonban az emésztőszervi fertőzések legyőzésében. Az anyatej sok olyan fehérjét tartalmaz, amely a tejmirigyben szintetizálódik, mint amilyenek például a laktoferrin, az α -laktalbumin és kazein, amelyek tejspecifikus fehérjék. A fehérjék másik része a vérből származik, melyeknek legjellegzetesebb képviselője a szérum-albumin. A tejmirigyben képződő fehérjék mennyisége gyorsan csökken a laktáció első napján, míg a vérből származó fehérjék koncentrációja csak csekély mértékben változik. Az anyatej fehérjéinek 2/3-a a savófehérjék csoportjába tartozik, ezért az anyatej aminosav-összetétele jelentős mértékben különbözik a tehéntejétől, ahol a kazein részaránya sokkal nagyobb, mint a savófehérjéé. Az anyatejben legnagyobb koncentrációban az α -laktalbumin, a laktoferrin és az immunglobulin-A fordul elő, melyek közül a laktoferrin – segítve a vas abszorpcióját – jelentős mennyiségben megtalálható az érett anyatejben, és mivel emésztetlenül halad keresztül a bélben, antimikrobiális hatása is jelentős.

Montagne és mtsai. (2000) az anyatej táp- és immunológiai-értékének vizsgálatát végezték el 79 anyától gyűjtött 780 mintából a laktáció első 12 hete alatt. Meghatározták az anyatej α -laktalbumin-, β -kazein-, szérumalbumin-, laktoferrin- és lizozimtartalmát. Az eredmények alapján leírták az anyatej fejlődésének dinamikáját, amelyet hat periódusra osztottak. Az első a korai szakasz, 1–4 nappal a szülés után, amikor a kolosztrum főként immunglobulinokat tartalmaz, a következő szakasz 5–8 nappal a szülés után, amikor az immunglobulinok koncentrációja jelentős mértékben csökken, a táplálkozási szempontból fontos fehérjék mennyisége pedig nő. Ezt követően a 9–18 és a 19–28 napok között képződött tejnek főként táplálkozási szerepe van, majd a szülés utáni 28–49 és az 50–84 nap között a tej kiegyensúlyozott; mind immunológiai, mind táplálkozási szempontból optimális a szoptatott csecsemők számára a növekedéshez és a fejlődéshez, és az immunglobulinok megvédik őket a fertőzésektől is.

Räihä (1984) vizsgálatai szerint a különböző emlősök tejének fehérjetartalma 1–20% között változik. Mivel a fehérjetartalom az újszülött testének szintézisére használandó fel, a tej fehérjetartalma szoros összefüggésben van az újszülött

növekedésének arányával. Az az optimális, ha a tej tápanyagtartalma találkozik az újszülött szükségleteivel, vagy egy kicsit nagyobb annál. A tehéntej összesfehérjetartalmát 3,30%-nak, az anyatejét pedig 0,89%-nak mérte, melynek során a szórások meglehetősen nagyok voltak. *Picciano* (2001) az anyatej fehérjetartalmát a laktáció kezdetén 1,58%-nak mérte, ami a laktáció folyamán lassan 0,8–0,9%-ra csökkent. Megállapítja, hogy az immunglobulinok, a lizozim és a laktoferrin hozzájárul az emésztőrendszer védekező mechanizmusához, szállítják, illetve megkötik a különböző vitaminokat, hormonhatású vegyületek, vagy más egyéb biológiai hatással bírnak (inzulin, prolaktin, különböző növekedésű faktorok). Megállapítja azt is, hogy az anyatej fehérjetartalma a többi emlőshöz viszonyítva csekély.

Manso és mtsai. (2007) az anyatej fehérjefrakcióit és azok változását vizsgálták a laktáció során kapilláris elektroforézissel. Megállapították, hogy az anyatej igen kis koncentrációban tartalmazza az α -s₁- és a κ -kazeint, míg a β -kazein a fő kazeinfrakció az anyatejben. Az α -laktalbumin az összes fehérje 30%-át, a laktoferrin pedig 7%-át tette ki. Legnagyobb koncentrációját mindkét fehérjefrakció a kolosztrumban érte el, mennyiségük ezt követően a laktáció negyedik hetéig csökkent. A laktoferrin az összes tejfehérje 10–25%-át, az immunglobulin-A 6–16%-át, a lizozim pedig 0,7–7,0%-át tette ki; különösen a lizozim esetében kaptak nagy különbségeket az egyedek között. Az anyatej kazeintartalma kb. 4,6 g literenként; a kolosztrumban található legnagyobb koncentrációban, mennyisége a laktáció második hetéig csökken, az első hónapig ismételtelen nő, majd ezt követően minimális mértékben csökken a laktáció folyamán. A vizsgálatok szerint a savófehérje-tartalom a laktáció első hetében csak kissé nagyobb, mint a kazeintartalom, arányuk megközelítette az 1-et. Ezt követően a savófehérjetartalom logaritmikusan csökkent a laktáció első négy hete alatt, és a laktáció későbbi szakaszában 41%-ot, a kazeintartalom pedig 59%-ot tett ki az összes fehérjéből. Megállapították, hogy a kolosztrumban a savófehérje/kazein arány 90/10-ről a laktáció korai szakaszában 60/40-re csökken, az érett tejben pedig 50/50 értékre áll be. E magas kazein és relatíve alacsony savófehérje értékeket azért kapták, mert vizsgálataik során a laktoferrint és lizozimet alulértékelték, az immunglobulin-A-t nem vizsgálták, a kazeinfrakcióba pedig a γ -kazeineket is beszámították.

