



Az anyatej összetétele III. Makro- és mikroelemtartalom (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 makro- és mikroelemtartalmát elemezték a legújabb publikációk tükrében. Az anyatej kalciumtartalma a legtöbb tanulmányban 84–462, foszfortartalma pedig 17–278 mg/l között változott. Mind a kalcium, mind a foszfor mennyisége nőtt a laktáció folyamán, de egyik elem mennyiségére sem volt hatással a szérum kalcium- és foszforszintje, valamint a vitaminkiegészítés, az életkor és a dohányzás. Az anyatej átlagos magnéziumkoncentrációja 30 mg/l, melyet nem befolyásol a kor, a D-vitamin kiegészítés, a laktáció és a diabétesz, és a magnézium kiegészítés is csak az első napon emeli meg a tej magnéziumtartalmát. A kolosztrum nátriumtartalma 300–400 mg/l-ről 120–250 mg/l-re, káliumtartalma 600–700 mg/l-ről 400–550 mg/l-re, kloridtartalma pedig 600–800 mg/l-ről 400–500 mg/l-re csökken az érett tejben. A mikroelemek egyrésze fehérjéhez kötötten fordul elő a tejben, ami a felszívódás hatékonyságát növeli. Az anyatej vastartalmát szélsőséges esetekben 0,04–1,92 mg/l közöttinek mérték, átlagosan 0,40 mg/l, melyre nincs hatással a környezet, az anya tápláléka, a vasbevitel és a fogamzásgátló készítmények. Felszívódása az anyatejből rendkívül kedvező, ezért az alacsony vastartalom is képes a csecsemő szükségleteit kielégíteni. Az anyatej réztartalma 0,03–2,19 mg/l között változik, átlagosan 0,350 mg/l. A laktáció hatásáról ellentétesek a vélemények a réztartalomra, és úgy tűnik, hogy mennyiségét sem a táplálék, sem a rézbevitel nem befolyásolja. Nagyobb része fehérjéhez kötődik, ezért felszívódása rendkívül kedvező. Az anyatej cinktartalmát 0,15–5,41 mg/l közöttinek mérték, és átlagértékről a nagyságrendi eltérések miatt nehéz beszélni. Ugyancsak szélsőséges a mangántartalomra kapott 0,8–21,5 µg/l érték is, melyet az anya eltérő mangánfogyasztásával, vagy a környezet szélsőséges mangánterhelésével lehet magyarázni. Az egyéb mikroelemek közül a szerzők elemzik az anyatej króm-, nikkel-, kobalt-, molibdén-, szelén-, jód- és szilíciumtartalmát, a mérgező nyomelemek közül pedig a kadmium-, az ólom- és a higanytartalmat. Ezen utóbbiak mennyiségét az anyatejben befolyásolja a dohányzás, a városi szennyezett levegő, a gépjárművek által kibocsátott füst, a szennyezett környezet és az amalgámmal készült fogtömések száma. Az anyatej kadmiumtartalmát 0,07–3,8 µg/l közöttinek mérték, de szélsőségesen szennyezett városi környezetben elérte a 24,6 µg/l értéket is. Még szélsőségebb értékeket mérték az ólom esetiében, hisz koncentrációja néhány tizedtől 350 µg/l-ig változott. Az ólomtartalmat leginkább a városi szennyezett levegő növelte, az ólommentes üzemanyagok elterjedését követően viszont mennyisége jelentős mértékben csökkent. Az anyatej higanytartalmát elsősorban az amalgámmal tömött fogak száma, és a tömések felülete befolyásolta. Mennyisége 0,10 és 6,86 µg/l között változott.

(Kulcsszavak: anyatej, kolosztrum, makroelemek, mikroelemek, toxikus nyomelemek, kalcium, foszfor, nátrium, kálium, vas, cink, réz, mangán, króm, ólom, higany)

ABSTRACT

Composition of the mother's milk III., Macro and micro element contents (Review)

Sz. Salamon¹, J. Csapó^{1,2}

¹Sapientia 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 macro and micro element contents of the mother's colostrum and mother's milk in comparison with the newest publications. Calcium contents of the mother's milk varied in most of the studies between 84 and 462, while phosphorus contents varied from 17 and 278 mg/l. The amount of both calcium and phosphorus increased during lactation, but none of these elements was affected by calcium and phosphorus level of the serum, the vitamin supply, age and smoking. Average magnesium concentration of the mother's milk is 30 mg/l, which is not affected by age, vitamin D supply, lactation and diabetes, and even the magnesium supply increases the first day only the magnesium contents of the milk. Sodium contents of the colostrum decreases from 300–400 mg/l to 120–250 mg/l, potassium contents from 600–700 mg/l to 400–550 mg/l, chloride contents from 600–800 mg/l to 400–500 mg/l in the mature milk. Some of the micro elements occur bonded in protein in the milk, which increase the efficiency of the absorption. Iron contents of mother's milk were found in extreme cases between 0.04–1.92 mg/l, on average 0.40 mg/l, which is not affected by the environment, the mother's nutriment, the iron intake and the contraceptive preparations. Its absorption from the mother's milk is extraordinarily favourable, therefore even a low iron contents are sufficient to satisfy the needs of the babies. Copper contents of the mother's milk vary between 0.03–219 mg/l, on average 0.350 mg/l. The effect of lactation on the copper contents is controversial, and it appears that the copper contents are not influenced by either the nutriment or the copper intake. Its major part is bonded to protein, therefore its absorption is very favourable. Zinc contents of the mother's milk were measured to be between 0.15–5.41 mg/l, it is difficult to specify an average value due to variations of order of magnitude. Similarly, there are extreme values obtained for the manganese contents 0.8–21.5 µg/l, which can be explained by the different manganese intake of the mothers, or by extreme manganese burden of the environment. Out of the other micro elements, the authors analyze the chromium, nickel, cobalt, molybdenum, selenium, iodine and silicon contents of the mother's milk, while among toxic trace elements cadmium, lead and mercury contents. Amount of latter ones in the mother's milk is affected by smoking, the polluted urban air, exhaust gas of the motor vehicles, the polluted environment and by the number of amalgam fillings. Cadmium contents of the mother's milk were measured to be between 0.07–3.8 µg/l, but in an extremely polluted urban environment it reached even the value of 24.6 µg/l. Even more extreme values were measured for the lead, as its concentration ranged from a couple of tenths to 350 µg/l. Lead contents were increased mainly by the polluted urban air, however, its amount decreased after the unleaded fuels have been widely used. Mercury contents of the mother's milk were affected mainly by number of amalgam fillings and the surface of the fillings. Its amount varied from 0.10 to 6.86 µg/l.

(Keywords: mother's milk, colostrum, macro elements, micro elements, toxic trace elements, calcium, phosphorus, sodium, potassium, iron, zinc, copper, manganese, chromium, lead, mercury)

MAKROELEMEEK

Kalcium, foszfor

Khatir Sam és mtsai. (1998) szudáni anyák tejének kalciumtartalmát 388 mg/l-nek mérték. *Bocca és mtsai.* (2000) 60, Olaszország különböző területéről származó, 19 és 40 év közötti anya tejének kalciumtartalmát nagyhatékonyságú folyadékkromatográfiaival, valamint induktív csatolású plazmaemissziós spektrofotométerrel meghatározva, azt 306 µg/ml-nek mérték. A mérések során szoros pozitív összefüggést találtak a kalcium- és magnéziumtartalom között. *Dorea* (1999) az 1950–1999 közötti években vizsgált anyatej kalcium- és foszfortartalmát elemezve – 169 szerző munkájára hivatkozva – megállapította, hogy a kalciumtartalom 84–462 mg/l között (átlagosan 252 mg/l), a foszfortartalom pedig 17–278 mg/l között (átlagosan 143 mg/l) változik. Az átlagos kalcium:foszfor arány 1,7; ahol a szélsőértékek 0,8 és 6,0 volt. Tanulmányában különös hangsúlyt fektetett a fiatalkori szülés, a terhesség ideje, az anyai alultápláltság, a fizikai leterheltség, a különböző metabolikus betegségek, az eltérő nemzetiség, a laktációs állapot, az elválasztás ideje, a tej mennyisége, a mintavételi technikák, a környezeti különbségek, a szociális-kulturális eltérések, a dohányzási szokások, az étkezés, a kalcium- és D-vitamin-kiegészítés és a hosszú ideig szedett fogamzásgátlók anyatejre vonatkozó hatására. A szerző megállapította, hogy a fiatalkori anyaság és néhány anyagcsere-betegség kivételével semmiféle környezeti vagy egyéb tényező sincs hatással az anyatej kalcium- és foszfortartalmára.

Shores és mtsai. (2000) 33 fulani anya tejének kalcium-, réz-, magnézium-, mangán-, foszfor- és cinktartalmát, valamint a közepes szénláncú zsírsavtartalmát (kaprin-, laurin- és mirisztinsav) vizsgálták, melynek során feljegyezték az anyák korát, magasságát, testtömegét és a gyerekek számát. A mintagyűjtést követően a mintákat –20 °C-on tárolták az analízisig. A kalciumtartalomra 263 mg/l, a foszforra pedig 165 mg/l értéket mértek. Semmiféle kapcsolatot sem tudtak kimutatni a tej közepes szénláncú zsírsavai, valamint a kalciumtartalom között. *Emmett és Rogers* (1997) szerint a különböző nemzetiségű anya tejének kalciumtartalma a laktáció előrehaladtával a kolosztrumban mért 28 mg/l-ről az érett tejben 34 mg/l-re, a foszfortartalom pedig 14 mg/l-ről 16 mg/l-re nő. *Hunt és mtsai.* (2005) az anyatej kalciumtartalmát a laktáció első négy hónapja alatt vizsgálva, megállapították, hogy annak mennyisége 7,01 µmol/l-ről 6,68 µmol/l-re csökkent. *Picciano* (2001) az anyatej kalcium- és foszfortartalmát elemezve, azt tapasztalta, hogy ezek a komponensek függetlenek a szérumban lévő koncentrációtól, bár *Greer és mtsai.* (1982) egy gyenge pozitív összefüggést mutattak ki az anyai kalciumbevitel és a tej kalciumtartalma között. A laktáció során az anyatej foszfortartalma a laktáció harmadik hetében mért 147 mg/l-ről a laktáció 26. hetéig 107 mg/l-re; a kalciumtartalma pedig 259 mg/l-ről 248 mg/l-re csökkent. Véleménye szerint az anya tápláléka nem befolyásolja ezen elemek koncentrációját.

Yamawaki és mtsai. (2005) Japán különböző vidékeiről származó anyák tejének makro- és mikroelem-összetételét vizsgálták induktív csatolású plazmaemissziós spektrofotométerrel. A tejmintákat mintegy 4000 nőtől a laktáció különböző időpontjában (1–365 nap), nyáron, július–szeptember, illetve télen, december–március között gyűjtötték. Minden anyától mintegy 50 ml tejet fejtek le a két szoptatás közötti napszakban; a mintákat mélyhűtőben tárolták az analízis megkezdéséig. A mintavétellel egyidőben adatokat gyűjtöttek a dohányzási szokásokról, a vitamin-kiegészítésről, az újszülött születési súlyáról és a mell helyzetéről. 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. A kialakított csoportok között lényeges különbséget nem találtak az anyatej kalcium- és foszfortartalmát illetően, vizsgálataik során megállapították, hogy a foszfor és a kalcium koncentrációja téli hónapokban nagyobb a tejben, mint nyáron (foszfor: 14,6–15,3 mg/100 ml; kalcium: 23,7–26,2 mg/100 ml), azonban a laktáció nem befolyásolja ezen összetevők koncentrációját.

Honda és mtsai. (2003) az anyatej kalcium- és foszfortartalmát vizsgálva hatvannyolc 19 és 38 év közötti anyát vontak a kísérletbe, akik Japán kevésbé iparosodott részében éltek. Több mint 70%-uk háziasszony volt, és a tápláltsági- és az egészségi színvonalat illetően nem különböztek lényegesen egymástól. Összehasonlítva az anyák kora szerint a tej kalcium-, valamint foszfortartalmát megállapították, hogy a 35 évnél idősebb anyák tejének kalciumtartalma magasabb volt, mint a 35 évnél fiatalabbaké (344,4 mg/l, 326,4 mg/l), a foszfortartalomban pedig nem volt lényeges különbség (191,6 és 188,6 mg/l) a két csoport között. Egyik elem esetében sem tudtak szignifikáns különbséget kimutatni az először és a többször szülő anyák között (kalcium: 327,8; 330,4 mg/l, foszfor: 183,9; 194,5 mg/l).

Magnézium

Shores és mtsai. (2000) fulani anyák tejének magnéziumtartalmát 31,2 mg/l-nek mérték, semmiféle kapcsolatot nem tudtak kimutatni a tej közepes szénlácú zsírsavai, valamint a magnéziumtartalom között. *Butte és mtsai.* (1984) szignifikáns különbséget mutattak ki a prekolosztrum és a kolosztrum magnéziumtartalmában, míg mások ilyen szignifikáns különbségről nem tudtak beszámolni. A magas magnéziumtartalom a prekolosztrumban valószínűleg azzal függ össze, hogy az szükséges a csont ásványi anyagainak kialakulásához. Mivel az anyatej hamutartalma folyamatosan csökken a laktáció folyamán, hasonló változásnak kellene történni a magnéziumtartalomban is. Azonban *Carias és mtsai.* (1997), valamint *Tanzer és Sunel* (1991) szerint az anyatej magnéziumtartalma a laktáció első hat hónapjában enyhén növekszik. *Emmett és Rogers* (1997) megállapították, hogy a különböző nemzetiségű anyák tejének magnéziumtartalma a laktáció előrehaladtával nem változik, átlagosan 30 mg/l. *Picciano* (2001) szerint az anyatej magnéziumtartalma, a laktáció harmadik hetében mért 29,0 mg/l-ről a laktáció 26. hetéig 33,0 mg/l-re nő. *Hunt és mtsai.* (2005) szerint az anyatej magnéziumtartalma a laktáció első négy hónapja alatt 1,18 mmol/l-ről 1,36 mmol/l-re nő, *Atkinson és mtsai.* (1987); *Itriago és mtsai.* (1997) szerint csökken, *Allen és mtsai.* (1991), valamint *Carrion és mtsai.* (1994) szerint viszont nem mutat lényeges változást a laktáció első szakaszában. A laktáció további részében – összefüggésben a hamutartalom változásával – minimális változás történik a magnéziumtartalomban.

