

Prof. Dr. Dr. hc. Klaus Ender

(1943-2007)



Szomorúan értesültek róla mindazok akik ismerték és tisztelték, súlyos szenvedés után 2007 december 13-án elhunyt Klaus Ender professzor, a Kaposvári Egyetem tiszteletbeli doktora.

Klaus Ender 1943-ban született Rabenstein-ben. Agrártudományi tanulmányait 1968-ban fejezte be a halle-i Martin Luther Egyetem Állattenyésztési Szakán, amelyet követően tudományos gyakornokként kezdte meg kutatói pályafutását. 1969 és 1973 között a lipcsei Kari Marx Egyetem Állattenyésztési és Állatorvosi Karán tudományos munkatársként dolgozott és a húsminőséggel foglalkozó munkacsoport, laboratórium vezetője volt. 1973-ban védte meg egyetemi doktori disszertációját, majd a Clausberg-i Szarvasmarha Teljesítményvizsgáló Állomás igazgató helyetteseként dolgozott 1980-ig. Korábbi kutatási eredményeire alapozva 1980-tól tudományos tevékenységének fő irányát a testösszetétel és a húsminőség összefüggései, a növekedés genetikai, endokrinológiai, szövettani vizsgálata és annak szabályozása jelentették 1981-ben szerzett tudományos fokozatot a szarvasmarha húsminőségével foglalkozó dolgozata alapján. Ebben az évben vette át a dummerstorf-i Állati-termékelőállítási Kutatóközpont Húskutató Részlegének vezetését.

1992-1993-ban és 1998-2001 között a Kutatóközpont igazgatója volt. 1992-ben vezetésével alakult meg az Izombiológiai és Növekedéskutató Osztály, amelyet haláláig vezetett. Több mint 400 közlemény jól jelzi gazdag tudományos tevékenységét. Számos hazai (német) és nemzetközi szervezetnek volt a tagja, s több nivós szaklap (Züchtungskunde, Archiv für Tierzucht) szerkesztőbizottságának, tanácsadó testületének munkáját segítette.

Már kezdő szakemberként kapcsolatba került a magyar kutatóhelyekkel, kutatókkal, s ezeket a szakmai és baráti kapcsolatokat élete végéig kitüntető figyelemmel ápolta. A gödöllői, a herceghalomi, a mosonmagyaróvári, a kaposvári kollégákkal közösen végzett kutató munka sikeres és eredményes volt. A több évtizedes közös kutatómunka elismeréseként a Kaposvári Egyetem 2002-ben tiszteletbeli doktori (honoris causa) címet adományozott részére.

Klaus Ender emberi kapcsolatait a kölcsönös figyelem, a segítőkészség és a becsületesség jellemezte. Ehhez társult az érdemdús, felülmúlhatatlan tudós jellem, ami sohasem ment mások rovására és példamutató szorgalommal társult.

Személyében nemcsak egy tudóst, egy nemzetközileg elismert szaktekintélyt, hanem mi magyarok egy jó barátot is elveszítettünk.

Dr. Holló István



Improving of reproductive performance of rabbit does in small and medium scale rabbit farms. Recommendations for developing countries¹

Zs. Szendrő

University of Kaposvár, H-7400 Kaposvár, Guba S. str. 40., Hungary

ABSTRACT

The paper focuses on factors which can be utilized in small and medium scale rabbit farms in the developing countries. Management of rabbit does starts from their birth. The best selection strategy is to choose females from large litters with medium or high birth weight where the number of teats are 10. Selected kits should be nursed in medium or small litters in order to provide them adequate milk supply. After weaning (or from 10-11 weeks of age), application of restricted feeding regime or using pellet with higher fibre content is suggested to avoid their forced growth. In this case the first breeding can be delayed until an older age accompanied with a better maturity of the does. Before the first mating sexual receptivity can be increased with flushing (ad libitum feeding of pellet with high energy, protein etc.). Using double mating (either with the same or with two different bucks) the fertility will be higher. In the primiparous does, the number of kits per litter has to be limited and a delayed remating is advantageous to avoid the negative body energy balance (losing too much fat deposit). Remating (reproductive rhythm) of the multiparous does depends on their feeding level. Applying controlled and free nursing for the primiparous and multiparous does, respectively the mortality of their kits can be reduced. Changing the free nursing of lactating does 2-3 days prior to mating to controlled nursing the receptivity, fertility and litter size can be increased. Crossing different breeds results some heterosis effects on reproductive traits (fertility, litter size, milk production, kit mortality). Increasing the daily illumination 7-8 days before mating (insemination) both receptivity and fertility can be increased. The optimal environmental temperature for rabbit does is 16-18°C. Using different cooling systems or preventing the does from heat accumulation is advantageous avoiding low production level.

(Keywords: doe rabbits, management, breeds, reproduction, developing countries)

ÖSSZEFOGLALÁS

Az anyanyulak termelésének javítása kis- és közepes méretű nyúltelepeken.

Javaslatok fejlődő országok részére

Szendrő Zs.

Kaposvári Egyetem, Kaposvár, 7400, Guba S. u. 40.