Hartmann és mtsai. (1996) a tejmirigy fejlődését és a tejszintézis szabályozását tanulmányozva összehasonlították az anyatej összetételét különböző háziállatok tejösszetételével. Megállapították, hogy az anyatej kis energiatartalmú, és összetételében a tejcukor kivételével, ami az anyatejben található a legnagyobb koncentrációban, rendkívül szegény a többi állatfajéhoz képest. Jelentős eltérés található a fehérjefrakciókat és más egyéb olyan komponenseket illetően is, melyek nem táplálékként hasznosulnak a csecsemő szervezetében. A tehéntejben az α -kazein (2,5 g/100 ml) és a β -laktoglobulin (0,3 g/100 ml) a domináns fehérje, a kazein micellák nagysága pedig duplája az anyatejének. A tehéntejben a fő immunglobulin frakció az immunglobulin-G (0,06 g/100 ml), amelynek koncentrációja az anyatejben 0,001 g/100 ml, és a laktoferrin (0,2 g/100 ml) valamint a lizozim (0,05 g/100 ml) is csak igen kis koncentrációban van jelen az anyatejben. Az α -laktalbumin koncentrációja az anyatejben 0,3, míg a tehéntejben 0,1 g/100 ml. Az anyatejben jelentős mennyiségben meglévő nem táplálkozási jellegű nitrogéntartalmú komponensek a tehéntejből szinte teljesen hiányoznak.

Räihä (1984) vizsgálatai szerint a kevés fehérje egy része nem hasznosul az újszülött szervezetében, mert az immunglobulin-A pl. nagyon stabil alacsony pH-n, és ellenáll a proteolitikus enzimek támadásának. Ugyancsak kétséges a laktoferrin szerepe,

hisz hidrolitikus enzimek jelenlétében stabil, és az anyatejjel szoptatott csecsemők bélsarában immunológiailag aktív formában található, ezen túl a lizozim is ellenáll az emésztésnek, táplálkozási szerepe ezért kétséges. E három fehérje relatíve nagy koncentrációban van jelen az anyatejben; az összes koncentrációjuk literenként eléri a 3 g-ot, ezért az anyatej fehérjetartalmából csak mintegy 7 g hasznosul literenként. Feltételezve, hogy a szoptatott csecsemő élete első hónapjában mintegy 180 ml tejhez jut testtömegkilogrammonként, akkor abban testtömegre számolva 1,3 g fehérje van naponta. A tej fehérjéit kazein- és nemkazein-fehérjék nagy csoportjára lehet felosztani. A kazeinek tejspecifikus fehérjék, melyek észterkötésben foszforsavat tartalmaznak, prolintartalmuk magas, nincs bennük cisztin vagy annak koncentrációja nagyon alacsony, és vízdoldhatóságuk pH 4 és 5 között csekély. A kalciummal és a foszforral komplex micellákat alkotnak. Az anyatejben a kazein 30%-át teszi ki az összes fehérjének, mennyisége csak 2,5 g literenként, a tehéntejben viszont mintegy 80% a részaránya. A humán kazein elektroforézissel vizsgálva heterogén, és ugyanolyan frakciókra bontható szét, mint a tehéntejben lévő. A β -kazein a domináns kazeinfrakció az anyatejben, melynek koncentrációja körülbelül fele, mint a tehéntejben. Fenilalanin- és metionintartalma lényegesen különbözik a tehéntej β -kazeinjétől. A kazein eltávolítása után visszamaradó savófehérje a tehéntejben kb. 20%-a, az anyatejben pedig több mint 65%-a az összes fehérjének. Az anyatej fő savófehérje frakciói az α -laktalbumin (17%; 0,17 g/dm³), a laktoferrin (17%; 0,17 g/dm³), a lizozim (6%; 0,05 g/dm³), az immunglobulinok (20%; 0,20 g/dm³) és a szérum-albumin (6%; 0,05 g/dm³), ezeken kívül igen kis koncentrációban nagyszámú más fehérje is található benne, mint amilyenek az enzimek, a növekedési faktorok és hormonok. Az α -laktalbumin minden olyan tejben megtalálható, ami laktózt tartalmaz, hisz ez a fehérje a laktóz szintetáz β -alegysége. A humántej α -laktalbuminjának aminosav-szekvenciája 32 helyen mutat eltérést a szarvasmarha tejének α -laktalbuminjától. A laktoferrin, a második legnagyobb koncentrációban előforduló savófehérje az anyatejben, tejspecifikus, vaskötő fehérje, amely egy polipeptidláncból áll. Az anyatejben a fehérje vastelítettsége 2–4%-os, ami jelentős mértékben hozzájárul a vékonybélben levő vas abszorpciójához, és a tej bakteriosztatikus hatásához. A laktoferrin-koncentráció a vashiányos nők tejében nagyobb, mint a normálisan táplálkozókéban, ezért a laktoferrin megvédi az újszülötteket a vashiánytól. Az anyatej az összes többi tejnél nagyobb koncentrációban tartalmazza a lizozimet, ez a 130 aminosavból álló polipeptid 49 helyen azonos aminosavval rendelkezik az α -laktalbuminnal, ami azt bizonyítja, hogy az evolúció során hasonló módon jöttek létre. A lizozim hidrolizálja a mikroorganizmusok sejtmembránjának glikozidos kötéseit, aminek következtében antibakteriális funkciót tölt be az emésztőrendszerben. Ellenáll az emésztőenzimeknek, keresztülmegy az emésztőtraktuson, ezért táplálkozási szerepe korlátozott. A humántej átlagosan 50 mg/dm³ albumint tartalmaz, melynek szerepe nagyrészt csak a táplálkozásban van. Az immunglobulinok táplálkozási szerepe kétséges.