Yamawaki és mtsai. (2005) Japán különböző vidékeiről származó anyák tejének átlagos magnéziumtartalmát 2,7 mg/100 ml-nek mérték, megállapították, hogy a laktáció során a magnéziumtartalom 3,2-ről 2,5 mg/100 ml-re csökken, azonban lényegesen nem változik az évszakok szerint (2,6–2,7 mg/100 ml). *Dorea* (2000b) egy összehasonlító tanulmányában a prekolosztrum, az átmeneti tej és az érett tej magnéziumtartalmát vizsgálva, arra a következtetésre jutott, hogy jelentős mértékben hozzájárul a kolosztrum, illetve a prekolosztrum koraszülött gyermekek szükségletének

kielégítéséhez. A prekolosztrum magnéziumtartalma a középértékben fennálló nagy variációk miatt szignifikánsan nem különbözik az érett tejétől. *Fransson és Lönnerdal*, (1982) szerint az anyatej magnéziumtartalmának legnagyobb része az alacsonyabb molekulatömegű fehérjefrakciókhoz, illetve a fehérjékhez kötődik (53,6%), és csak egészen csekély hányada található a tejszírban (1,8%) valamint a zsírgolyócskákban (0,8%). A magnéziumtartalmat átlagosan 31 mg/l-nek mérték, ahol a szélsőérték 15 és 64 mg/l, és a vizsgált esetek 75%-ban nem érte el a 35 mg/l-t. *Coni és mtsai.* (2000) az anyatej magnéziumtartalmát 28,0 mg/kg-nak véve megállapították, hogy ennek 90%-a a kis molekulatömegű fehérjefrakciókhoz kapcsolódik.

Huang és mtsai. (1993), valamint *Hua és mtsai.* (1995) szerint az anyai metabolizmust befolyásoló körülmények nincsenek hatással a magnézium szekréciójára. A magnézium metabolizmust az inzulintermelésben beálló változások befolyásolják, melynek hatására megnő az intracelluláris magnézium koncentrációja. *Bitman és mtsai.* (1989) kimutatták, hogy a diabeteszes anyák tejének 48,6 mg/l-es magnéziumtartalma nem különbözött szignifikánsan a kontroll anyákétól. A galaktózémia sem befolyásolta szignifikánsan a tejösszetételét (*Forbes és mtsai.*, 1988). A korai terhesség során a csecsemő csontjának mineralizálása zavart szenvedhet (*Chan és mtsai.*, 1982); *Lipsman és mtsai.* (1985) kimutatták azt is, hogy a tizenéves anyák tejének magnéziumtartalma kisebb az idősebb anyáknál. *Bocca és mtsai.* (2000) az anyatej magnéziumtartalmát 0,030 µg/ml-nek mérve megállapították, hogy annak koncentrációja a 30 évnél idősebb anyák tejében magasabb, mint a fiatalabbakéban. *Honda és mtsai.* (2003) szerint viszont japán anyák tejének magnéziumtartalma a 35 évnél idősebb anyáknál alacsonyabb, mint a 35 évnél fiatalabbaknál (32,2 mg/l és 34,7 mg/l). Nem tudtak szignifikáns különbséget kimutatni az először-, valamint a többször szülő anyák teje között sem (35,1 és 33,6 mg/l). A gyerekek száma (*Lin és mtsai.*, 1998), az alultápláltság (*Ruz és mtsai.*, 1982) és a társadalmi pozíció (*Fransson és Lönnerdal*, 1984) nincs szignifikáns hatással az anyatej összetételére. A magnézium testi erőkifejtés hatására bekövetkező vesztesége ugyancsak nem volt befolyással a tej magnéziumtartalmára (*Fly és mtsai.*, 1998). A regionális különbségek, a vidéki vagy a városi környezet sem befolyásolták a tej magnéziumtartalmát (*Coni és mtsai.*, 1990). *Parr és mtsai.* (1991) összehasonlítva különböző országokban (Guatemala, Magyarország, Nigéria, Fülöp szigetek, Svédország, Zaire) élő anyák tejének magnéziumtartalmát megállapították, hogy jelentős különbség van a különböző országok között (22,6 és 34,2 mg/l). *Karra és Kirksey* (1988) szerint az amerikai anyák tejének magnéziumtartalma a laktáció első három hónapjában szignifikánsan nő annak ellenére, hogy a magnézium-bevitel változatlan marad. Magnéziumhiány sem a fejlődő, sem a fejlett országokban nem fordul elő, ezért a táplálék magnéziumhiányának hatásáról a tej magnéziumtartalmára nincsenek adatok. Függetlenül a napi magnéziumfogyasztástól az egyiptomi (386 mg/nap), az amerikai (361–410 mg/nap) és a nepáli (353 mg/nap) anyák tejében nem volt szignifikáns különbség a magnézium vonatkozásában (*Karra és mtsai.*, 1988; *Moser és mtsai.*, 1988). A vegetáriánus életmód hatással lehet a tej magnéziumtartalmára, mert a vegetáriánus ételekből a magnézium hasznosulása kisebb (*Finley és mtsai.*, 1985). A vegetáriánus és nem vegetáriánus anyák tejének magnéziumtartalmát összehasonlítva azt tapasztalták, hogy azonos magnéziumbevitel mellett a vegetáriánus anyák tejének magnéziumtartalma 27,5 mg/l, a nem vegetáriánus anyák tejének magnéziumtartalma pedig 31,1 mg/l volt. Ezzel szemben *Dagnelie és mtsai.* (1992) arról számoltak be, hogy a makrobiotikus diétát fogyasztók tejének magnéziumtartalma alacsonyabb (31,1 mg/l), mint a mindenevőké (35,8 mg/l). Úgy tűnik, hogy az ásványi anyagok csontba történő beépítését segítő komponensek, például a D-vitamin, nem befolyásolják a tej

magnéziumtartalmát. A D-vitamint szedő anyák tejének magnéziumtartalmát 21,6–22,8 mg/l-nek, míg a D-vitamint nem szedő anyák esetében 20,9–25,5 mg/l-nek mérték (Specker és mtsai., 1985). Megállapították, hogy a szteroidhormonok nincsenek hatással a tej magnéziumtartalmára akkor sem, ha azokat hosszú ideig szedték a terhességet megelőzően (Muneyvirici-Delale és mtsai., 1998). Néhányan a laktáció alatt szedett fogamzásgátlók magnéziumcsökkentő hatásáról számoltak be, mások viszont cáfolták ezeket az eredményeket, amit talán a különböző dózisban szedett hormonkészítményekkel lehet magyarázni. A hormonokkal kezelt és a kontrollcsoport tejének magnéziumtartalmát összehasonlítva megállapítható, hogy a kontrollcsoportnál nem volt szignifikáns különbség a laktáció szerint, ezzel szemben a hormonkészítményt fogyasztóknál a tej magnéziumtartalma szignifikánsan csökkent. A szülés után azon anyáknak, akik magnézium-szulfát terápián estek keresztül, a kúra megkezdése után 24 órával tejük magnéziumtartalma 64 mg/l volt, a kontrollcsoport 47,7 mg/l koncentrációjához képest. A kezelés után egy nappal azonban sem a szérum, sem a kolosztrum magnéziumkoncentrációjában nem volt különbség a két csoport között (Cruikshank és mtsai., 1982). A magas kalciumtartalmú diéta nem befolyásolta a magnéziumstátuszt és a magnézium abszorpcióját (Whiting és Wood, 1997). A nagyon alacsony testsúlyú újszülötteknél a magnézium abszorpciója 86% körül alakult (Atkinson és mtsai., 1987; Liu és mtsai., 1989). Liu és mtsai. (1989) szerint a kalcium növekvő koncentrációja negatív hatással lehet a magnézium abszorpciójára, azonban többen ennek az ellenkezőjét állítják.

Kálium, nátrium, klór

Emmett és Rogers (1997) szerint különböző nemzetiségű anyák tejének nátriumtartalma a laktáció előrehaladtával a kolosztrumban mért 47 mg/l-ről az érett tejben 15 mg/l-re csökken. Picciano (2001) az előtej nátriumtartalmát 300–400 mg/l-nek mérte, ami az érett tejben 120–250 mg/l-re csökkent. Honda és mtsai. (2003) a 35 évnél idősebb japán anyák tejében 371,5 mg/l-nek, a 35 évnél fiatalabbak esetén pedig 345,9 mg/l-nek mérték a nátriumtartalmat. Kevés különbséget tudtak kimutatni, az először- és a többször szülő anyák tejében (373,3 és 327,3 mg/l). Yamawaki és mtsai. (2005) Japán különböző vidékeiről származó anyák tejének átlagos nátriumtartalmát 13,5 mg/100 ml-nek mérték. A laktáció során a nátrium 32,7 mg/100 ml-ről 13,9 mg/100 ml-re csökkent, a nyári hónapokban koncentrációja nagyobb volt, mint télen (13,8; 13,2 mg/100 ml). Picciano (2001) szerint az anyatej káliumtartalma a laktáció során 600–700 mg/l-ről az érett tejben 400–550 mg/l-re csökken. Honda és mtsai. (2003) 35 évnél idősebb japán anyák tejében a káliumtartalmat 678,3 mg/l-nek, a 35 évnél fiatalabbak esetén pedig 727,8 mg/l-nek mérték. Szignifikáns különbséget kapott az először, valamint a többször szülő anyák teje között (738,3 és 701,6 mg/l).

Yamawaki és mtsai. (2005) az anyatej átlagos káliumtartalmát 47,0 mg/100 ml mérték, ami a laktáció során 72,3 mg/100 ml-ről 46,6 mg/100 ml-re csökkent. Megállapították, hogy télen koncentrációja nagyobb, mint nyáron (45,5 illetve 48,5 mg/100 ml). Khatir Sam és mtsai. (1998) szudáni anyák tejének kloridtartalmát átlagosan 328 mg/l-nek, káliumtartalmát pedig 738 mg/l-nek mérték. Picciano (2001) az anyatej kloridtartalmát az előtejben 600–800 mg/l-nek mérte, mely érték az érett tejben 400–450 mg/l-re csökkent. Yamawaki és mtsai. (2005) Japán különböző vidékeiről származó anyák tejének átlagos kloridtartalmát 35,19 mg/100 ml-nek mérték, amit a laktáció nem befolyásolt, viszont a nyári hónapokban nagyobb volt, mint télen (38,7 illetve 33,1 mg/100 ml).

MIKROELEMEK

A mikroelemek és a tej fehérjefrakcióinak kapcsolata

Remy és mtsai. (2004) a humán prekolosztrum makro- és mikroelemtartalmát határozták meg méretkizárásos kromatográfiához kapcsolt induktív csatolású plazmaemissziós technikával és a hozzákapcsolt tömegspektrométerrel. Elemezték a prekolosztrum összetételét, melyet a terhesség 28. és 32. hetében szülő anyáktól vettek a laktáció első hónapjában. Közvetlenül a szülés után, majd a laktáció 6., 14., és 28. napján lefejt tejmintákat vizsgáltak, meghatározták az így vett tejminták ólom-, kén-, króm-, mangán-, vas-, kobalt-, réz-, cink-, bróm-, szelén-, jód- és alumíniumtartalmát. Megállapították, hogy az anya tejének savófehérje-frakciója rendkívül gazdag kénben, ami egyrészt a nagy molekulatömegű kéntartalmú fehérjéknek, másrészt a kis molekulatömegű anyagoknak (glutation, taurin) köszönhető. A kénhez hasonlóan az összes többi előzőekben felsorolt makro- és mikroelemre megállapították, hogy melyik savófehérje-frakcióhoz köthető azok jelenléte. Vizsgálataik szerint a koraszülő anyák teje jelentős mértékben különbözik a tejpótló tápszerektől a tekintetben, hogy a különböző makro- és mikroelemek melyik fehérjefrakcióhoz kötődnek. Megerősítették azt is, hogy a prekolosztrum rendkívül gazdag nagy molekulatömegű, fémekhez kapcsolódó fehérjékben, és ez igaz a kolosztrumra és az átmeneti tejre is. A fémkötő, nagy molekulatömegű frakciók mennyisége csökken a laktáció folyamán, ezzel szemben a kis molekulatömegű fémkötő frakciók mennyisége nő a szülés utáni idő függvényében. Ez a megállapítás azért rendkívül fontos, mert az esszenciális mikroelemek felszívódása rendkívüli mértékben függ attól, hogy milyen formában vannak jelen az anyatejben, azaz, hogy a fehérje hogyan módosítja a mikroelemek hasznosulását. Felhívják a figyelmet arra, hogy a mikroelemtartalom meghatározásán túl fontos lehet annak ismerete is, hogy azok milyen formában – pl. fehérjéhez kötötten – fordulnak elő, különösen akkor, ha koraszülöttek táplálásáról van szó.

Vas

Arnaud és Favier (1995) francia anyák kolosztrumának és átmeneti tejének réz-, vas-, cink- és mangántartalmát elemezték. 82 szoptató anyától 143 tejmintát gyűjtöttek; az anyák közül 67 Grenoble-ben élt, 15 pedig annak környékén. Vizsgálták az anyák jövedelmét, életkorát, gyermekeik számát, testtömegüket a terhesség előtt és annak végén. A tejmintákat a szülést követő első és hetedik nap között gyűjtötték, a mintavétel közben ügyeltek arra, hogy minimumra csökkentsék a nyomelemekkel való szennyeződést. A mintavétel 9 és 11 óra között történt; a kézzel való mintavételt megelőzően a melleket desztillált vízzel lemosták, majd a levett mintákat $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ra hűtötték. A minták vaskoncentrációját elektrotermikus atomabszorpciós spektrofotométerrel határozták meg. Megállapították, hogy bár a mintavételre, a minták tárolására rendkívül nagy figyelmet fordítottak, mégis nagy különbségeket kaptak az egyes minták között, amiért különféle fiziológiai és nem fiziológiai eredetű tényezők lehetnek felelősek. A kolosztrum nyomelem-koncentrációja magas, és megfelelően kielégíti az újszülöttek mikroelem igényét. Az első napok alacsony tejmennyisége miatt az újszülöttek több mikroelemet igényelnek a tejben, amivel a magasabb koncentráció magyarázható. Megállapították, hogy a környezet nincs hatással az anyatej vastartalmára. Nem találtak összefüggést az anya kora, valamint a gyermekek száma és az anyatej vastartalma között. Az újszülött nemét és születési súlyát vizsgálva sem találtak szignifikáns összefüggéseket. Közvetlenül a szülés után vett minták vastartalma $14\text{ }\mu\text{mol/l}$ -ről a laktáció negyedik napjáig $7\text{ }\mu\text{mol/l}$ -re csökkent, majd konstans szinten maradt.