A tejfehérjék módosulása a hőkezelés és a tárolás alatt

Räihä (1984) vizsgálatai szerint a legtöbb fehérje denaturálódik, amikor hőhatásnak teszik ki, ezért hőkezelés hatására az enzimatis funkció megszűnik. Bár a szakirodalom rendkívül hiányos e tekintetben az mindenképp megállapítható, hogy az anyatej lizozimja és immunglobulin-A-ja 62,5 °C-ra történő melegítés után alig veszít biológiai aktivitásából, de e hőmérséklet felett aktivitását gyorsan és teljes mértékben elveszíti. A specifikus hőmérséklet elérése, a hűtési idő és a kezelés időtartama szintén befolyásolja a fehérje hasznosulását. Az anyatej enzimeji nagyon érzékenyek a

hőhatásra. A lipáz gyorsan elveszíti aktivitását; 50 °C-on, 5 perc alatt aktivitásának 50%-a elvész, míg a szulfhidril oxidáz 62,5 °C-on 30 perc alatt teljes mértékben inaktiválódik. Ha hőkezelt anyatejet adnak a csecsemőnek, a baktériumok szaporodása sokkal gyorsabb, mint a nyerstej esetében, ezért az anyatejet nem célszerű pasztörözni. A lefagyasztás, illetve a felengedés sokkal kevésbé veszélyes, mint a hőkezelés, mégis a fagyasztás tönkreteszi a makrofágokat és a limfocitákat, ezért csökkenti az újszülöttnben a védekezés hatékonyságát.

ÖSSZES AMINOSAV- ÉS SZABADAMINOSAV-TARTALOM

Összesaminosav-tartalom

Yamawaki és mtsai. (2005) Japán különböző vidékeiről származó nők tejének összesaminosav-összetételét vizsgálták. Megállapították, hogy az összesaminosav-tartalom a fehérjetartalomnak megfelelően, kezdetben a laktáció 6–10. napja között nő, majd a 11–89. napja között csökken. Az aminosavak összege a laktáció 1–5. napja között 1904 mg/100 ml, ami a 6–10. nap között 2077 mg/100 ml-re nő, majd a 11–20. napra 1527 mg/100 ml-re, a 21–89. napra pedig 1183 mg/100 ml-re csökken. Az 1–5. és a 6–10. napok között nem volt szignifikáns különbség az összesaminosav-tartalomban. Vizsgálataikból levonták azt a következtetést, hogy az anyatej aminosav-összetételében igen nagy különbségek tapasztalhatók a japán anyák esetében, ezért régiófüggő különbségeket nem tudtak kimutatni.

Wu és mtsai. (2000) szerint tajvani anyák tejének teljes aminosav-tartalma a nyersfehérje 80–85%-át (41–48 mg/100 ml) tette ki a laktáció alatt. Az esszenciális és nem esszenciális aminosavak aránya konstans maradt a laktáció során függetlenül attól, hogy a fehérjefrakciók változásával összefüggésben az aminosav-tartalom jelentős mértékben csökkent. *Chavalittamrong és mtsai.* (1981) 153 thaiföldi anya tejének aminosav-összetételét elemezték a laktáció 0–270. napja között. Vizsgálataik szerint az esszenciális és nem esszenciális aminosavak mennyisége állandó volt a laktáció során, valamint az aminosav-összetételt nem befolyásolta az anya kora és szociális helyzete, ugyanis e tényezőknek csak a tejmennyiségre volt hatása. A thaiföldi anyák tejének aminosav-összetételét elemezve megállapították, hogy annak metionin-, valin- és tirozintartalma némileg alacsonyabb, triptofán- és lizintartalma viszont magasabb az irodalomban közltekénél.

DeSantiago és mtsai. (1999) Mexikó vidéki körzeteiben élő, 19–24 év közötti anyák étel- és táplálékfogyasztását, a vérplazma és az anyatej aminosav-összetételét vizsgálták. Az anyák napi tejtermelése átlagosan 770 ml volt. A fogyasztott étel- és táplálék összetételét komputerrel becsülték, ami a helyi étel- és táplálék összetételének előzetes meghatározásán alapult; az aminosavak mennyiségét automata aminosav-analizátorral mérték. A fogyasztott táplálék jelentős mennyiségű fenilalanint és leucint tartalmazott, lizintartalma azonban meglehetősen alacsony volt; a fogyasztott napi mennyiség lizinből 20%-kal kevesebb volt annál, amit szoptató anyáknak javasolnak. A táplálék treonin- és triptofántartalma is magasabb volt a javasolt szintnél. Az összes aminosavak koncentrációja a tejben 24,090 mmol/l volt, ezen belül az esszenciális aminosavak mennyiségét 10,222 mmol/l-nek (42%), a nem esszenciális aminosavakét pedig 13,867 mmol/l-nek (58%) mérték. Az anyatej legnagyobb mennyiségben a glutaminsavat tartalmazta (3,664 mmol/l), amit a prolin (2,479 mmol/l), a leucin (2,283 mmol/l), a valin (2,097 mmol/l) követett, legkisebb mennyiségben a hisztidin (0,409 mmol/l), a cisztein (0,309 mmol/l) és a metionin (0,372 mmol/l) volt jelen az anyatejben. Nem

találtak szignifikáns összefüggést a fogyasztott élelmiszerek és a plazma aminosav-összetétele között, ezzel szemben pozitív összefüggés volt a legtöbb esszenciális aminosav esetében az élelmiszer és a tej aminosav-tartalma között. Jellemző erre a táplálékra az esszenciális aminosavak, különösen a lizin alacsony koncentrációja, ami a nagy mennyiségű kukoricára alapozott élelmiszerfogyasztással magyarázható. Közismert a kukorica alacsony lizin- és magas leucintartalma, amivel a szükséges esszenciális aminosav-szintet nehéz biztosítani szoptató anyáknál. A tejmirigyben levő glutaminsav nagy mennyisége a transzaminálás folyamán hozzájárul más aminosavak előállításához. A prolin limitáló aminosav a tejmirigyben, mivel a tejfehérje prolinban rendkívül gazdag. Az élelmiszer és a tej aminosav-összetétele között kimutatott összefüggés rávilágít arra, hogy a tejmirigyben levő tejfehérje-szintézist az aminosavak katabolizmusa, illetve az esszenciális aminosavak transzportja együttesen alakítja.

Räihä (1984) vizsgálatai szerint az anyatej és a tehéntej aminosav-összetétele a különböző fehérjefrakciók miatt eltér egymástól. A kazein alacsony cisztintartalma miatt az anyatej cisztin/metionin aránya (2:1), ami sokkal nagyobb, mint a tehéntejé (1:3). Az anyatejben levő cisztin/metionin arány nagyon hasonlít a növényi fehérjékhez. A másik lényeges különbség az aromás oldalláncú fenilalanin és tirozin esetében tapasztalható, mely aminosavak a savófehérjében sokkal kisebb koncentrációban fordulnak elő, mint a kazeinben. A treoninból az anyatej többet tartalmaz, mert a savófehérjék treonintartalma nagyobb, mint a kazeiné. A tej NPN-tartalmának domináns aminosava a glutaminsav ($170 \mu\text{mol}/\text{dm}^3$) és a taurin ($30 \mu\text{mol}/\text{dm}^3$), ez utóbbi szinte teljesen hiányzik a tehéntejből, viszont az anyatejben a második legnagyobb mértékben előforduló aminosav.

Davis és mtsai. (1994) az anyatej aminosav-összetételét hasonlították a csimpánzéhoz, a gorilláéhoz, a baboon és a rhesus majmokéhoz, a tehénéhez, a kecskééhez, a birkáéhoz, a lámáéhoz, a lóéhoz, az elefántéhoz, a macskáéhoz és a patkányéhoz. Az aminosavakat g aminosav/liter tej és g aminosav/100 g összes aminosav koncentrációban is megadták, melynek során a szabad formában lévő aminosavat és a fehérjében kötötteket együtt értékelték. A triptofánra, ami a savas hidrolízis folyamán teljes mértékben elbomlik, a glutaminra valamint az aszparaginra, ami glutaminsavvá és aszparaginsavvá alakult át, nem közölnek adatokat. Megállapították, hogy mind az anyatej, mind pedig a különböző főemlősök teje, az alacsonyabb fehérjetartalomnak megfelelően, lényegesen kevesebb aminosavat tartalmaz, mint a többi állatfajé. Az összesaminosav-tartalom a patkány tejében volt a legnagyobb ($86,9 \text{ g/l}$), melyet a macska teje ($75,7 \text{ g/l}$) követett. A juh ($54,1 \text{ g/l}$), az elefánt ($37,1 \text{ g/l}$), a sertés ($35,0 \text{ g/l}$), a tehén ($33,6 \text{ g/l}$), a láma ($29,6 \text{ g/l}$), a kecske ($25,7 \text{ g/l}$), valamint a ló ($15,8 \text{ g/l}$) tejének összesaminosav-tartalma is szignifikánsan nagyobb volt, mint a csimpánz ($9,2 \text{ g/l}$), a gorilla ($11,5 \text{ g/l}$), a baboon ($11,5 \text{ g/l}$) vagy a rhesus majom ($11,6 \text{ g/l}$) tejéé. A fenti állatokhoz képest az összesaminosav-tartalom a humántejben volt a legalacsonyabb $8,5 \text{ g/l}$ -rel, az anyatej aminosav-koncentrációja gyakorlatilag azonosnak mondható a főemlősökével. A főemlősökön kívül az összes állatfaj teje, a ló kivételével, lényegesen több aminosavat tartalmaz, mint az anyatej. Az egyes aminosavakat vizsgálva megállapítható, hogy mindegyik állatfaj tejében a glutaminsav volt jelen a legnagyobb koncentrációban, ami a humántejben volt a legalacsonyabb (190 mg/g összes aminosav), a láma, a patkány, valamint a csimpánz tejében pedig a legnagyobb koncentrációban ($220, 221, 221 \text{ mg aminosav/g}$ összes aminosav), szélsőséges eltéréseket a különböző fajok között nem találtak. A leucin a macska, valamint a főemlősök tejében volt nagyobb koncentrációban (macska: 118; humántej: 104; patkány: 92; juh: 90 mg aminosav/g összes aminosav); a leucint a prolin

követte 10–20%-al az összes aminosav százalékában (sertés: 117, humántej: 95; patkány 75 mg aminosav/g összes aminosav). Mindegyik vizsgált faj tejében az esszenciális aminosavak mintegy 40%-ot tettek ki, és e tekintetben a fajok nem különböztek szignifikánsan egymástól. A legalacsonyabb értéket a ló valamint a sertés tejében (377; 379 mg aminosav/g összes aminosav), a legmagasabbat pedig a láma és a kecske tejében (443; 433 mg aminosav/g összes aminosav) mérték. Az elágazó láncú aminosavak (valin, leucin, izoleucin) az összes aminosavnak mintegy 20%-át tették ki, melyek a főemlősök tejfehérjében szignifikánsan nagyobb koncentrációban fordultak elő. Ezekből legkisebb mennyiséget a sertés és a ló (175; 178 mg aminosav/g összes aminosav), a legtöbbet pedig a humántej (209 mg aminosav/g összes aminosav) tartalmazta. A kéntartalmú aminosavak közül a patkány és a macskatej (50,7; 44,0 mg aminosav/g összes aminosav) tartalmazta a legtöbbet, míg a többi faj fehérjeje e tekintetben nem különbözött szignifikánsan egymástól (31,4–38,4 mg aminosav/g összes aminosav). Mindegyik állat teje több metionint (17,0–24,8 mg aminosav/g összes aminosav) és kevesebb cisztint (10,1–16,2 mg aminosav/g összes aminosav) tartalmazott mint a humántej, melynek metionintartalmát 16,1, cisztintartalmát pedig 20,2 mg aminosav/g összes aminosavnak mérték. A többi aminosav mennyiségét összehasonlítva megállapították, hogy a sertés tej glicintartalma a legmagasabb, a macskáé pedig a legalacsonyabb (32 és 10 mg aminosav/g összes aminosav). A szerin- és cisztintartalom a patkány tejében volt a legmagasabb (85 és 26 mg aminosav/g összes aminosav) és a láma tejében a legalacsonyabb (41 és 7 mg aminosav/g összes aminosav). Az arginintartalom a macska (64 mg aminosav/g összes aminosav), valamint a kanca (60 mg aminosav/g összes aminosav) tejében volt a legnagyobb, legkisebb koncentrációt viszont a kecske teje (29 mg aminosav/g összes aminosav) mutatott. Az anyatej glicintartalmát 22, szerintartalmát 61, cisztintartalmát 20, és arginintartalmát pedig 36 mg aminosav/g összes aminosavnak mérték. Megállapították, hogy az anyatejben az összes aminosav-tartalmon belül legnagyobb koncentrációban a glutaminsav (190 mg aminosav/g összes aminosav), legkisebb koncentrációban pedig a metionin (16 mg aminosav/g összes aminosav) van jelen. Az esszenciális aminosavak közül legmagasabb volt a leucin- (104 mg aminosav/g összes aminosav), valamint a lizintartalom (71 mg aminosav/g összes aminosav), közepes értéket kaptak az izoleucin- (53 mg aminosav/g összes aminosav), a valin- (51 mg aminosav/g összes aminosav), valamint a treonintartalomra (44 mg aminosav/g összes aminosav), és legkisebb volt a hisztidin koncentrációja (23 mg aminosav/g összes aminosav). Levonták azt a következtetést, hogy az anyatej összetétele rendkívüli módon hasonlít a főemlősökére, és szinte azonos az emberszabású majmokéval.