Khatir Sam és mtsai. (1998) szudáni anyák tejeinek vastartalmát 0,56 mg/l-nek mérték. Az anyák a mintavételnél kézi pumpát használtak, aminek segítségével személyenként mintegy 100 ml tejet tudtak levenni. A vizsgálatokat neutronaktivációs analízissel, illetve röntgensugaras spektrométerrel végezték. *Dorea és Miazaki* (1999) 54 brazil anyánál a fogamzásgátlók hatását vizsgálták az anyatej vas- és réztartalmára. A fogamzásgátlók tablettákként 0,15 mg levonorgestrelt és 0,03 mg etinil-estradiolt tartalmaztak; a minipill tabletták hatóanyaga pedig 0,35 mg norethidron volt. A vizsgált vér- és tejmintákat a fogamzásgátlóval történő kezelés előtt és azt követően vették. Az 54 anya fele szedte a hormonkészítményt, fele pedig a kontrollcsoportot jelentette. Az eredmények értékelésénél figyelembe vették a nők szociális helyzetét, gyerekeik számát, a korábbi laktáció időtartamát, a fogamzásgátló típusát, az alkalmazás hosszát és az életkorukat. Megállapították, hogy az anyatej vastartalmára a laktációnak elhanyagolható a hatása, és a fogamzásgátlószereknek sincs szignifikáns befolyása az anyatej vastartalmára a laktáció első hat hónapja alatt. Az utóbbi időben a tableta formájában szedett fogamzásgátlók rendkívüli mértékben elterjedtek, és megváltoztatva a vérérszék hormonszintjét, hatással vannak az ásványianyag-cserére (*Milman és mtsai.*, 1992; *Newhouse és mtsai.*, 1993). *Milman és mtsai.* (1993), valamint *Andrade és mtsai.* (1991) szerint a hormonok jelentős hatással vannak a vasmetabolizmusra és a menstruációs vérzéssel történő vasvesztés csökkentésére. Az ösztrogéntartalmú fogamzásgátlók anélkül növelték a test vasvesztését, hogy annak abszorpcióját befolyásolták volna. Ennek ellenére *Kirksey és mtsai.* (1979) megállapították, hogy a fogamzásgátlók hosszú távon nem voltak hatással a tej vastartalmára.

Al-Awadi és Srikumar (2000) 34 kuvaiti és nem kuvaiti szoptató anya tejeinek nyomelemtartalmát összehasonlítva megállapították, hogy a kuvaiti anyák tejeinek vastartalma szignifikánsan magasabb (0,43 mg/l), mint a nem kuvaiti származásúaké (0,33 mg/l). A tejmintát a reggeli szoptatás előtt vették, a tej vastartalmát atomabszorpciós spektrofotométerrel határozták meg, és próbáltak összefüggést keresni a tej fehérjetartalma és vastartalma között a laktáció folyamán. Megállapították, hogy a tej magas fehérjetartalma összefügg a nyomelemek magas koncentrációjával, amiből arra következtettek, hogy a magas fehérjetartalom lényeges hatással volt a vizsgált elemek, ezen belül a vas koncentrációjára és biológiai hasznosíthatóságára. *Bocca és mtsai.* (2000) olasz anyák tejeinek vastartalmát 0,650 µg/ml-nek mérték, és pozitív összefüggést találtak a vas- és a mangántartalom között. *Picciano* (2001) szerint az anyatej vastartalma a laktáció korai stádiumában kezdetben nő (0,5–1,0 mg/l), majd az érett tejben 0,4 mg/l koncentráció körül stabilizálódik, és úgy tűnik, hogy az anya tápláléka nem befolyásolja koncentrációját. Beszámoltak arról, hogy az anyatej vastartalma rendkívül jól hasznosul, abszorpciójának mechanizmusa azonban még nem minden tekintetben tisztázott. Hasonló feltételek között az anyatejből a vas ötször jobban hasznosul, mint a tehéntejből. Az anyatej vastartalmának 1/3-a a lipidfrakcióhoz kapcsolódik, 1/3-a a vizes fázisban található, és körülbelül 10%-a kapcsolódik a kazeinhez. Az immunológiailag jelentős vaskötő laktoferrin körülbelül 20–30%-át köti meg a vasnak, és ennek tulajdonítják a vas rendkívül jó hasznosulását annak ellenére, hogy hőhatásra a laktoferrin tönkremegy, de ez nincs hatással a vasabszorpcióra. Az anyatejjel táplált csecsemők plazmájának magasabb vaskoncentrációja is ezzel magyarázható.

Cumming és mtsai. (1983); *Fransson és Lönnerdal* (1980, 1984); *Hirai és mtsai.* (1990) szerint a vas főként a kis molekulatömegű peptidekhez (18–56%), a zsírgolyócskákhoz (15–46%) és a laktoferrinhez (16–40%) kötődik. A fő fémszállító fehérjék koncentrációja a laktáció előrehaladtával csökken, de a laktoferrin csökkenéssel a tej vaskoncentrációja nem változik meg. *Dorea* (2000a) szerint a kolosztrum és az

előtej vastartalma szignifikánsan magasabb, és azt is állítja, hogy az anyai vastartalékok nem játszanak szerepet az anyatej vastartalmában. *Feeley és mtsai.* (1983) szignifikáns csökkenést figyeltek meg a laktáció előrehaladásával, ezzel szemben *Arnaud és mtsai.* (1993) szerint nincs szignifikáns változás a tej vastartalmában a laktáció során, és *Emmett és Rogers*, (1997), valamint *Al-Awadi és Srikunar* (2000) szerint is a vastartalom a laktáció előrehaladtával állandó szinten marad (0,07 mg/l). *Celada és mtsai.* (1982) kimutatták, hogy az anyatej vastartalma független a növekvő számú terhesség okozta alacsonyabb vastartalékoktól, valamint a szérum ferritin és transzferrin koncentrációjától. Nem találtak szignifikáns különbséget az anyatej vastartalmában akkor sem, ha az anya vashiányos volt, ha túl sok vasat fogyasztott, vagy normális volt a vas státusza (*Imamura*, 1981). Olyan mértékű vaskiegészítés, ami szignifikánsan megnövelte a vér vastartalmát, nem volt hatással az anyatej vastartalmára (*Arnaud és mtsai.*, 1993; *Zavaleta és mtsai.*, 1995). Ezzel szemben *Fransson* (1983) beszámolt arról, hogy anémiás indiai nők tejének vastartalma nagyobb volt, mint a magasabb hemoglobin szinttel rendelkező anyáké. A vas szekréció a tejmirigyben rendkívül specifikus módon megy végbe, és úgy tűnik, hogy egyáltalán nem függ a többi makro- és mikroelemétől.

Balogun és mtsai. (1994) különböző anyák tejének vaskoncentrációját 10 és 25 mg/kg közöttinek mérték. Az állatkísérletekből az következne, hogy az anyai vasbevitel növeli a tej vastartalmát, az embernél azonban nincs bizonyíték erre a mechanizmusra. Úgy tűnik, hogy az egyszeri, magas vastartalmú ásványianyag-bevitel nincs hatással az anyatej összetételére. Sok tanulmány bizonyítja, hogy nincs különbség az anyatej vastartalmában akkor, ha különböző táplálkozási szokásokat hasonlítanak össze ugyanabban a kultúrkörben, és nincs különbség a vegetáriánusok, a nemvegetáriánusok, valamint a különböző nemzetiségek között sem (*Finley és mtsai.*, 1985; *Prinsloo és mtsai.*, 1970). Brazíliában és az Egyesült Államokban akár a terhesség, akár a laktáció alatt egészítették ki a táplálékot vassal, az nem befolyásolta a tej vastartalmát (*Donangelo és mtsai.*, 1989; *Zapata és mtsai.*, 1994). *Zapata és mtsai.* (1994) beszámoltak arról is, hogy a napi 40 mg vaskiegészítés megnövelte az összes vaskötőkapacitást, de nem volt szignifikáns hatással az anyatej vastartalmára. Megállapították, hogy 100 illetve 200 mg napi vaskiegészítés a terhesség utolsó hat hónapjában nem befolyásolta nigériai anyák tejének vastartalmát, ma már nyilvánvalónak tűnik, hogy a test vastartaléka nem befolyásolja a vérszérumból a tejbe történő átjutást. Annak ellenére, hogy szignifikáns különbség van az előtej és az érett tej zsírtartalmában, és összefüggés van a vas- és zsírtartalom között, egyesek szerint az előtej és az érett tej vastartalma szignifikánsan különbözik, mások szerint viszont nem. Annak ellenére, hogy az anyatej vastartalma szélsőséges esetekben 0,04–1,92 mg/l között változik úgy tűnik, hogy az anyatejjel táplált csecsemőknél a laktáció első hat hónapjában nem kell vashiánnyal számolni. Az újszülött májának vastartaléka kiegyenlíti az anyatej hiányát (*Donangelo és mtsai.*, 1993). Az első négy hónap alatt az anyatejjel táplált csecsemők ásványi anyag bevétele szignifikánsan csökken, mivel azonban a vas hasznosulása az anyatejből igen magas, az anyatejes táplálás a növekedés szükségleteit ebben a korban tökéletesen kielégíti (*Butte és mtsai.*, 1987). A laktáció előrehaladtával a vasbevitel csökken, mégis tökéletesen kielégíti a vasszükségletet a csecsemőtápszerral nevelt gyermekekhez viszonyítva.

Krachler és mtsai. (2000) 27 anya átmeneti- és érett tejének vastartalmát átlagosan 380 µg/l mérték hagyományos ICP-MS (induktív csatolású plazmaemisszió-tömegspektrométer) technikával. *Santos Da Costa és mtsai.* (2002) 50 brazíliai anya kolosztrumának mikroelemtartalmát vizsgálva a laktáció első napjától a negyedik napjáig meghatározták a vas-, a réz- és a cinktartalmat. A teljes reflexiós röntgensugaras

fluoreszcens analízissel a kolosztrum vastartalmát 1,72 mg/l-nek mérték. Az általuk alkalmazott analitikai technikáról megállapították, hogy az alkalmas a kolosztrum nyomelemtartalmának meghatározására, hisz egyszerű méréssel multielemes analízist tesz lehetővé, és nem igényli a minta előzetes koncentrációját. *Domellöff és mtsai.* (2004) 191 svéd és hondurasi anya tejének vas-, cink- és réztartalmát, valamint az anya ásványianyag-ellátottsága közötti összefüggést vizsgálták. A tejmintákat kilenc hónapos gyűjtötték, és ugyancsak meghatározták a plazma cink- és réztartalmát, valamint a vasstátusszal kapcsolatban a hemoglobint, a plazmaferritint, az oldható transferrin receptorok és a cink protoporfirin mennyiségét. Megállapították, hogy a hondurasi anyák tejének vastartalma (0,21 mg/l) szignifikánsan alacsonyabb, mint a svéd anyáké (0,29 mg/l). A vastartalom pozitív összefüggésben volt az élelmiszer energiatartalmával. A szerzők arra a következtetésre jutottak, hogy a tej vastartalmát a szülés utáni kilenc hónapos periódus alatt az anyai ásványianyag-ellátottság nem befolyásolja, ezért feltételezik, hogy a vas valamilyen aktív transzporttal kerül a tejmirigybe. A tej vastartalma csökkent a szoptatás alatt. *Hunt és mtsai.* (2004) a koraszülő és a normál időre szülő anyák tejének vastartalmát tanulmányozva a laktáció első és tizenkettedik hete között megállapították, hogy a normál időre szülő anyák tejjében a vastartalom 355 µg/l-ről 225 µg/l-re, a koraszülő anyák esetében pedig 406 µg/l-ről 287 µg/l-re csökkent.

Leotsinidis és mtsai. (2005) az anyatej toxikus és esszenciális nyomelemeit, és az anyatej összetételét befolyásoló tényezőket vizsgálták. A kísérletbe 180 görög anyát vontak be, akik egészséges újszülötteknek adtak életet. Egy kérdőív alapján pontosan felmérték az anyák élelmiszerfogyasztását, melynek során 22 különböző élelmiszerral kapcsolatos információt gyűjtöttek. Feljegyezték az anyák korát, magasságát, a terhesség előtti és terhesség utáni testtömeget, a dohányzási szokásokat, a családi állapotot, a végzettséget, a foglalkozást, gyerekeik számát és a terhesség alatt fogyasztott élelmiszerkiegészítőket. A 10–20 cm³ tejmintákat kézi fejjel vették polietilén edényekbe, amelyeket előzetesen salétromsavval kezeltek, és 150 °C-on 3 órán keresztül autoklávoztak, majd a mintákat –20 °C-on tárolták az analízisek megkezdéséig. A vastartalmat lángionizációs atomabszorpciós spektrofotométerrel határozták meg és megállapították, hogy az csökken a laktáció folyamán. A kísérletben részt vevő anyák 34%-a dohányzott a terhesség alatt, és majdnem mindegyikük fogyasztott valamilyen élelmiszer-kiegészítőt. Az anyákra vonatkozó adatok és a tej vastartalma (431 µg/l) között nem volt szignifikáns összefüggés. A vastartalom csökkenése szorosan összefügg az átmeneti és az érett tej alacsonyabb fehérje- és zsírtartalmával, hisz köztudott, hogy a vastartalom fele a fehérjefrakciókhoz kötődik, a vas másik fele pedig a zsírban található. Az anya táplálékának vastartalma nem befolyásolta a tejösszetételt, amiből levonható az a következtetés, hogy a vas aktív transzporttal kerül a tejmirigybe. Arra a következtetésre jutottak, hogy bár az anyatej mikroelemei különböző mértékben járulnak hozzá a csecsemő szükségletének kielégítéséhez, nem szükséges az anyatej mikroelemekkel történő kiegészítése. *Yamawaki és mtsai.* (2005) Japán különböző vidékeiről származó anyák tejének átlagos vastartalmát 119 µg/100 ml-nek mérték. Megállapították, hogy a vas a laktáció folyamán 110 µg/100 ml-ről 180 µg/100 ml-re nő, és a téli hónapokban koncentrációja nagyobb, mint nyáron (129; 108 µg/100 ml).

Shashiraj és mtsai. (2006) az anyatej vas- és laktoferrin-koncentrációja, valamint az anya hemoglobin- és vasstátusza közötti összefüggést elemezve megállapították, hogy a szülés utáni első napon az anyatej vastartalma 0,86–0,89 mg/l között alakul, ami a laktáció 14. hetéig 0,33–0,34, hatodik hónapjáig pedig 0,26–0,27 mg/l-re csökken. Ugyanezen időszakban a laktoferrin koncentrációja 12,02–12,91 g/l; 5,84–6,68 g/l illetve 5,85–6,37 g/l volt.