Szabadaminosav-tartalom

Yamawaki és mtsai. (2005) Japán különböző vidékeiről származó nők tejének szabad aminosav-összetételét vizsgálták. Megállapították, hogy míg a glutaminsav- (10–51 mg/100 ml), a szerin- (0,72–1,17 mg/100 ml), a glicin- (0,37–0,81 mg/100 ml), az alanin- (1,30–1,88 mg/100 ml) és a cisztintartalom (0,57–0,77 mg/100 ml) nő, addig a foszfoszerin- (1,83–0,66 mg/100 ml), a taurin- (7,00–6,56 mg/100 ml), a prolin- (0,77–0,24 mg/100 ml), a leucin- (0,76–0,40 mg/100 ml), a tirozin- (0,42–0,24 mg/100 ml), a lizin- (1,88–0,38 mg/100 ml) és az arginintartalom (0,86–0,21 mg/100 ml) csökken, az aszparaginsav (0,76–0,65 mg/100 ml), a treonin (0,90–0,92 mg/100 ml), a metionin (0,18–0,14 mg/100 ml), az izoleucin (0,28–0,16 mg/100 ml), a fenilalanin (0,34–0,29 mg/100 ml), az ornitin (0,12–0,10 mg/100 ml) és a hisztidin (0,32–0,41 mg/100 ml)

mennyisége viszont nem változik lényegesen a laktáció során. Vizsgálataik szerint a szabad-aminosavak koncentrációját a laktáció jelentős mértékben befolyásolja, de a hatás az egyes aminosavak esetében eltérő módon nyilvánul meg.

Carratù és mtsai. (2003) Olaszország különböző részein élő anyák tejének szabadaminosav-tartalmát vizsgálták oszlop előtti FMOC-Cl (fluorenilmetil-kloroformát) származékképzéssel, C18 típusú fordított fázisú oszlopon, nagyhatékonyságú folyadékkromatográfiával. A tejmintákat a laktáció negyedik hetén gyűjtötték, melyekből a szabad aminosavak összes mennyiségét 47 mg/l-nek mérték. Megállapították, hogy legmagasabb koncentrációban a glutaminsav fordult elő az anyatejben (1171 $\mu\text{mol/l}$), amit a szerin (333 $\mu\text{mol/l}$), a taurin (301 $\mu\text{mol/l}$), a glutamin (259 $\mu\text{mol/l}$), valamint az alanin (211 $\mu\text{mol/l}$) és aszparaginsav (140 $\mu\text{mol/l}$) követett, a többi aminosav koncentrációja kevesebb volt, mint 130 $\mu\text{mol/l}$. Legkisebb koncentrációban a metionin (10,4 $\mu\text{mol/l}$), a tirozin (20,1 $\mu\text{mol/l}$), fenilalanin (20,5 $\mu\text{mol/l}$) és az arginin (20,9 $\mu\text{mol/l}$) volt jelen az anyatejben. Az összes szabadaminosav-tartalmon belül az esszenciális aminosavak 13%-ot, a nem esszenciális aminosavak pedig 87%-ot tettek ki. *Wu és mtsai.* (2000) tajvani anyák tejének szabadaminosav-összetételét határozták meg, ami az egyik vizsgált régióban 43–50 mg/100 ml, a másokban pedig 40–45 mg/100 ml között változott. A kolosztrumban a foszfo-etanolamin, az érett tejben pedig a glutaminsav volt a fő komponens.

Agostoni és mtsai. (2000b) szerint az anyatej összes szabadaminosav-koncentrációja szignifikánsan csökken a laktáció során, míg a glutaminsav és a glutamin mennyisége nő a szülés utáni idő függvényében. Az anyatej szabad aminosavainak biológiai jelentősége, hogy a szabad aminosavak hozzájárulnak a test hasznosítható nitrogéntartalékainak kialakulásához és a plazma szabadaminosav-tartalmához, mivel a szabad aminosavak könnyebben abszorbeálódnak, mint a fehérjében kötöttek. *Agostoni és mtsai.* (2000a) az anyatej és a különböző por alakú és folyékony csecsemőtápszerek szabadaminosav-tartalmát határozták meg. Az aminosavakat fordított fázisú oszlopon nagyhatékonyságú folyadékkromatográfiával, fluorenil-metil-kloroformát oszlop előtti származékképzéssel, UV és fluoreszcens detektálással határozzák meg. A tejmintákat 16 anyától a laktáció negyedik napján (kolosztrum), majd az első és harmadik hónapjában gyűjtötték. Megállapították, hogy az anyatejben a glutaminsav és a glutamin, valamint a taurin együttesen több mint 50%-át teszi ki az összes szabad aminosavnak, a különböző tejpótló tápszerekben viszont a szabad aminosavak mennyisége csak 10%-a az anyatejének, melyet döntően a taurin és a metionin tesz ki. A glutaminsav és a glutamin mennyisége az összes tápszerben sokkal alacsonyabb, mint az anyatejben, ezért az anyatejjel szignifikánsan több glutaminsav és glutamin kerül a csecsemő szervezetébe. A taurin szerepe a csecsemők táplálásánál még nem teljesen tisztázott, de idegrendszervédő szerepe miatt feltétlenül szükséges, hogy megfelelő koncentrációban legyen a csecsemőtápszerekben. Vizsgálataik szerint a szabadaminosav-tartalom a kolosztrumban volt a legalacsonyabb (2204 $\mu\text{mol/l}$), amely az első hónapban 2679 $\mu\text{mol/l}$ -re nőtt, majd a harmadik hónapban érte el legmagasabb értékét 3015 $\mu\text{mol/l}$ -rel. Az esszenciális aminosavak koncentrációja a kolosztrumban 306 $\mu\text{mol/l}$, a laktáció első és harmadik hónapja között pedig 283 és 297 $\mu\text{mol/l}$ volt. A nem esszenciális aminosavaknál a glutaminsav, a taurin és a szerin volt jelen legnagyobb koncentrációban. A laktáció során (kolosztrum, 1. hónap, 3. hónap) a glutaminsav, a glutamin, a glicin és a treonin koncentrációja nőtt (glutaminsav: 461, 1081, 1382 $\mu\text{mol/l}$; glutamin: 0, 182, 614 $\mu\text{mol/l}$; glicin: 67, 95, 117 $\mu\text{mol/l}$; treonin: 68, 82, 99 $\mu\text{mol/l}$), az aszparaginsav, a leucin és a lizin mennyisége viszont csökkent (aszparaginsav: 44, 41, 24 $\mu\text{mol/l}$; leucin: 51, 40, 37 $\mu\text{mol/l}$; lizin: 93, 36, 33 $\mu\text{mol/l}$). A prolin, valamint a taurin koncentrációja az első

hónapig csökken, majd a harmadik hónapra stabilizálódott (prolin: 32, 18, 19 $\mu\text{mol/l}$; taurin 396, 278, 279 $\mu\text{mol/l}$), ezzel szemben a szerin koncentrációja az első hónapig nőtt, majd konstans szinten maradt (19, 142, 143 $\mu\text{mol/l}$). A valin (66, 68, 64 $\mu\text{mol/l}$), a fenilalanin (17, 20, 18 $\mu\text{mol/l}$) és az izoleucin (28, 24, 25 $\mu\text{mol/l}$) koncentrációja különösebb változást nem mutatott a laktáció vizsgált szakaszában. A hisztidin koncentrációja a kolosztrumban, valamint az első hónapban 16 $\mu\text{mol/l}$ volt, amely a harmadik hónapra 24 $\mu\text{mol/l}$ -re nőtt. Az alanin- és a tirozintartalom nőtt az első hónapig, majd koncentrációjuk csaknem lecsökkent a kolosztrumban mért értékre. Megállapították, hogy az anyatejben a glutaminsav és a glutamin az összes szabad aminosav mintegy 50%-át teszi ki, a tehéntejben viszont ezek értéke csak 300 $\mu\text{mol/l}$, de ez még mindig magasabb, mint a tápszerekben, ami a tehéntej kezelésének az eredménye. Egy egészséges tejjel táplált 4 kg-os csecsemő közel 600 ml tejet szopik naponta, ebben mintegy 120 mg szabad glutaminsav és glutamin található, ami testtömegkilogrammonként több mint 30 mg-ot jelent. Ez a magas arány talán azzal magyarázható, hogy a glutaminsav az α -keto-glutársav forrása, ami neurotranszmitter az agyban, és a glutaminsav transzaminálása α -keto-glutársavat eredményez, ami be tud lépni a glükoneogenezisbe, és a bélben a hámsejtek legfontosabb energiaellátója. Szerepet tulajdonítanak neki a humán immunsejtek képzésében, a plazma szabadaminosav-tartalmának kialakításában, a vékonybél hámsejtjeinek növekedésében, és az idegszövet fejlődésében, ezért elengedhetetlenül szükséges a csecsemőtápszerek glutaminsavval és glutammal történő kiegészítése.

Harzer és mtsai. (1984) az anyatej szabadaminosav-tartalom változását vizsgálták a laktáció korai szakaszában. Tíz anyától összesen 78 tejmintát vettek (20 ml) a laktáció első öt hetében (1., 3., 5., 8., 15., 22., 29. és 36-ik napon), amit azonnal $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ra lehűtötték. Az aminosav-analíziseket aminosav-analízátorral, ninhidrines detektálással végezték. A kolosztrumtól az érett tejig a különböző aminosavak mennyisége az alábbiak szerint változott ($\mu\text{mol}/100\text{ ml}$): a glutaminsav- (36,6–100,6), a glutamin- (0,9–20,8), az alanin- (9,5–19,0), a glicin- (4,6–11,1), a cisztin- (1,1–2,6) és a foszfoetanolamin-tartalom (4,2–9,9) nőtt, a szerin- (12,1–5,8), a foszfoserin- (7,9–3,6), az aszparaginsav- (5,6–3,0), az arginin- (7,3–1,0), a lizin- (4,6–1,7), a izoleucin- (1,8–0,9), a fenilalanin- (0,9–0,6), a prolin- (3,7–2,8), a metionin- (0,7–0,3), a triptofán- és a β -alanin-tartalom (1,2–0,3) viszont csökkent a laktáció során. A legnagyobb változások a laktáció első öt napja alatt játszódtak le, így a különbségek az átmeneti és az érett tej között elhanyagolhatóak. Nem találtak szignifikáns különbségeket a kolosztrum, az átmeneti tej és az érett tej között az összes szabad aminosav (194–248 $\mu\text{mol}/100\text{ ml}$), a taurin (45,0–41,5 $\mu\text{mol}/100\text{ ml}$), a treonin (5,4–6,0 $\mu\text{mol}/100\text{ ml}$), a valin (3,5–3,8), a leucin (2,6–2,0 $\mu\text{mol}/100\text{ ml}$), a hisztidin (1,9–2,0 $\mu\text{mol}/100\text{ ml}$) és a tirozin (2,2–1,8 $\mu\text{mol}/100\text{ ml}$) esetében sem.