Réz

Khatir Sam és mtsai. (1998) szudáni anyák tejenek réztartalmát 34,8 µg/l-nek mérték. *Balogun és mtsai.* (1994) szerint a különböző anyatejek rézkoncentrációja 1,7 és 5,9 mg/kg közötti, ami renkívül nagynek tűnik a többi szerző adataihoz képest. *Turan és mtsai.* (2001) 30 török középosztálybeli anya kolosztrumának réztartalmát határozták meg elektrotermikus atomabszorpciós spektrofotométerrel, melynek során a minták feltárása és a zsír eltávolítására nedves hamvasztásos eljárást alkalmaztak. A kolosztrum réztartalmát 278 µg/l-nek mérték. *Dorea* (2000a) szerint a kolosztrum és az előtej réztartalma szignifikánsan magasabb, mások szerint viszont teljesen megegyezik az érett tejjével. *Feeley és mtsai.* (1983) csökkenést figyeltek meg a laktáció előrehaladásával a tej réztartalmában. *Arnaud és Favier* (1995) francia anyák kolosztruma és átmeneti tejenek réztartalmát elektrotermikus atomabszorpciós spektrofotométerrel vizsgálva megállapították, hogy közvetlenül a szülés után vett minták réztartalma 17 µmol/l, mely a második napon 13 µmol/l-re csökken, a negyedik és hetedik nap között pedig 16–17 µmol/l állandó szinten marad. A laktációs állapot nem volt szignifikáns hatással a rézkoncentrációra, megállapították azt is, hogy a réztartalmat szignifikánsan befolyásolja az anyák táplálkozása. *Emmett és Rogers* (1997) szerint különböző nemzetiségű anyák tejenek réztartalma (0,05 mg/l) nem változik a laktáció során. *Picciano* (2001) szerint az anyatej réztartalma a laktáció korai stádiumában 0,5–0,8 mg/l, ami az érett tejben 0,4 mg/l koncentráció értéken stabilizálódik. Úgy tűnik, hogy az anya tápláléka nem befolyásolja koncentrációját.

Rossipal és Krachler (1998) 46 egészséges anyától vett 79 tejminta 19 nyomelemtartalmát vizsgálták a laktáció 1–293. napján. Meghatározták a bárium-, a berillium-, a bizmut-, a kadmium-, a kobalt-, a cézium-, a réz-, a higany-, a lantán-, a lítium-, a mangán-, a molibdén-, az ólom-, a rubídium-, az antimon-, az ón-, a stroncium-, a tallium- és a cinktartalmat nemcsak a laktáció folyamán, hanem a szoptatás ideje alatt is. A réztartalom esetében csökkenésről számoltak be a laktáció folyamán. A réz koncentrációja a kolosztrumban (1–3 nap) 549 µg/l; az átmeneti tejben (42–60 nap) 241 µg/l; az érett tejben (97–293 nap) pedig 148 µg/l volt. A szopás során a réz koncentrációja nőtt, amely a 60%-ot is elérte.

Leotsinidis és mtsai. (2005) az anya kolosztrumának, átmeneti tejenek és érett tejenek összetételét vizsgálva megállapították, hogy a réz koncentrációja nőtt a laktáció folyamán. Az átlagos rézkoncentrációt 368 µg/l-nek mérték. Az anyák testtömege és a tej réztartalma között csak csekély volt az összefüggés, bár a rizs, a burgonya fogyasztása megnöveli a réztartalmat, az anya tápláléka mégis csak csekély mértékben befolyásolja azt. *Yamawaki és mtsai.* (2005) Japán különböző vidékeiről származó anyák tejenek átlagos réztartalmát 35 µg/100 ml-nek mérték. Megállapították, hogy a laktáció nem befolyásolja az anyatej réztartalmát, viszont a nyári hónapokban koncentrációja magasabb, mint télen (36; 34 µg/100 ml). *Hunt és mtsai.* (2004) a koraszülő és a normál időre szülő anyák tejenek rézkoncentrációját tanulmányozva megállapították, hogy az a laktáció első és tizenkettedik hete között szignifikánsan csökkent, a normál időre szülő anyák tejjében már 651 µg/l-ről 361 µg/l-re, a koraszülő anyák esetében pedig 542 µg/l-ről 425 µg/l-re csökkent. *Salmenpera és mtsai.* (1986) szerint a szérum réztartalma majdnem teljes egészében a celuloplazminhoz kötődik, de ez nem befolyásolja a tejmirigy rézfelvételét; még olyan szélsőséges esetekben sem találtak réztartalom-növekedést az anyatejben, amikor betegség következtében a vérszérum réztartalma jelentős mértékben megnőtt. Intravénás rézinjekció megnövelte ugyan a szülő anyák vérszéruma réztartalmát, de nem befolyásolta jelentős mértékben a kolosztrum rézkoncentrációját (*Munch-Petersen*, 1951). Úgy tűnik, hogy a tejmirigyben lejátszódó

rézrel kapcsolatos mechanizmusokat nem befolyásolja a szérumból rézkoncentrációja. A réz szekréció a tejmirigyben rendkívül specifikus módon megy végbe, és egyáltalán nem függ a többi makro- és mikroelemétől. A réz megoszlása az anyatej különböző fehérjefrakciói között függetlennek tűnik. Az anyatej réztartalmának 15–20%-a a zsírgolyócska membránban található (Lønnerdal és mtsai., 1982), 20–25%-a pedig a réztartalmú celulozplazmin fehérjéhez kötődik (Linder és mtsai., 1998; Wooten és mtsai., 1996). A fő fémszállító fehérjék koncentrációja a laktáció előrehaladtával csökken. Nincs adat arra vonatkozóan, hogy a réztartalmú fehérjék koncentrációjának csökkenése van-e valamilyen hatással a tej réztartalmára a laktáció első hónapjában. Az állatkísérletekből az következne, hogy az anyai rézbevitel növeli a tej réztartalmát, az embernél azonban nincs bizonyíték erre a mechanizmusra. Úgy tűnik, hogy az egyszeri magas réztartalmú ásványianyag-bevitel nincs hatással az anyatej összetételére. Több tanulmány bizonyítja, hogy nincs különbség az anyatej réztartalmában akkor, amikor különböző táplálkozási szokásokat hasonlítottak össze ugyanabban a kultúrkörben, és nincs különbség a vegetáriánusok, a nemvegetáriánusok, valamint a különböző nemzetiségek között sem (Finley és mtsai., 1985; Prinsloo és mtsai., 1970). Lipsman és mtsai. (1985) beszámoltak arról, hogy a nepáli nők szignifikánsan nagyobb réztartalmú élelmiszereket fogyasztottak, mint az amerikaiak, a tej összetételében azonban szignifikáns különbséget nem lehetett kimutatni közöttük. Az Egyesült Államokban a spanyol nők teje szignifikánsan kevesebb rézet tartalmazott, mint a más nemzetiségűeké. Megállapították, hogy 100 illetve 200 mg napi rézkiegészítés a terhesség utolsó hat hónapjában nem befolyásolta nigériai anyák tejének réztartalmát. Etiópiában és Indiában végzett kísérletek bizonyították, hogy különbségek lehetnek a tej réztartalmában a különböző etnikai csoportok között (Fransson és mtsai., 1984; Dang és mtsai., 1985). Casey és mtsai. (1989) beszámoltak arról, hogy az alultáplált anyák csecsemői kisebb réztartalmú tejet fogyasztottak, de a kísérletekből az látszik, hogy az anya táplálékának réztartalma nem befolyásolta a tej rézkoncentrációját, sőt az alacsony vagy magas rézkiegészítés sem volt hatással arra. A szájon keresztül felvett rézkiegészítés szignifikánsan megnöveli a szérumból rézszintjét, de sem a szérumból rézkoncentrációja, sem a kiegészítés mértéke nincs hatással az anyatej réztartalmára. Ma már nyilvánvalónak tűnik, hogy a test réztartaléka nem befolyásolja a vérszérumból a tejbe történő átjutást. Az ösztrogéntartalmú fogamzásgátlók növelték a test rézvesztését anélkül, hogy annak abszorpcióját befolyásolták volna. Kirksey és mtsai. (1979) a fogamzásgátlók hatását hosszú távon vizsgálva megállapították, hogy azok nincsenek hatással a tej réztartalmára, igaz csökkentették a szérumból réztartalmát azoknál az anyáknál, akik a terhesség előtt fogamzásgátlót szedtek. Dorea és Miazaki (1999) kutatásai szerint a fogamzásgátlók nincsenek hatással a brazil anyák tejének réztartalmára a laktáció első hat hónapjában. Megállapították, hogy az anyatejben a réztartalom szignifikáns mértékben csökkent a laktáció során, annak ellenére, hogy az anyatej réztartalma szélsőséges esetekben 0,03–2,19 mg/l között változott; az anyatejjel táplált csecsemőknél a laktáció első hat hónapjában nem kell rézhiánnyal számolni. Az újszülött májának réztartaléka kiegyenlíti az anyatej hiányát (Donangelo és mtsai., 1993). A laktáció előrehaladtával a rézbevitel csökken, az anyatej mégis tökéletesen kielégíti a szoptatott csecsemők szükségleteit a csecsemőtápszerrel nevelt gyermekekhez viszonyítva.

Bocca és mtsai. (2000) olasz anyák tejének réztartalmát 0,370 µg/ml-nek mérték és megállapították, hogy a réztartalom a városban élő anyáknál szignifikánsan magasabb, valamint szoros negatív összefüggést találtak a réz- és a cinktartalom között. Al-Awadi és Srikumar (2000) kuvaiti és nem kuvaiti szoptató anyák tejének réztartalmát vizsgálva megállapították, hogy az a kuvaiti anyák tejében szignifikánsan magasabb volt (0,71

mg/l), mint a nem kuvaiti anyák tejében (0,59 mg/l). Függetlenül az anyák nemzetiségétől a tej réztartalma a laktáció 6. és 12. hónapja között csökkent. Santos da Costa és mtsai. (2002) braziliai anyák kolosztrumának réztartalmát 0,54 mg/l-nek mérték. Honda és mtsai. (2003) a 35 évnél idősebb anyák tejének réztartalmát 263,0 µg/l-nek, míg a 35 évnél fiatalabbakét 312,6 µg/l-nek mérték, nem találtak szignifikáns különbséget az első-, illetve a többször szülő anyák tejében. Domellöff és mtsai. (2004) szerint a hondurasi anyák tejének réztartalma szignifikánsan alacsonyabb (0,12 mg/l), mint a svéd anyáké (0,16 mg/l). Az energiabevitel, valamint az anyai plazma réztartalma között nem találtak szignifikáns összefüggést, és arra a következtetésre jutottak, hogy a szülés utáni kilenc hónapos periódus alatt az anyai ásványianyag-ellátottság nem befolyásolja a tej réztartalmát. Shores és mtsai. (2000) az anyatej réztartalmát 399 µg/l-nek mérték, és analizálták a tejsír kaprinsav- (0,28); laurinsav- (9,10) és mirisztinsav-tartalmát (12,5%) is, szignifikáns összefüggést találtak a réztartalom és a három zsírsav mennyisége között. Véleményük szerint a réz és a közepes szénláncú zsírsavak közötti összefüggés azzal magyarázható, hogy a tejmirigyben egy réztartalmú enzim szükséges a C10-C14 zsírsavak szintéziséhez, vagy a közepes szénláncú zsírsavak képesek speciális módon a rézet megkötni. Coni és mtsai. (2000) Torinóban élő 30, egészséges anya tejének néhány nyomelemtartalmát, illetve annak felszívódását elemezték. A mintavételnél ügyeltek arra, hogy a minták a környezettől ne szennyeződjenek. Az érett tejmintákat a laktáció második hónapjában vették olyan anyáktól, akiket a mintavétel előtt a gondos, precíz mintavételre kioktattak. A mintavétel talkummentes gumikesztyűvel, kézzel történt, a kb. 10 grammnyi anyatejet polietilén edényekben tárolták. A megfelelő minta-előkészítés után az analíziseket quadrupoll induktív csatolású plazma emissziós tömegspektrométerrel végezték. Az anyatej minták réztartalmára 552 µg/kg értéket kaptak. A mikroelemek meghatározásán túl vizsgálták azt is, hogy a kérdéses anyagok milyen fehérjefrakcióhoz kapcsolódnak a tejben, ennek megállapítására méretkizárásos kromatográfiával öt részre bontották szét a tej fehérjefrakciókat. Az első frakcióba a 2000 kDa-nál nagyobb molekulatömegű fehérjéket (α -, β -, κ -kazein); a második frakcióba a 2000–500 kDa közötti fehérjéket (immunglobulinok); a harmadik frakcióba az 500–100 kDa közötti frakciókat (humán szérumalbumin, laktoferrin); a negyedik frakcióba a 100–2 kDa közötti frakciókat (α -laktalbumin); míg az ötödik frakcióba a 2 kDa-nál kisebb molekulatömegű frakciókat (proteáz-pepton, szabad aminosavak) sorolták. Megállapították, hogy a réz az első és második, valamint a negyedik és ötödik frakcióban fordul elő egyforma koncentrációban. Végső következtetésük az volt, hogy az anyatejben lévő specifikus ligandok, mint amilyenek a különböző molekulatömegű fehérjék és enzimek, szoros kapcsolatban vannak a nyomelemekkel, növelve azok biológiai felhasználhatóságát.

Cink

Arnaud és Favier (1995) francia anyák kolosztrumának és átmeneti tejének cinktartalmát lánggerjesztéses atomabszorpciós spektrofotométerrel vizsgálva megállapították, hogy az első napon mért 130 µmol/l-ről a második napra 180 µmol/l-re nőtt, majd fokozatosan csökkent a laktáció negyedik napjáig, és a hetedik napra 80–90 µmol/l konstans értékre állt be. A cinktartalom a második nap mutatott maximális értéket. Emmett és Rogers (1997) megállapították, hogy a különböző nemzetiségű anyák tejének cinktartalma csak kevés változást mutat a laktáció során (0,6–0,3 mg/l). Rossipal és Krachler (1998) a kolosztrum cinktartalmát 4,7 mg/l-nek, az átmeneti tejt 0,56 mg/l-nek, az érett tejt pedig 0,38 mg/l-nek mérték. Picciano (2001) szerint az anyatej mintegy 4–12 mg/l

cinket tartalmaz, ami a laktáció 6. hónapjáig 1,1 mg/l-re, a 12. hónapig pedig 0,5 mg/l-re csökken. Úgy tűnik, hogy az anya tápláléka nem befolyásolja ezen elemek koncentrációját, beszámolt arról is, hogy az anyatej cinktartalma rendkívül jól hasznosul az újszülött szervezetében. *Yamawaki és mtsai.* (2005) Japán különböző vidékeiről származó anyák tejének átlagos cinktartalmát viszonylag nagyinak, 145 µg/100 ml-nek mérték. Megállapították, hogy a laktáció folyamán a cinktartalom 475 µg/100 ml-ről 177 µg/100 ml-re csökkent, és a téli hónapokban koncentrációja nagyobb, mint nyáron (159; 132 µg/100 ml).