Agostoni és mtsai. (2000a) eredményeihez, akik kanadai anyák tejének szabadaminosav-tartalmát vizsgálva az előtejben 3397 $\mu\text{mol/l}$, a normál érett tejben pedig 3069 $\mu\text{mol/l}$ koncentrációt mértek. A tehéntej szabadaminosav-tartalmára 1061 $\mu\text{mol/l}$ értéket kaptak, ami jóval kisebb, mint az anyatejé. *Emmett és Rogers* (1997) szerint az anyatej szabad aminosavai közül különös jelentősége van a szabad taurinnak, ami nagy koncentrációban fordul elő az anyatejben. Ez az aminosav ugyan nem esszenciális a csecsemő számára, azonban az alacsony testtömeggel születettek taurinelőállító-képessége csekély. Megállapították róla, hogy az idegrendszer bizonyos helyein nagy koncentrációban található, és az állatkísérletek azt is kimutatták, hogy hiánya gátolja az idegrendszer és a szem fejlődését. Szerepe van a zsírszorbpcióban is,

hisz az alacsony testsúllyal született csecsemőknél a taurinkiegészítés növelte a zsírszorbpció hatékonyságát anyatejtáplálás esetében.

Sarwar és mtsai. (1998) megállapították, hogy az anyatej szabadaminosav-tartalma olasz anyáknál 3020 ± 810 $\mu\text{mol/l}$, ami nagyon hasonló volt az anyák között. Vizsgálták a humán és különböző főemlősök átmeneti-, valamint érett tejének szabadaminosav-összetételét fenil-tiocianát származékképzéssel, nagyhatékonyságú folyadékkromatográfiával. Az egyes fajokon belül vett előtej, átmeneti tej, valamint érett tej összes szabadaminosav-tartalmában kis eltérés mutatkozott. A szabadaminosav-tartalmon belül az anyatejben a glutaminsav-tartalom az előtejben 1,412 mmol/l; az átmeneti tejben 1,339 mmol/l; az érett tejben pedig 2,157 mmol/l volt. Ezek az értékek a taurin esetében 0,388; 0,318; 0,331 mmol/l, az alanin esetében pedig 0,342; 0,316; 0,294 mmol/l voltak. A glutaminsav legnagyobb mennyiségben a csimpánz tejében található (2,528 mmol/l), majd ezt követi a gorilla (1,787 mmol/l), a tehén (1,349 mmol/l), az elefánt (1,332 mmol/l), a sertés (1,238 mmol/l), valamint a ló (1,119 mmol/l). A csimpánznál és gorillánál a második legnagyobb mennyiségben jelen lévő szabad aminosav az alanin (0,349; 0,453 mmol/l), a sertés és ló esetében pedig a glicin (1,204, 0,947 mmol/l). A tengeri emlősöknél legnagyobb koncentrációban a taurin volt jelen (6,508–11,901 mmol/l) a tejben, ezt követte a hisztidin (1,907–5,692 mmol/l) és a prolin (1,671 mmol/l), majd az arginin (0,268–0,362 mmol/l). Szabad aminosavakból a legtöbbet az antarktisi fókák (20,862 mmol/l), az elefántfókák (16,393 mmol/l) a kaliforniai (14,748 mmol/l), valamint az ausztrál fókák teje tartalmazott (12,196 mmol/l). A sertés tejének összes szabadaminosav-tartalma 7,381 mmol/l volt. Nem volt nagy eltérés az anya (2,157 mmol/l), a kanca (3,913 mmol/l), az elefánt (3,477 mmol/l), a csimpánz (4,313 mmol/l) és a gorilla (3,879 mmol/l) tejének szabadaminosav-tartalmában, míg a tehéntej szabadaminosav-tartalma 1,061 mmol/l volt. Minden emlősfaj tejének a fajra jellemző speciális szabadaminosav-tartalma van, amely jellemző az adott fajra.

Cubero és mtsai. (2005) az anyatej triptofántartalmát és a csecsemő alvási ritmusának összefüggéseit vizsgálták. A meghatározásnál lúgos hidrolízist alkalmaztak, és HPLC-vel mérték a triptofánt. Köztudott erről az aminosavról, hogy a szerkezet ebből szintetizálja a melatonin hormont, ami felelős az alvás szabályozásáért, és jól ismert az is, hogy az anyatejjel táplált csecsemők nyugodtabban alszanak, mint a csecsemőtápszerral neveltek. A kísérletben 16, 12 hetes csecsemőt hasonlítottak össze, akiknek felét anyatejjel, másik felét pedig csecsemőtápszerral táplálták. A 24 órás alvási ritmust hasonlították a tej triptofántartalmához, illetve a vizeletben kiválasztott 6-szulfatoxi-melatonin koncentrációjához. Megállapították, hogy az anyatej triptofántartalma a 8 és 20 óra közötti napszakban minimális értéket mutat (55–60 $\mu\text{mol/l}$), 20 óra után emelkedik, és maximumát hajnali 3 és 4 óra között éri el 75–80 $\mu\text{mol/l}$ -rel. A csecsemő vizeletében a 6-szulfatoxi-melatonin pár órás késéssel követte az anyatej triptofántartalmának változását. Maximumát hajnali 6 órakor érte el 20 ng/ml-rel, minimumot pedig délután 16–20 óra között mutatott 2–4 ng/ml-rel. Az anyatejjel táplált csecsemők esetében időbeni egyezést sikerült kimutatni az anyatej triptofántartalma és a csecsemő vizeletében levő 6-szulfatoximelatonin-tartalom között.