Hunt és mtsai. (2005) az anyatej cinkkoncentrációját elemezve megállapították, hogy egészséges szüléskor az a laktáció első és negyedik hónapja között 0,04 µmol/l-ről 0,02 µmol/l-re csökkent. *Hunt és mtsai.* (2004) másik vizsgálata során a koraszülésű és a normál időben szült anyák tejét tanulmányozva megállapították, hogy az a laktáció első és tizenkettedik hete között, a legtöbb esetben cinkkoncentrációja szignifikánsan a normál időben szülő anyák tejében 4060 µg/l-ről 1190 µg/l-re, a koraszülők esetében pedig 5970 µg/l-ről 1270 µg/l-re csökkent. *Frkovic és mtsai.* (1996) az anyatej cinktartalmát 4,98±2,53 mg/l-nek mérték. Összehasonlítva az anyák életkorát, a lakhely környezetét, a dohányzási szokásokat, azt tapasztalták, hogy a 25 évnél fiatalabb anyák tejének cinktartalma magasabb, mint a 25 évnél idősebbeké, a többi paraméter esetében viszont nem találtak különbséget. *Honda és mtsai.* (2003) a 35 évnél idősebb anyák tejének cinktartalmát 5,41 mg/l-nek, míg a 35 évnél fiatalabbakét 5,90 mg/l-nek mérték. Az első szülőknél ez az érték szignifikánsan magasabb volt (6,27 µg/l), mint a többször szülők esetében (5,36 µg/l). *Bocca és mtsai.* (2000) olasz anyák tejének cinktartalmát 2,720 µg/ml-nek mérték, az anya kora szerint értékelve az eredményeket megállapították, hogy a cinktartalom a 30 évnél fiatalabb anyák tejében volt a magasabb.

Khatir Sam és mtsai. (1998) szudáni anyák tejének cinktartalmát 1,64 mg/l-nek mérték. *Al-Awadi és Srikumar* (2000) szerint a cinktartalom a kuvaiti anyák tejében szignifikánsan magasabb (3,2 mg/l) volt, mint a nem kuvaiti származásúakéban (2,4 mg/l). A laktáció 6. és 12. hónapja között, függetlenül a nemzetiségtől, a cinktartalom csökkent az anyatejben. *Shores és mtsai.* (2000) az anyatej cinktartalmát 2,93 mg/l-nek, *Turan és mtsai.* (2001) török anyák kolosztrumának és tejének cinktartalmát lánggerjesztésű atomabszorpciós spektrofotométerrel 12,9 mg/l-nek mérték. *Santos da Costa és mtsai.* (2002) brazil anyák kolosztrumának cinktartalmát átlagosan 6,97 mg/l-nek találták a laktáció első és negyedik napja között. *Domellöff és mtsai.* (2004) szerint a svéd anyák tejének cinktartalma 0,46 mg/l, a hondurasi anyáké pedig 0,70 mg/l. Negatív kapcsolatot találtak az energia-bevitel, és a cinktartalom között, megállapították, hogy a cink koncentrációja nőtt a szoptatás alatt. Arra a következtetésre jutottak, hogy a tej cinktartalmát a szülés utáni kilenc hónap alatt az anyai ásványianyag-ellátottság nem befolyásolja. *Leotsinidis és mtsai.* (2005) az anyatej cinktartalmát lángionizációs atomabszorpciós spektrofotométerrel meghatározva, 5010 µg/l értéket kaptak, melynek mennyisége csökkent a laktáció folyamán, ami szorosan összefügg az átmeneti és az érett tej alacsonyabb fehérje- és zsírtartalmával, hisz köztudott, hogy a cink fehérjefrakciókhoz kötődik. A gyümölcsök és a rizs a cinktartalmat növelték, az anya többi tápláléka viszont nem befolyásolta a tej cinktartalmát. *Coni és mtsai.* (2000) az anyatej cinktartalmát 3080 µg/kg-nak mérték, megállapították, hogy a cink nagyobb részt a kis molekulatömegű fehérjefrakciókhoz kapcsolódik.

Mangán

Arnaud és Favier (1995) szerint a francia anyák kolosztruma és átmeneti tejének mangántartalma az első napon mért 120 nmol/l-ről a második napra 220 nmol/l-ig nő,

majd ezt követően fokozatosan csökkenve a hetedik napon 70–80 nmol/l értéket ér el. Megállapították, hogy az anyák táplálkozása, valamint a környezet nincs hatással az anyatej mangántartalmára. *Rossipal és Krachler* (1998) az anya koloszttrumának, átmeneti tejének és érett tejének mangántartalmát a laktáció 1–3. napja között 7,2 µg/l-nek; a 42–60. nap között 3,9 µg/l-nek, a 97–293. nap között pedig 4,0 µg/l-nek mérték. *Picciano* (2001) szerint a mangántartalom a laktáció első hónapjában az érett tejben átlagosan 6 µg/l, ami a laktáció 3–6. hónapja között 3 µg/l-re csökken. *Yamawaki és mtsai.* (2005) Japán különböző vidékeiről származó anyák tejének átlagos mangántartalmát 1,1 µg/100 ml-nek mérték. Megállapították, hogy a laktáció folyamán a mangántartalom 1,2-ről 0,8 µg/100 ml-re csökken, és a téli hónapokban koncentrációja nagyobb, mint nyáron (0,9–1,2 µg/100 ml).

Khatir Sam és mtsai. (1998) szerint szudáni anyák tejének mangántartalma átlagosan 14,2 µg/l volt. *Krachler és mtsai.* (2000) 27 anya átmeneti- és érett tejének mangántartalmát 6,3 µg/l-nek mérték. *Shores és mtsai.* (2000) fulani anyák tejjében a mangán koncentrációját 16 µg/l-nek mérték. A közepes szénláncú zsírsavak, valamint a mangántartalom között kapcsolatot nem tudtak kimutatni. *Al-Awadi és Srikumar* (2000) 34 kuvaiti és nem kuvaiti szoptató anya tejének mangántartalmát vizsgálva megállapították, hogy az mindkét esetben csökkent a laktáció folyamán. A kuvaiti anyák tejének mangántartalmát 6,0; a nem kuvaiti származásúakét pedig 5,7 µg/l-nek mérték. *Turan és mtsai.* (2001) szerint török középosztálybeli anyák koloszttrumának mangántartalma 43,2 µg/l volt. *Coni és mtsai.* (2000) Torinóban élő 30 anya tejének mangántartalmát 16 µg/kg-nak mérték. Megállapították, hogy a mangán jelentős mennyiségben, mintegy 70%-ban a közepes molekulatömegű fehérjefrakcióban fordul elő.

Sharma és Pervez (2005) Közép Indiában 120, acélgyár közelében élő anya tejének és vérének mangántartalmát határozták meg, és hasonlították össze olyan anyák tejjével, akik ettől a környezettől távol éltek. A mangán esetében szoros összefüggést kaptak a vérben és az anyatejben lévő koncentrációk között. A mangántartalmat 0,8–21,5 µg/l közöttinek mérték. Összehasonlítva a szennyezett területen és az attól távol élő anyák tejének adatait megállapították, hogy mangán esetében a vérben történő akkumuláció négyszer nagyobb, mint az anyatejben. A 20–25 éves anyák tejének mangántartalma 4,6 µg/l; a 40–45 év közöttieké pedig 24,5 µg/l volt. Hasonló korcsoportokban az ipari vidékektől távol, szennyezetlen környezetben élő anyák esetében a mangántartalom 0,1 µg/l és 1,5 µg/l között alakult. *Leotsinidis és mtsai.* (2005) az anyatej mangántartalmát elektrotermikus atomabszorpciós spektrofotométerrel 3,58 µg/l-nek határozták meg. Úgy tűnik, hogy mogyorófogyasztással az anyatej mangántartalma befolyásolható.

Egyéb mikroelemek

Kumpulainen és mtsai. (1980) 50 szoptató finn anya krómterhelését, illetve az anyatej krómtartalmát vizsgálták. A tejanalízissel párhuzamosan mérték a fogyasztott élelmiszerek krómtartalmát, ami naponta átlagosan 31 µg volt (a szélsőértékek 25–37 µg/nap), ezen értékek sokkal alacsonyabbak, mint amit a napi bevittel még elviselhetőnek tartanak. Az anyatej krómkoncentrációja a magasabb krómbevétel esetében 0,19–0,69 µg/l, alacsonyabb krómbevétel esetében pedig 0,24–0,54 µg/l között változott, tehát levonható az a következtetés, hogy az anyák krómfogyasztása semmilyen hatással nincs az anyatej krómtartalmára. *Khatir Sam és mtsai.* (1998) szudáni anyák tejjében a krómtartalmát 1,11 µg/l-nek mérték. *Krachler és mtsai.* (2000) 27 anya átmeneti- és érett tejének krómtartalmát határozták meg hagyományos ICP-MS (induktív csatolású plazmaemisszió-tömegspektrométer) technikával, melynek során a króm

átlagos koncentrációját 24,3 µg/l-nek mérték. *Wappelhorst és mtsai.* (2002) német anyáknál a króm élelmiszerekből történő felszívódását, és az anyatejbe való átmenetét vizsgálták. Elemezték az anyák által elfogyasztott élelmiszerek összetételét, majd tejmintákat vettek a laktáció 2. és 8. hete között. A minták roncsolását mikrohullámú, nyomás alatti roncsolóval végezték, a felsorolt elemeket pedig induktív csatolású plazmaemisszióval és a hozzákapcsolt tömegspektrométerrel analizálták, melynek során a krómtartalmat 0,100 µg/kg-nak mérték. Az élelmiszer és a tej krómtartalma alapján számolták, hogy az élelmiszerben lévő króm milyen arányban megy át a tejbe. A számított transzferfaktor átlagosan 6,9 volt, amelyek az egyének esetében szignifikánsan különböztek egymástól. Ezek a különbségek az anyatej és a tejtermelés egyedtől függő különbözőségével, valamint azokkal az egyedi eltérésekkel magyarázták, ami az egyének között fennáll a króm abszorpcióját illetően.

Turan és mtsai. (2001) 30 török anya kolosztrumának krómtartalmát 8,6 µg/l-nek, nikkeltartalmát 27,8 µg/l-nek mérték. *Yamawaki és mtsai.* (2005) Japán különböző vidékeiről származó anyák tejének átlagos krómtartalmát 5,9 µg/100 ml-nek, szeléntartalmát pedig 1,7 µg/100 ml-nek mérték. Megállapították, hogy a laktáció során a krómtartalom 1,7-ről 5,0 µg/100 ml-re nőtt, a szeléntartalom pedig 2,5-ről 1,8 µg/100 ml-re csökkent. A japán anyák tejének szeléntartalmát viszonylag nagyinak találták, és megállapították, hogy annak koncentrációját leginkább az élelmiszerrel bevitt szelén mennyisége befolyásolja. A króm koncentrációját a nyári hónapokban nagyobbak találták, mint télen (6,7; 5,1 mg/100 ml), a szeléntartalom (1,8; 1,7 µg/100 ml) viszont alig változott az évszakok szerint. *Wappelhorst és mtsai.* (2002) német anyák tejének kobalttartalmát 0,058 µg/kg-nak, molibdéntartalmát pedig 0,008 µg/kg-nak mérték. *Krachler és mtsai.* (2000) az anyatej átlagos kobaltkoncentrációját 0,19 µg/l-nek, a nikkeltartalmát 0,79 µg/l-nek, szeléntartalmát 17 µg/l-nek, vanádiumtartalmát pedig 0,18 µg/l-nek mérték. *Khatir Sam és mtsai.* (1998) szerint az anyatej molibdéntartalma 3,84 µg/l, a kobalttartalma 1,23 µg/l, a nikkeltartalma pedig 7,8 µg/l volt. *Rossipal és Krachler* (1998) 46 egészséges anyától vett 79 tejminta kobalt-, valamint molibdéntartalmát vizsgálva megállapították, hogy a kobalt csaknem duplájára nőtt a laktáció folyamán (kolosztrum 1–3 nap: 1,35 µg/l; átmeneti tej 42–60 nap: 1,64 µg/l; érett tej 97–293 nap: 2,96 µg/l); a molibdén koncentrációja pedig csökkent (9,00 µg/l a kolosztrumban, 1,02 µg/l az átmeneti tejben és 1,56 µg/l az érett tejben). A szopás során a molibdén koncentrációja akár 60%-kal is nő, ezért ezt is figyelembe kell venni az anyatejminták gyűjtésénél.

Picciano (2001) szerint az anyatej szelénkoncentrációja, összefüggésben néhány szeléntartalmú fehérjefrakcióval, a laktáció elején magas (40 µg/l), az érett tejben pedig a földrajzi viszonyok különbözősége miatt átlagosan 7–33 µg/l között változik. Az anya szelénellátása rendkívüli mértékben befolyásolja a tej szeléntartalmát, ami a laktáció előrehaladtával jelentős mértékben csökken. A tej szeléntartalma pozitív összefüggésben van az újszülött plazmájának szelénkoncentrációjával, és a szeléntartalmú enzim, a glutation-peroxidáz aktivitásával. Az anyatej jódtartalma nagymértékben változik a földrajzi környezet és az anyai jódbevitel hatására, jódhiányos vidékeken az anyatej jódtartalma 15 µg/l, megfelelő jódtartalmú élelmiszerek fogyasztása esetén viszont egy nagyságrenddel nagyobb (150 µg/l) is lehet. Az érett tej fluortartalma 4–15 µg/l között van. *Bermejo-Barrera és mtsai.* (2002) a szilíciumtartalmat határozták meg tizenhárom anya tejéből elektrotermikus atomabszorpciós spektrofotometriával. A tejmintákat úgy vették, hogy azok a környezetétől lehetőleg ne szennyeződjenek. A minták átlagos szilíciumtartalma 112 µg/l volt, ahol a szélsőértékek 50–440 µg/l között változtak. Egy minta kivételével (440 µg/l) a többi 50 és 164 µg/l közötti értéket mutatott. *Theodorolea*

és *mtsai.* (2005) görög anyák tejenek szeléntartalmát vizsgálták elektrotermikus atomabszorpciós spektrofotométerrel és kémiai módosítással. Az anyáktól 5–10 ml tejet gyűjtöttek kézi pumpával üvegtubusokba, amelyet $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on tárolták az analízis megkezdéséig. Az általuk kidolgozott új módszerrel az anyatej szeléntartalmára 16,7–42,6 $\mu\text{g/l}$ közötti értékeket kaptak, amely átlagosan $27,4\pm 5,5\text{ }\mu\text{g/l}$ volt. *Hunt és mtsai.* (2004) a koraszülő és a normál időre szülő anyák tejenek bórkoncentrációját tanulmányozva megállapították, hogy a laktáció első és tizenkettedik hete között az időre szülő anyáknál gyakorlatilag változatlan (30 és 28 $\mu\text{g/l}$), de jelentős mértékben változott a koraszülő anyák esetén (37 és 27 $\mu\text{g/l}$). A szeléntartalom a normál időben szülő anyák tejében 26,9 $\mu\text{g/l}$ -ről 18,6 $\mu\text{g/l}$ -re, a koraszülő anyák tejében pedig 28,7 $\mu\text{g/l}$ -ről 20,4 $\mu\text{g/l}$ -re csökkent. *Hunt és mtsai.* (2005) az anyatej bórkoncentrációját vizsgálva megállapították, hogy egészséges csecsemőszülés esetében az anyatej bórtartalma a laktáció első és negyedik hónapja között 42 $\mu\text{g/l}$ -ről és 35 $\mu\text{g/l}$ -re csökken.

MÉRGEZŐ NYOMELEMEK

Kadmium

Frkovic és mtsai. (1997) Horvátország észak-adriai részében élő anyák tejenek kadmiumtartalmát vizsgálták szeptember és január között. 29 anyától gyűjtöttek tejmintát, akik közül 14 az első, 12 a második, 13 pedig a harmadik gyermekét szülte. A nehézfém tartalmat grafitküvetás atomabszorpciós spektrofotométerrel határozták meg, ahol az atomizációs hőmérséklet $2060\text{ }^{\circ}\text{C}$ volt. A Rijeka környéki anyatejek kadmiumtartalma 0,45–9,10 $\mu\text{g/l}$ között változott, az átlagos érték 2,54 $\mu\text{g/l}$ volt. Összehasonlítva a különböző korú, az egy- és többgyerekes, a dohányzó és nemdohányzó valamint a városban és a vidéken élő anyák tejenek kadmiumtartalmát szignifikáns különbséget a különböző csoportok között nem lehetett kimutatni (*Palmingier és mtsai.*, 1995). *Rossipal és Krachler* (1998) szerint a kadmium koncentrációja a kolosztrumban sokkal nagyobb (1,1 $\mu\text{g/l}$), mint az átmeneti- (0,18 $\mu\text{g/l}$), vagy érett tejben (0,24 $\mu\text{g/l}$). *Coni és mtsai.* (2000) az anyatej kadmiumtartalmát 0,8 $\mu\text{g/kg}$ -nak mérték, megállapították, hogy a kadmium főként az alacsony, valamint a magas molekulatömegű fehérjefrakcióban fordul elő. *Turan és mtsai.* (2001) török középosztálybeli anyák kolosztrumának kadmiumtartalmát 2,8 $\mu\text{g/l}$ -nek mérték.

Honda és mtsai. (2003) az anyatej kadmiumtartalmát vizsgálták különböző mennyiségű kadmiumfogyasztás hatására. A szervezetbe jutott kadmium mennyiségét kérdőíves felméréssel állapították meg, és figyelembe vették, hogy dohányzó vagy nemdohányzó anyákról van-e szó. A kísérletben vizsgált anyatej kadmiumtartalma 0,07–1,23 $\mu\text{g/l}$ között változott, amire nem volt hatással az anya kora és a szülés lefolyása. Az anyatej kadmiumtartalma és a vizelet kadmiumtartalma között szignifikáns volt az összefüggés. Az anyatej kadmium- és kalciumtartalma között negatív összefüggést mutattak ki. *Sharma és Pervez* (2005) nem talált szoros összefüggést a vérben és az anyatejben lévő kadmiumkoncentráció között. Az anyatej kadmiumtartalma 0,1–3,8 $\mu\text{g/l}$ között változott. Megállapították, hogy az idősebb anyák tejenek kadmiumtartalma nagyobb, mint a fiatalabbaké, a 20–25 éves anyák tejenek kadmiumtartalmát 0,6 $\mu\text{g/l}$ -nek, a 40–45 év közöttiekét pedig 0,3 $\mu\text{g/l}$ -nek mérték. Hasonló korszakokban, az ipari vidékektől távol, szennyezetlen környezetben élő anyák esetében a kadmiumtartalom 0,1 $\mu\text{g/l}$ és 0,3 $\mu\text{g/l}$ között változott. *Ursinyova és Masanova* (2005) 158 egészséges szlovák anya tejenek kadmium-, ólom- és higanytartalmát határozták meg, akik a Szlovák Köztársaság nyolc különböző mértékben

szennyezett vidékén éltek. Vizsgálták az anya korának, családi helyzetének, fogtöméseinek, az újszülött nemének és születési tömegének, valamint a családban levő dohányzási szokások hatását az anyatej összetételére. A vizsgált anyák átlagosan 25,6 évesek, 6,9 tömött foguk volt, és a terhesség 40. hetében születték meg gyermeküket. Az újszülöttek átlagos testtömege 3,45 kg volt, 54,4%-uk fiú, 45,6%-uk lány. Az anyák 22,8%-a dohányzott a terhesség előtt, 3,8% a terhesség alatt is, és az apák 42,7%-a dohányzott. 158 analízis átlagában az anyatej átlagos kadmiumtartalmát 0,36 µg/kg-nak mérték. Megállapították, hogy mind az aktív, mind a passzív dohányzás szignifikánsan növelte a tej kadmiumtartalmát. Összehasonlítva a Föld különböző részein élő anyák tejének kadmiumtartalmát, kimagaslóan nagy értéket állapítottak meg városi német anyák tejében (vidéki: 17,3 µg/l, városi 24,6 µg/l).

Leotsinidis és mtsai. (2005) az anyatej kadmiumtartalmát elektrotermikus atomabszorpciós spektrofotométerrel vizsgálva megállapították, hogy a kolosztrumminták 11%-ánál az a kimutatási határ alatt volt, hasonlóak voltak az arányok az átmeneti tej esetében is. Megállapították, hogy a tej kadmiumtartalmának csökkenése szorosan összefügg az átmeneti és az érett tej alacsonyabb fehérje- és zsírtartalmával, hisz köztudott, hogy a kadmium nagyobb része a zsírban található. A kísérletben részt vett anyák 34%-a dohányozott a terhesség alatt, és majdnem mindegyikük fogyasztott valamilyen élelmiszer-kiegészítőt. A kolosztrum, az átmeneti tej és az érett tej kadmiumtartalmát vizsgálva megállapították, hogy az csökkent a laktáció folyamán. Az anyatej átlagos kadmiumkoncentrációja 0,130 µg/l volt. Megállapították, hogy a dohányzó anyák tejében nagyobb volt a kadmiumtartalom és hogy a tiszta legelőről származó állatok (bárány, borjú) húsának fogyasztása csökkentette a mérgező mikroelemek mennyiségét, a friss zöldségek és a mogyoró fogyasztása viszont növelték a kadmiumtartalmat.

Ólom

Frkovic és mtsai. (1997) horvát anyák tejének ólomtartalmát 7,3 µg/l-nek mérték, ami lényegesen alacsonyabb volt, mint a tápszerekből készített tejé. Az anyatej ólomtartalma az iparosodott országokban 5–20 µg/l között változik, erősen szennyezett területeken azonban ennél hússzor nagyobb is lehet (*Sonawane*, 1995). Egy Mexikóban elvégzett vizsgálat szerint az anyatej átlagos ólomtartalma 62 µg/l, ahol a szélsőértékek 9 és 350 µg/l volt (*Nahimira és mtsai.*, 1993). Egy svéd elemzés szerint szennyezett környezetben az anyatej ólomtartalma 0,9 µg/l, a kevésbé szennyezett környezetben pedig 0,5 µg/l körül alakult, az igen alacsony ólomtartalom egyrészt az ipari üzemek drasztikusan lecsökkent ólomkibocsátásával, másrészt az ólommentes üzemanyagok elterjedésével magyarázható. Egy hat országra kiterjedő összehasonlító vizsgálat során *Palminger és mtsai.* (1995) az anyatej ólomtartalmát 2,0–17,8 µg/l között mérték. A Rijeka környékén mért tejminták ólomtartalma 0,3–44,0 µg/l között változott. Összehasonlítva a 25 évnél idősebb és fiatalabb, az egy- és többgyerekes, a Rijekában és Rijeka környékén élők, a dohányzók és nemdohányzók tejének ólomtartalmát megállapították, hogy a 25 évnél fiatalabb anyák tejének ólomtartalma magasabb (10,4 µg/l) a 25 évnél idősebbekhez (5,7 µg/l) képest, a különbség azonban nem volt szignifikáns (*Silbergeld*, 1991). Az egy gyerekes anyák tejének ólomtartalma 5,8 µg/l, míg a több gyerekes anyáké 8,7 µg/l volt, a különbség azonban itt sem szignifikáns. Nem találtak szignifikáns különbséget a dohányzó (5,7 µg/kg) és a nemdohányzó (7,9 µg/kg) anyák tejének ólomtartalmában sem. A különbség csak a Rijekában (10,6 µg/kg) és a régióban élők (4,7 µg/kg) között volt szignifikáns. A városban élő anyák ólomterhelése a tej magasabb ólomtartalmában

is megmutatkozott. *Turan és mtsai.* (2001) török középosztálybeli anyák kolosztrumának ólomtartalmát 14,6 µg/l-nek mérték.

Rossipal és Krachler (1998) vizsgálataik során megállapították, hogy az ólom csökkenése a kolosztrumtól az érett tejig lényegesen kisebb a többi nyomelemhez viszonyítva (1,0–0,12 µg/l). *Coni és mtsai.* (2000) az anyatej ólomtartalmát 13 µg/kg-nak mérték, megállapították, hogy az ólom egyforma koncentrációban kötődik mind a magas, mind az alacsony molekulatömegű fehérjefrakciókhoz. *Gundacker és mtsai.* (2002) 59 bécsi (városi), 47 Linzben élő (ipari) és 59 Tullnban élő (vidéki) 29±5 év körüli anyától gyűjtöttek 5–10 cm³ mennyiségű tejmintát, és meghatározták annak ólomtartalmát. Az anyák 60%-a első gyerekének adott életemet. A szerzők felmérték az anyák tartózkodási helyét, az étkezési szokásokat, adatokat gyűjtöttek a dohányzásról, valamint a fogtöméssel és foghúzással kapcsolatban. A tejetek -20 és -48 °C közötti hőmérsékleten liofilezték, majd homogenizálták, és ebből a homogén „tejből”, vettek ki, majd a megfelelő előkészítés után atomabszorpciós spektrofotométerrel történt az analízis. Az anyatej ólomtartalmát 1,63±1,66 µg/l-nek mérték. Megállapították, hogy Ausztriában az ólomterhelés jelentős mértékben csökkent az elmúlt húsz év alatt, 1981-ben a tej ólomtartalmát 50 µg/l-nek mérték, ami 1993-ra 36 µg/l-re csökkent. Vizsgálataik szerint az anyatej ólomtartalmát leginkább a tartózkodási hely (Tulln: 1,22 µg/l, Linz: 2,48 µg/l, Bécs: 1,29 µg/l), a hal (0,80–1,82 µg/l) és a gabonafélék fogyasztása (1,46–1,71 µg/l), a vitaminkiegészítés (1,78 µg/l) és a dohányzás befolyásolja. A dohányzó anyák tejeinek ólomtartalma nagyobb volt (2,40 µg/l), mint a nem dohányosoké (1,57 µg/l). A 60 kg-nál kisebb súlyú anyák tejeinek ólomtartalmát 1,81 µg/l-nek mérték, ezek az értékek a 60–80 kg közötti anyáknál 1,52 µg/l, 80 kg-nál súlyosabb anyáknál pedig 1,36 µg/l volt. Megállapították, hogy az ólomkoncentráció nem éri el a kritikus szintet az általuk vizsgált tejmintákban. A 2002-es vizsgálatok szerint nem kell azzal számolni, hogy egészséges anyák tejeinek ólomtartalma befolyásolná a szoptatott csecsemő egészségét. *Leotsinidis és mtsai.* (2005) az anyatej ólomtartalmát elektrotermikus atomabszorpciós spektrofotométerrel határozták meg. Az átlagos ólomtartalmat 0,44 µg/l-nek mérték, melynek koncentrációja csökkent a laktáció folyamán. Az ólom azon anyák tejében volt több, akik városi környezetben éltek. Megállapították azt is, hogy koncentrációja a városi környezetben, valamint az iparosított övezetekben élő anyák tejében magasabb, mint a vidéken élők tejében. Úgy tűnik, hogy a vörös húsok fogyasztása csökkenti, a sajt, különösen a görög fetasajt és a rizs viszont növeli az anyatej ólomtartalmát. A tiszta legelőről származó állatok (bárány, borjú) húsának fogyasztása csökkentette a mérgező mikroelemek mennyiségét. Az ólomra kapott értékeket a korábbi évek adataival összehasonlítva megállapították, hogy az majd két nagyságrenddel csökkent az utóbbi években, ami az ólommentes üzemanyagok széles körben való elterjedésének köszönhető. *Sharma és Pervez* (2005) Közép Indiában szennyezett környezetben és ettől a környezettől távolabb élő anyák tejeinek ólomtartalmát hasonlították össze. A vér toxikus elem-tartalmát lényegesen nagyobbak találták, mint az anyatejét, és az ólom esetében szoros összefüggést kaptak a vérben és az anyatejben lévő koncentrációk között. A 20–25 éves anyák tejeinek ólomtartalma 3,6 µg/l, a 40–45 év közöttieké pedig 16,7 µg/l volt. Az ipari vidékektől távol, szennyeztelen környezetben élő 20–25 éves anyák tejeinek ólomtartalma 0,1 µg/l, míg a 40–45 év közöttieké 0,7 µg/l volt. *Ursinyova és Masanova* (2005) 158 egészséges szlovák anya tejeinek átlagos ólomtartalmát 3,4 µg/kg-nak mérték. Összehasonlítva a Föld különböző részein élő anyák tejeinek értékeit megállapítható, hogy az ólomtartalom kiugróan magas a városban élő olasz anyák tejében (126,55 µg/l), őket követik a vidéken élők (45,62 µg/l), majd a szingapuri (47,7 µg/l), az

ausztriai (1993-ban: 35,8 µg/l, 2000-ben: 1,5–1,8 µg/l), a malaysiai, a kanadai és a Kína különböző részein élő anyák tejének ólomtartalma.

Higany

Drasch és mtsai. (1998) 46 német anyától a laktáció első hét napján vett 70 tejminta higanytartalmát vizsgálták az amalgámtömés és egyéb faktorok függvényében. Kilenc tejminta higanytartalmát átlagosan 0,37 µg/dm³-nek mérték, ahol a szélsőértékek 0,20–6,86 µg/l között változtak, a legtöbb tejminta esetében pedig 0,4 és 2,5 µg/l között volt. Az anyatej higanytartalma pozitív összefüggést mutatott az amalgámmal tömött fogak számával, ugyanis azon anyák esetében, akiknek a fogát nem amalgámmal tömtek, a higanytartalom 0,2 µg/l-nél kisebb volt, akiknek 1–7 foga volt amalgámmal tömve azoknál a higanytartalom elérte a 0,50–0,57 µg/l-t, és akiknek több mint 7 fogat tömtek, a higanytartalom 11 µg/l volt. A halfogyasztás gyakorisága is növelte a higanykoncentrációt a tejben, míg az anyák kora nem volt vele szignifikáns kapcsolatban. Összehasonlítva az anyatej higanytartalmát megállapították, hogy a laktáció második és harmadik napján vett kolosztrumminták higanytartalma magasabb, ezt követően azonban azonos, illetve kisebb, mint a csecsemőtápoké. *Rossipal és Krachler* (1998) 46 egészséges anya kolosztrumának, átmeneti-, valamint érett tejének higanytartalmát vizsgálva a laktáció 1–293. napján megállapították, hogy az a kolosztrumban mért 2,7 µg/l értékről az átmeneti tejben 0,52 µg/l-re csökkent, majd ezen az értéken stabilizálódik az érett tejben. *Gundacker és mtsai.* (2002) Ausztria különböző helyein élő anyák tejének higanytartalmát 1,59±1,21 µg/l-nek mérték. A minták 9%-ának higanytartalma meghaladta a 3,5 µg/l-es értéket. Vizsgálataik szerint az anyatej higanytartalmát leginkább a tartózkodási hely (Tulln: 1,07 µg/l, Linz: 1,82 µg/l, Bécs: 2,17 µg/l), a hal (1,54–1,92 µg/l) és a gabonafélék fogyasztása (0,87–1,85 µg/l), a vitamin-kiegészítés (1,96 µg/l) és a dohányzás befolyásolja. A dohányzó anyák tejének higanytartama kisebb volt (1,42 µg/l) mint a nem dohányosoké (1,60 µg/l). A 60 kg-nál kisebb súlyú anyák tejének higanytartalmát 2,09 µg/l-nek; a 60–80 kg közöttiekét 1,38 µg/l; a 80 kg-nál súlyosabbakat pedig 1,24 µg/l-nek mérték.