IRODALOM

Agostoni, C., Carratù, B., Boniglia, C., Riva, E., Sanzini, E. (2000a): Free Amino Acid Content in Standard Infant Formulas: Comparison with Human Milk. *Journal of the American College of Nutrition.* 19. 4. 434-438.

- Agostoni, C., Carratù, B., Boniglia, C., Lammardo, A.M., Riva, E., Sanzini, E. (2000b): Free Glutamine and Glutamic Acid Increase in Human Milk Through a Three-Month Lactation Period. *Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition*. 31. 4. 508-512.
- Bener, A., Galadari, S., Gilett, M., Osman, N., Al-Taneiji, H., Al-Kuwaiti, M.H.H., Al-Sabosy, M.M.A. (2001): Fasting during the holy month of Ramadan does not change the composition of breast milk. *Nutrition Research*. 21. 6. 859-864.
- Carratù, B., Boniglia, C., Scalise, F., Ambruzzi, A.M., Sanzini, E. (2003): Nitrogenous components of human milk: non-protein nitrogen, true protein and free amino acids. *Food Chemistry*. 81. 3. 357-362.
- Chavalittamrong, B., Suanpan, S., Boonvisut, S., Chatranon, W., Gershoff, S.N. (1981): Protein and amino acids of breast milk from Thai mothers. *Am. J. Clin. Nutr.* 34. 6. 1126-1130.
- Cubero, J., Valero, V., Sánchez, J., Rivero, M., Parvez, H., Rodríguez, A.B., Barriga, C. (2005): The circadian rhythm of tryptophan in breast milk affects the rhythms of 6-sulfatoxymelatonin and sleep in newborn. *Neuroendocrinology Letters*. 26. 6. 657-661.
- Davis, T.A., Nguyen, H.V., Garcia, B.R., Fiorotto, M.L., Jackson, E.M., Lewis, D.S., Lee, D.R., Reeds, P.J. (1994): Amino Acid Composition of Human Milk Is Not Unique. *American Institute of Nutrition*. January. 1126-1132.
- DeSantiago, S., Ramirez, I., Tovar, A.R., Ortiz, N., Torres, N., Bourges, H. (1999): Amino Acid Profiles in Diet, Plasma and Human milk in Mexican Rural Lactating Women. *Nutrition Research*. 19. 8. 1133-1143.
- Emmett, P.M., Rogers, I.S. (1997): Properties of human milk and their relationship with maternal nutrition. *Early Human Development*. 49. S7-S28.
- Hartmann, P.E., Owens, R.A., Cox, D.B., Jacqueline, C., Kent, J.C. (1996): Breast development and control of milk synthesis. *The United Nations University Press, Food and Nutrition Bulletin*. 17. 4.
- Harzer, G., Franzke, V., Bindels, J.G. (1984): Human milk nonprotein nitrogen components: changing patterns of free amino acids and urea in the course of early lactation. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 40. 303-309.
- Khatir Sam, A., Mustafa, M.O., EL-Khangi, F.A. (1998): Determination of protein and trace elements in human milk using NAA and XFR techniques. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*. 231. 1-2. 21-23.
- Manso, M.A., Miguel, M., López, F.R. (2007): Application of capillary zone electrophoresis to the characterisation of the human milk protein profile and its evolution throughout lactation. *Journal of Chromatography*. 1146. 110-117.
- Marina, M.C., Sanjurjo, A., Rodrigob, M.A., Alaniza, M.J.T. (2005): Long-chain polyunsaturated fatty acids in breast milk in La Plata, Argentina: Relationship with maternal nutritional status. *Prostaglandins, Leukotrienes and Essential Fatty Acids*. 73. 355-360.
- Montagne, P.M., Cuillière, M.L., Molé, C.M., Béné, M.C., Faure, G.C. (2000): Dynamics of the Main Immunologically and Nutritionally Available Proteins of Human Milk during Lactation. *Journal of Food Composition and Analysis*. 13. 2. 127-137.
- Murakami, K., Lagarde, M., Yuki, Y. (1998): Identification of minor proteins of human colostrum and mature milk by two-dimensional electrophoresis. *Electrophoresis*. 19. 14. 2521-2527.
- Picciano, M.F. (2001): Nutrient composition of Human milk. *Pediatric Clinics of North America*. 48. 1. February.

- Räihä, N.C.R. (1984): Nutritional Proteins in Milk and the Protein Requirement of Normal infants. Feeding the normal infant, Palm Springs, CA, April. 8-11. 136-141.
- Saarela, T., Kokkonen, J., Koivisto, M. (2005): Macronutrient and energy contents of human milk fractions during the first six months of lactation. *Acta Pædiatrica*. 94. 1176-1181.
- Sarwar, G., Botting, H.G., Davis, T.A., Darling, P., Pencharz, P.B. (1998): Free amino acids in milks of human subjects, other primates and non-primates. *British Journal of Nutrition*. 79. 129-131.
- Wu, C.T., Chuang, C.C., Lau, B.H., Hwang, B., Sugawara, M., Idota, T. (2000): Crude protein content and amino acid composition in Taiwanese human milk. *Journal of Nutritional Science and Vitaminology*. 46. 5. 246-251.
- Yamawaki, N., Yamada, Kanno, T., Kojima, T., Kaneko, T., Yonekubo, A. (2005): Macronutrient, mineral and trace element composition of breast milk from Japanese women. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*. 19. 2-3. 171-181.

Levelezési cím (*Corresponding authors*):

Salamon Szidónia

Erdélyi Magyar Tudományegyetem, Csíkszeredai Campus,
Élelmiszer-tudományi Tanszék,
RO-530104 Csíkszereda, Szabadság tér 1.
University of Transsylvania, Csíkszereda Campus,
Department of Food Sciences,
RO-530104Csíkszereda, Szabadság tér 1.
Tel.: 40-266-317-121, Fax: 40-266-314-657
e-mail: salamonszidonia@sapientia.siculorum.ro