Sharma és Pervez (2005) az ipari vidékektől távol, szennyezetlen környezetben élő 20–25 éves anyák tejének higanytartalmát 0,1 µg/l-nek, a 40–45 év közöttieké pedig 0,9 µg/l-nek mérték, szoros összefüggést kaptak a vérben és az anyatejben lévő koncentrációk között. *Ursinyova és Masanova* (2005) szlovák anyák tejének higanytartalmát 0,72 µg/kg-nak mérték és megállapították, hogy csak az amalgámmal történő fogtömés okozott szignifikánsan nagyobb higanytartalmat a tejben, így az amalgámmal tömött fogak függvényében szignifikánsan nőtt a higanytartalom. *Da Costa és mtsai.* (2005) 23 brazil anya tejének higanytartalmát vizsgálták a laktáció 7. és 30. napja között annak függvényében, hogy az anyáknak volt-e amalgámos fogtömése, és a tömésnek mekkora volt a felülete, mert a fogászati kezelésnél használt fogak töméséből származó higany az ember elsődleges higanyforrása. Az amalgámmal tömött fogak száma a vizsgálatba vont anyáknál 6,87 volt. Az anyatej átlagos higanytartalma 0 és 23,07 µg/kg között változott, átlagosan 5,73 µg/kg volt. Az amalgámmal tömött fogak száma, valamint az anyatej higanykoncentrációja között szignifikáns pozitív összefüggést mutattak ki.

EGYÉB MÉRGEZŐ NYOMELEMEK

Rossipal és Krachler (1998) 46 egészséges anyától vett 79 tejminta 19 nyomelem-tartalmát vizsgálták a laktáció 1–293. napján. Meghatározták a bárium-, a berillium-, a

bizmut-, a kadmium-, a cézium-, a lantán-, a lítium-, a rubídium-, az antimon-, az ón-, a stroncium-, a talliumtartalmat nemcsak a laktáció folyamán, hanem a szoptatás ideje alatt is. Megállapították, hogy az olyan toxikus elemek koncentrációja, mint a tallium (0,13 µg/l, 0,08 µg/l), a bárium, a berillium, a lantán, a lítium és az antimon a kolosztrumban lényegesen nagyobb koncentrációban volt jelen, mint az érett tejben, a bizmut, a cézium és a stroncium pedig úgy tűnik, hogy nem változik a laktáció folyamán. A bárium, a cézium, a rubídium, a stroncium koncentrációja csökken a szopás során, ami akár 60%-os különbség is lehet, amit figyelembe kell venni az anyatej minták gyűjtésénél. *Krachler és mtsai.* (2000) 27 anya átmeneti- és érett tejének, és négy csecsemőtápszer toxikus elemeit (ezüst, alumínium, arzén, arany, platina, szkandium, titán) határozták meg hagyományos induktív csatolású plazmaemisszió-tömegspektrométer (ICP-MS) technikával. Az átlagos alumínium koncentrációt 67 µg/l-nek, az arzénkoncentrációt 6,7 µg/l-nek, az ezüstkoncentrációt pedig 0,41 mg/l-nek mérték, ahol a szélsőértékek 0,13–42,0 µg/l között alakultak. Az arany átlagos koncentrációja 0,29 µg/l volt, ahol a szélsőértékek 0,10–2,06 µg/l között változtak. Ezeket a szélsőséges értékeket a fogtömegekkel és az ékszerek használatával magyarázták. A platina-koncentráció mindegyik mintában nagyon alacsony volt, a legtöbb mintánál nem érte el a 0,01 µg/l kimutatási határértéket. *Coni és mtsai.* (2000) torinói egészséges anyák tejének néhány nyomelemét, illetve annak felszívódását elemezték. Az anyatejmintákra az alábbi nyomelem-koncentrációkat kaptak: a bárium 17 µg/kg; bizmut 0,1 µg/kg; lítium 1 µg/kg; stroncium 85 µg/kg; tallium 0,09 µg/kg. A mikroelemek meghatározásán túl vizsgálták azt is, hogy a kérdéses anyagok milyen fehérjefrakcióhoz kapcsolódnak a tejben. Ennek megállapítására méretkizárásos kromatográfiával öt részre bontották szét a tej fehérjefrakciókat. Megállapították, hogy a bizmut és a lítium főként a kis és nagymolekulatömegű fehérjefrakciókban fordul elő közel egyforma koncentrációban. Az elemek második csoportjához tartozó bárium, stroncium és a tallium pedig a kis molekulatömegű frakciókhoz kapcsolódnak.

Wappelhorst és mtsai. (2002) Németországban élő 19 anya tejének antimon-, cérium-, gallium-, lantán-, nióbbium-, ruténium-, ezüst-, tórium-, titán- és urántartalmát határozták meg és vizsgálták az élelmiszerből történő felszívódást, az anyatejbe való átmenetet. Az élelmiszer és a tej mikroelemtartalma alapján számolták, hogy az élelmiszerben lévő mikroelem mennyisége milyen arányban megy át a tejbe. A számított transzferfaktor az ezüsthöz 5,1; cériumhoz 16,1; galliumhoz 19,1; lantánhoz 13,8; nióbbiumhoz 20,7; ruténiumhoz 4,1; antimonhoz 13,2; tóriumhoz 20,2; titánhoz 5,6; uránhoz pedig 21,3 volt. Az átviteli faktorok az egyének esetében szignifikánsan különböztek egymástól. Ezeket a különbségeket a tejtermelés egyedtől függő különbözőségével és azokkal az egyedi eltérésekkel magyarázták, ami az egyének között fennáll az elemek abszorpcióját illetően. Az anyatej ezüsttartalmát átlagosan 0,334 µg/kg-nak, cériumtartalmát 0,030 µg/kg-nak, galliumtartalmát 0,027 µg/kg-nak, lantántartalmát 0,043 µg/kg-nak, nióbbiumtartalmát 0,023 µg/kg-nak, ruténiumtartalmát 0,180 µg/kg-nak, antimontartalmát 0,041 µg/kg-nak, tóriumtartalmát 0,028 µg/kg-nak, titántartalmát 0,080 µg/kg-nak, urántartalmát pedig 0,022 µg/kg-nak mérték. *Sharma és Pervez* (2005) nem találtak szoros összefüggést a vérben és az anyatejben lévő arzénkoncentrációk között. A szennyezett területen élő 20–25 éves anyák tejének arzéntartalma 0,9 µg/l, a 40–45 év közöttieké pedig 5,2 µg/l érték volt. Hasonló korcsoportokban az ipari vidékektől távol, szennyeztelen környezetben élő anyák esetében az arzéntartalom 0,1–0,9 µg/l között alakult.

IRODALOM

- Al-Awadi, F.M., Srikumar, T.S. (2000): Trace-Element Status in Milk and Plasma of Kuwaiti and Non- Kuwaiti Lactating Mothers. *Nutrition*. 16. 1069-1073.
- Allen, J.C., Keller, R.P., Archer, P., Neville, M.C. (1991): Studies in human lactation: milk composition and daily secretion rates of macronutrients in the first year of lactation. *Am. J. Clin. Nutr.*, 54. 69-80.
- Andrade, A.T., Souza, J.P., Shaw, S.T. Jr, Belsey, E.M., Rowe, P.J. (1991): Menstrual blood loss and blood iron stores in Brazilian women. *Contraception*. 43. 241-249.
- Arnaud, J., Favier, A. (1995): Copper, iron, manganese and zinc contents in human colostrum and transitory milk of French women. *The Science of the Total Environment*. 159. 9-15.
- Arnaud, J., Prual, A., Preziosi, P., Cherouvrier, F., Favier, A., Galan, P., Hercberg, S. (1993): Effect of iron supplementation during pregnancy on trace element (Cu, Se, Zn) concentrations in serum and breast milk from Nigerian women. *Ann. Nutr. Metab.*, 3. 262-271.
- Atkinson, S.A., Chappell, J., Clandinin, M.T. (1987): Calcium supplementation of mothers' milk for low birth weight infants: problems related to absorption and excretion. *Nutr. Res.*, 7. 813-823.
- Balogun, F.A., Akanle, A.O., Spyron, N.M., Owa, J.A. (1994): A comparative study of elemental composition of human breast milk and infant milk substitutes. *Biol. Trace. Element. Res.*, 43-45. 471-479.
- Bermejo-Barrera, P., Barciela-Alonso, M.C., Domínguez-González, R., Bermejo-Barrera, A., Cocho de Juan, J.A., Fraga-Bermúdez, J.M. (2002): Silicon determination in milk by electrothermal atomic absorption spectrometry using palladium as chemical modifier. *Anal. Bioanal. Chem.*, 374. 1290-1293.
- Bitman, J., Hamosh, M., Hamosh, P., Lutes, V., Neville, M.C., Seacat, J., Wood, D.L. (1989): Milk composition and volume during the onset of lactation in a diabetic mother. *Am. J. Clin. Nutr.*, 50. 1364-1369.
- Bocca, B., Alimonti, A., Coni, E., Pasquale, M.D., Giglio, L., Bocca, A.P., Caroli, S. (2000): Determination of the total content and binding pattern of elements in human milk by high performance liquid chromatography-inductively coupled plasma atomic emission spectrometry. *Talanta*. 53. 295-303.
- Butte, N.F., Garza, C., Johnson, C.A., Smith, E.O., Nichols, B.L. (1984): Longitudinal changes in milk composition of mothers delivering preterm and term infants. *Early Hum. Dev.*, 9. 153-162.
- Butte, N.F., Garza, C., Smith, E.O., Wills, C., Nichols, B.L. (1987): Macro- and trace-mineral intakes of exclusively breast-fed infants. *Am. J. Clin. Nutr.*, 45. 42-48.
- Carias, D., Velasquez, G., Cioccia, A.M., Pinero, D., Inciarte, H., Hevia, P. (1997): The effect of lactation time on the macronutrient and mineral composition from Venezuelan women. *Arch. Latinoam Nutr.*, 47. 110-117.
- Carrion, N., Itriago, A., Murillo, M., Eljuri, E., Fernandez, A. (1994): Determination of calcium, phosphorus, magnesium, iron, copper and zinc in maternal milk by inductively coupled plasma atomic emission spectrometry. *J. Anal. At. Spectrom.*, 9. 205-207.
- Casey, C.E., Neville, M.C., Hambidge, K.M. (1989): Studies in human lactation: secretion of zinc, copper, and manganese in human milk. *Am. J. Clin. Nutr.*, 49. 773-785.

- Celada, A., Busset, J., Gutierrez, J., Herreros, V. (1982): No correlation between iron concentration in breast milk and maternal iron stores. *Helv. Paediatr. Acta.* 37. 11-16.
- Chan, G.M., Roland, N., Slater, P., Hollis, J., Thomas, M.R. (1982): Decreased bone mineral status in lactating adolescent mother. *J. Pediatr.*, 101. 767-770.
- Coni, E., Stachini, A., Caroli, S., Falconeri, P. (1990): Analytical approach to obtaining reference values for minor and trace elements in human milk. *J. Anal. At. Spectrom.*, 5. 581-586.
- Coni, E., Bocca, B., Galoppi, B., Alimonti, A., Caroli, S. (2000): Identification of chemical species of some trace and minor elements in mature breast milk. *Microchemical Journal.* 67. 187-194.
- Cruikshank, D.P., Varner, M.W., Pitkin, R.M. (1982): Breast milk magnesium and calcium concentrations following magnesium sulfate treatment. *Am. J. Obstet. Gynecol.*, 143. 685-688.
- Cumming, F.J., Fardy, J.J., Briggs, M.H. (1983): Trace elements in human milk. *Obstet. Gynecol.*, 62. 506-508.
- Da Costa, S.L., Malm, O., Dorea, J.G. (2005): Breast-milk mercury concentrations and amalgam surface in mothers from Brasilia, Brazil. *Biol. Trace Elem. Res.*, 106. 2. 145-151.
- Dagnelie, P.C., van Staveren, W.A., Roos, A.H., Tuinstra, L.G., Burema, J. (1992): Nutrients and contaminants in human milk from mothers on macrobiotic and omnivorous diets. *Eur. J. Clin. Nutr.*, 46. 355-366.
- Dang, H.S., Jaiswal, D.D., Wadhvani, C.N., Somasunderam, S., Dacosta, H. (1985): Breast feeding: Mo, As, Mn, Zn and Cu concentrations in milk of economically poor Indian tribal and urban women. *Sci. Total Environ.*, 44. 177-182.
- Domellöf, M., Lönnerdal, B., Dewey, K.G., Cohen, R.J., Hernell, O. (2004): Iron, zinc, and copper concentrations in breast milk are independent of maternal mineral status. *Am. J. Clin. Nutr.*, 79. 111-115.
- Donangelo, C.M., Trugo, N.M.F., Dorea, J.G. (1993): Liver reserves of iron, copper and vitamin B12 in Brazilian fetuses and infants of different socioeconomic status. *Nutrition.* 9. 430-432.
- Donangelo, C.M., Trugo, N.M.F., Koury, J.C., Barreto-Silva, M.I., Freitas, L.A., Feldheim, W., Barth, C. (1989): Iron, zinc, folate and vitamin B12 nutritional status and milk composition of low-income Brazilian mothers. *Eur. J. Clin. Nutr.*, 43. 253-266.
- Dorea, J.G. (1999): Calcium and Phosphorus in human milk. *Nutrition Research.* 19. 5. 709-739.
- Dorea, J.G. (2000a): Iron and Copper in Human Milk. *Nutrition.* 16. 209-220.
- Dorea, J.G. (2000b): Magnesium in Human Milk. *Journal of the American College of Nutrition.* 19. 2. 210-219.
- Dorea, J.G., Miazaki, E.S. (1999): The effects of oral contraceptive use on iron and copper concentrations in breast milk. *Fertility and Sterility.* 72. 2. 297-301.
- Drasch, G., Aigner, S., Roider, G., Staiger, F., Lipowsky, G. (1998): Mercury in human colostrums and early breast milk. Its dependence on dental amalgam and other factors. *Journal Trace Elem. Med. Biol.*, 12. 1. 23-27.
- Emmett, P.M., Rogers, I.S. (1997): Properties of human milk and their relationship with maternal nutrition. *Early Human Developmentl.* 49 S7-S28.
- Feeley, R.M., Eitenmiller, R.R., Jones, J.B. Jr., Barnhart, H. (1983): Copper, iron, and zinc contents of human milk at early stages of lactation. *Am. J. Clin. Nutr.*, 37. 443-448.

- Finley, D.A., Lönnerdal, B., Dewey, K.G., Grivetti, L.E. (1985): Inorganic constituents of breast milk from vegetarian and non vegetarian women: relationships with each other and with organic constituents. *J. Nutr.*, 115. 772-781.
- Fly, A.D., Uhlin, K.L., Wallace, J.P. (1998): Major milk concentrations in human milk do not change after maximal exercise testing. *Am. J. Clin. Nutr.*, 68. 345-349.
- Forbes, G.B., Barton, D., Nicholas, D.L., Cook, D.A. (1988): Composition of milk from mother with galactosemia. *J. Ped.*, 113. 90-91.
- Fransson, G.B. (1983): The role of lactoferrin in iron absorption and its relation to nutritional status. *Kieler Milchwirtschaft Forschung*. 35. 441.
- Fransson, G.B., Gebre-Medhin, M., Hambreus, L. (1984): The human milk content of iron, copper, zinc, calcium and magnesium in a population with habitually high intake of iron. *Acta Paediatr. Scand.*, 73. 471-476.
- Fransson, G.B., Lönnerdal, B. (1980): Iron in human milk. *J. Pediatr.*, 96. 380-384.
- Fransson, G.B., Lönnerdal, B. (1982): Zinc, copper, calcium and magnesium in human milk. *J. Ped.*, 101. 504-508.
- Fransson, G.B., Lönnerdal, B. (1984): Iron, copper, zinc, calcium, and magnesium in human milk fat. *Am. J. Clin. Nutr.*, 39. 185-189.
- Frković, A., Kraš, M., Alebić-Juretić, A. (1997): Lead and Cadmium Content in Human Milk from the Northern Adriatic Area of Croatia. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 58. 16-21.
- Frković, A., Medugorac, B., Alebić-Juretić, A. (1996): Zinc levels in human milk and umbilical cord blood. *The Science of the Total Environment*. 192. 207-212.
- Greer, F.R., Tsang, R.C., Levin, R.S., Searcy, J.E., Wu, R., Steichen, J.J. (1982): Increasing serum calcium and magnesium concentrations in breast-fed infants: Longitudinal studies of minerals in human milk and in sera of nursing mothers and their infants. *J. Pediatr.*, 100. 59.
- Gundacker, C., Pietschnig, B., Wittmann, K.J., Lischka, A., Salzer, H., Hohenauer, L., Schuster, E. (2002): Lead and Mercury in Breast Milk. *Pediatrics*. 110. 5. 873-878.
- Hirai, Y., Kawakata, N., Satoh, K., Ikeda, Y., Hisayasu, S., Orino, H., Yoshino, Y. (1990): Concentrations of lactoferrin and iron in human milk at different stages of lactation. *J. Nutr. Sci. Vitaminol.*, 36. 531-544.
- Honda, R., Tawara, K., Nishijo, M., Nakagawa, H., Tanebe, K., Saito, S. (2003): Cadmium exposure and trace elements in human breast milk. *Toxicology*. 186. 255-259.
- Hua, H., Gonzales, J., Rude, R.K. (1995): Magnesium transport induced ex vivo by a pharmacological dose of insulin is impaired in noninsulin-dependent diabetes. *Mag. Res.*, 8. 359-366.
- Huang, D.L., Yen, C.F., Nadler, J.L. (1993): Insulin increases intracellular magnesium transport in human platelets. *J. Clin. Endocrinol. Metabol.*, 76. 549-553.
- Hunt, C.D., Butte, N.F., Johnson, L.K. (2005): Boron concentrations in milk from mothers of exclusively breast-fed healthy full-term infants are stable during the first four months of lactation. *Journal of Nutrition*. 135. 10. 2383-2386.
- Hunt, C.D., Friel, J.K., Johnson, L.K. (2004): Boron concentrations in milk from mothers of full-term and premature infants. *Am. J. Clin. Nutr.*, 80. 5. 1327-1333.
- Imamura, A. (1981): Iron, folate and vitamin B12 in maternal blood and breast milk. *Acta Obstet Gynecol Jap.*, 33. 1053-1061.
- Itriago, A., Carrion, N., Fernandez, A., Puig, M., Dini, E. (1997): Zinc, copper, iron, calcium, phosphorus and magnesium content of maternal milk during the first 3 weeks of lactation. Article in Spanish *Arch. Latinoam Nutr.*, 47. 14-22.

- Karra, M.V., Kirksey, A. (1988): Variation in zinc, calcium, and magnesium concentrations of human milk within a 24-hour period from 1 to 6 months of lactation. *J. Pediatr. Gastroenterol Nutr.* 7. 100-106.
- Karra, M.V., Kirksey, A., Gala, O., Bassily, N.S., Harrison, G.G., Jerome, N.W. (1988): Zinc, calcium, and magnesium concentrations in milk from American and Egyptian women throughout the first months of lactation. *Am. J. Clin. Nutr.*, 47. 642-648.
- 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.
- Kirksey, A., Ernst, J.A., Roepke, J.L., Tsai, T.L. (1979): Influence of mineral intake and use of oral contraceptives before pregnancy on the mineral content of human colostrum and of more mature milk. *Am. J. Clin. Nutr.*, 32. 30-39.
- Krachler, M., Prohaska, T., Koellensperger, G., Rossipal, E., Stinger, G. (2000): Concentrations of selected trace elements in human milk and in infant formulas determined by magnetic sector field inductively coupled plasma-mass spectrometry. *Biological Trace Element Research*. 76. 2. 97-112.
- Kumpulainen, J., Vuori, E., Mäkinen, S., Kara, R. (1980): Dietary chromium intake of lactating Finnish mothers: effect on the Cr content of their breast milk. *Br. J. Nutr.*, 44. 257-263.
- Leotsinidis, M., Alexopoulos, A., Kostopoulou-Farri, E. (2005): Toxic and essential trace elements in human milk from Greek lactating women: Association with dietary habits and other factors. *Chemosphere*. 61 238-247.
- Lin, T.J., Jong, J.Y., Chiang, C.H., Yang, M.H. (1998): Longitudinal changes in Ca, Mg, Fe, Cu, and Zn in breast milk of women in Taiwan over a lactation period of one year. *Biol. Tr. El. Res.*, 62. 31-41.
- Linder, M.C., Wooten, L., Cerveza, P., Cotten, S., Schulze, R., Lomeli, N. (1998): Copper transport. *Am. J. Clin. Nutr.*, 67. 5. 965-971.
- Lipsman, S., Dewey, K.G., Lonnerdal, B. (1985): Breast-feeding among teenage mothers: milk composition, infant growth, and maternal dietary intake. *J. Pediatr. Gastroenterol Nutr.*, 4. 426-434.
- Liu, Y.M., Neal, P., Ernst, J., Weaver, C., Rickard, K., Smith, D.L., Lemons, J. (1989): Absorption of calcium and magnesium from fortified human milk by very low birth weight infants. *Pediatr. Res.*, 25. 496-502.
- Lönnerdal, B., Hoffman, B., Hurley, L.S. (1982): Zinc and copper binding proteins in human milk. *Am. J. Clin. Nutr.*, 36. 1170-1176.
- Milman, N., Kirchhoff, M., Jorgensen, T. (1992): Iron status markers, serum ferritin and hemoglobin in 1359 Danish women in relation to menstruation, hormonal contraception, parity, and postmenopausal hormone treatment. *Ann. Hematol.*, 65. 96-102.
- Milman, N., Kirchhoff, M., Jorgensen, T. (1993): Iron levels in 1359 Danish women in relation to menstruation, use of oral contraceptives and parity. *Ugeskr Laeger*. 155. 3661-3365.
- Moser, P.B., Reynolds, R.D., Acharya, S., Howard, M.P., Andon, M.B. (1988): Calcium and magnesium dietary intakes and plasma and milk concentrations of Nepalese lactating women. *Am. J. Clin. Nutr.*, 47. 735-739.
- Munch-Petersen, S. (1951): On the copper in mother's milk before and after intravenous copper administration. *Acta Paediat Scand.*, 39. 378-388.

- Muneyvirici-Delale, O., Nacharaju, V.L., Altura, B.M., Altura, B.T. (1998): Sex steroid hormones modulate serum ionized magnesium and calcium levels throughout the menstrual cycle in women. *Fertil Steril.*, 69. 958-962.
- Nahimira, D., Saldivar, L., Pustilnik, N., Carreon, G.J., Salinas, M.E. (1993): Lead in human blood and milk from nursing women living near a smelter in Mexico City. *J. Toxicol. Environ. Health.* 38. 225-232.
- Newhouse, I.J., Clement, D.B., Lai, C. (1993): Effects of iron supplementation and discontinuation on serum copper, zinc, calcium, and magnesium levels in women. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 25. 562-571.
- Palminger, H.I., Jorhem, L., Lagerqvist, J.B., Oskarsson, A. (1995): Lead and cadmium levels in human milk and blood. *Sci. Total Environ.*, 166. 149-155.
- Parr, R.M., Demayer, E.M., Iyengar, V.G., Byrne, A.R., Kirkbright, G.F., Schoh, G., Niinisto, L., Pineda, O., Vis, H.L., Hofvander, Y., Omololu, A. (1991): Minor and trace elements in human milk from Guatemala, Hungary, Nigeria, Philippines, Sweden and Zaire. Results 1983; from a WHO/IAEA Joint Project. *Biol Trace Elem Res.*, 29. 51-75.
- Picciano, M.F. (2001): Nutrient composition of Human milk. *Pediatric Clinics of North America.* 48. 1. February.
- Prinsloo, J.G., Wittmann, W., Strydom, E.S., De Villiers, B.B., Wehmeyer, A.S., Laubscher, N.F., Botha, M.A. (1970): Composition of breast milk from Bantu and white women on the fifth postpartum day. *S. Afr. Med. J.*, 44. 738-739.
- Remy, R.R. de la Flor, St., Sánchez, M.L.F., Sastreb, J.B.L., Sanz-Medel, A. (2004): Multielemental distribution patterns in premature human milk whey and pre-term formula milk whey by size exclusion chromatography coupled to inductively coupled plasma mass spectrometry with octopole reaction cell. *J. Anal. At. Spectrom.*, 19. 1104-1110.
- Rossipal, E., Krachler, M. (1998): Pattern of trace elements in human milk during the course of lactation. *Nutrition Research.*, 18. 1. 11-24.
- Ruz, M., Atalah, E., Bustos, P., Masson, L., Oliver, H., Hurtado, C., Araya, J. (1982): Chemical composition of human milk. Influence of the nutritional status of the nursing mother. *Arch. Latinoam. Nutr.*, 32. 697-712.
- Salmenpera, L., Perheentupa, J., Pakarinen, P., Siimes, M.A. (1986): Cu nutrition in infants during prolonged exclusive breast-feeding: low intake but rising serum concentrations of Cu and ceruloplasmin. *Am. J. Clin. Nutr.* 43 251-257.
- Santos da Costa, R.S., Maria das Gracas, Tavares do Carmo, Saunders, C., Lopes, R.T., O de Jesus, E.F., Simabuco, S.M. (2002): Trace Elements Content of Colostrum Milk in Brazil. *Journal of Food Composition and Analysis.* 15. 1. 27-33.
- Sharma, R., Pervez, S. (2005): Toxic metals status in human blood and breast milk samples in an integrated steel plant environment in Central India. *Environmental Geochemistry and Health.* 27. 39-45.
- Shashiraj, Faridi M.M.A., Singh, O., Rusia, U. (2006): Mother's iron status, breastmilk iron and lactoferrin – are they related? *European Journal of Clinical Nutrition.* 60. 903-908.
- Shores, J.T., Vander Jagt, D. J., Millson, M., Huang, Y.S., Glew, R.H. (2000): Correlation between the content of intermediate chain-length fatty acids and copper in the milk of Fulani women. *Prostaglandins, Leukotrienes and Essential FattyAcids.* 63. 4. 203-207.
- Silbergeld, E.K. (1991): Lead in bone: Implications for toxicology during pregnancy and lactation. *Environ Health Perspect.* 91. 63-70.

- Sonawane, B.R. (1995): Chemical contaminants in human milk: An overview. *Environ Health Perspect.* 103. 197-205.
- Specker, B.L., Tsang, R.C., Hollis, B.W. (1985): Effect of race and diet on human milk vitamin D and 25-hydroxy vitamin D. *Am. J. Dis. Child.*, 139. 1134-1137.
- Tanzer, F., Sunel, S. (1991): Calcium, magnesium and phosphorus concentrations in human milk and in sera of nursing mothers and their infants during 26 weeks of lactation. *Indian Pediatrics.* 28. 391-400.
- Theodorolea, S., Thomaidis, S.N., Piperaki, E. (2005): Determination of selenium in human milk by electrothermal atomic absorption spectrometry and chemical modification. *Analytica Chimica Acta.* 547. 132-137.
- Turan, S., Saygi, S., Kiliç, Z., Acar, O. (2001): Determination of Heavy Metal Contents in Human Colostrum Samples by Electrothermal Atomic Absorption Spectrophotometry. *Journal of Tropical Pediatrics.* 47. 2. 81-85.
- Ursinyova, M., Masanova, V. (2005): Cadmium, lead and mercury in human milk from Slovakia. *Food Additives and Contaminants.* 22. 6. 579-589.
- Wappelhorst, O., Kühn, I., Heidenreich, H., Markert, B. (2002): Transfer of Selected Elements From Food Into Human Milk. *Nutrition.* 18. 316-322.
- Whiting, S.J., Wood, R.J. (1997): Adverse effects of high-calcium diets in humans. *Nutr. Rev.* 55 1-9.
- Wooten, L., Shulze, R.A., Lacey, R.W., Lietzow, M., Linder, M.C. (1996): Ceruloplasmin is found in milk and amniotic fluid and may have a nutritional role. *J. Nutr. Biochem.*, 7. 632-639.
- Yamawaki, N., Yamada, M., Kan-no, 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.
- Zapata, C.V., Donangelo, C.M., Trugo, N.M.F. (1994): Effect of iron supplementation during lactation on human milk composition. *J. Nutr. Biochem.*, 5. 331-337.
- Zavaleta, N., Nombera, J., Rojas, R., Hambraens, L., Gislason, J., Lönnerdal, B. (1995): Iron and lactoferrin in milk of anemic mothers given iron supplements. *Nutr. Res.*, 15. 681-690.

Levelezési cím (*Corresponding authors*):

Salamon Szidónia

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