A cikk elsősorban a fejlődő országok kis- és közepes méretű nyúltelepein, az anyanyulak termelésre szempontjából fontos tényezőkkel foglalkozik. Az anyanyulak termelésre való

¹ Paper presented at the International Conference on Rabbit Production, July 24-25, 2007, Bogor, Indonesia

felkészítése a születéskor kezdődik. Legjobb a nagy létszámú almokból a közepes vagy nagy születési súlyú, tíz csecsbimbós nőivarú nyulakat kiválasztani. Annak érdekében, hogy megfelelő legyen a tejjel való ellátottságuk, közepes létszámú vagy annál kisebb almokban célszerű őket nevelni. Elválasztás vagy 10-11 hetes életkor után korlátozott takarmányozással vagy nagy rosttartalmú takarmány etetésével elkerülhető az elhízásuk. Ebben az esetben a nőivarú nyulak kissé idősebb korban, érettebben vehetők tenyésztésbe. Flushing alkalmazásával (az első termékenyítés előtt magasabb energia és fehérje szintű takarmány ad libitum etetésével) az ivarzás javítható. Jobb vemhesülési arány érhető el két egymást követő fedeztetéssel, akár ugyanazzal, akár két különböző bakkkal. Az először fialó anyanyulaknál az alomlétszám csökkentésével és későbbi újrafedeztetéssel javítható a szervezet energia-egyensúlyi állapota, és elkerülhető a zsírtartalékok túlzott csökkenése. A szaporítási ritmust a takarmányozás színvonalával összhangban kell megválasztani. Az először szoptató anyanyulaknál egyszeri, a többször fialtaknál szabad szoptatással csökkenthető a szopósnyulak elhullása. Szoptató anyanyulaknál a receptivitás és a vemhesülési arány javítható, ha a fedeztetés előtt 2–3 nappal a szabad szoptatásról egyszerire térnek át, vagy a napi megvilágítást 7–8 nappal korábban megnövelik. Fajták keresztezésével a szaporasági tulajdonságokban (vemhesülési arány, alomlétszám, tejtermelés, nevelőképesség) a heterózis kedvező hatásával lehet számolni. Az anyanyulak számára 16–18 °C környezeti hőmérséklet az ideális. Meleg égövi klímán különböző hűtési rendszerek alkalmazásával elkerülhető a termelési szint csökkenése.

(Kulcsszavak: anyanyúl, nevelés, fajták, termelés, fejlődő országok)

INTRODUCTION

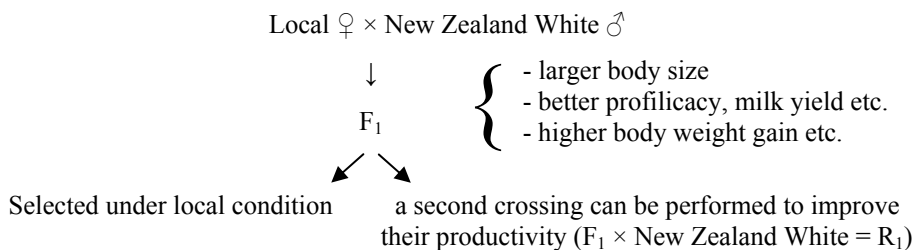
The reproductive performance of rabbit does is influenced by several genetic, physiological and environmental factors. The basis of the production is the genotype but the manifestation of genetic effect depends on numerous elements from the moment of fertilisation. The surroundings in the uterus (space and blood supply of foetuses), the milk supply of kits, the nutritional and environmental conditions during rearing, the age at first mating, the rebreeding interval and the physiological status at mating etc., can modify the performance of does. In this paper some of these elements are summarized with demonstrating their main effects and giving some recommendations. We focus on those factors which can be utilized in small and medium scale rabbit farms in developing countries.

GENETIC, PHYSIOLOGICAL AND ENVIRONMENTAL FACTORS

Breeds

In most of the developing countries the rabbit production in small scale farms is based on local breeds. Local (native) breeds are generally small mature-sized and have low productivity but they are well-adapted to the local environment (e.g. hot climate, low nutritional level, local feedstuffs) (Lukefahr, 1992). Increasing their productivity by selection takes very long time.

The easiest and the quickest way is crossing them with intensive breeds (lines). Although imported breed should be selected carefully. In order to improve reproductive or productive performances the best choice could be the New Zealand White, the Californian or other similar type of medium-sized breeds.



The number of crossing depends on environmental and nutritional conditions

- under lower level of conditions: F₁ is used as a synthetic line (breed)
- under higher level of conditions: R₁ or R₂ is used as a synthetic line (or breed)

It is important to find a balance between the adaptability to the local conditions and production. This method is used in some breeding programs in Egypt and in Saudi-Arabia (Garreau *et al.*, 2004) and it is suggested by Cheeke (1983) and Lukefahr (1992) as well. The crossbred (F₁ or R₁) rabbits may be selected for one or two traits. After some generations these more adapted rabbits can be crossed again with an intensive breed. The selection criteria could be the teat number and growth rate.

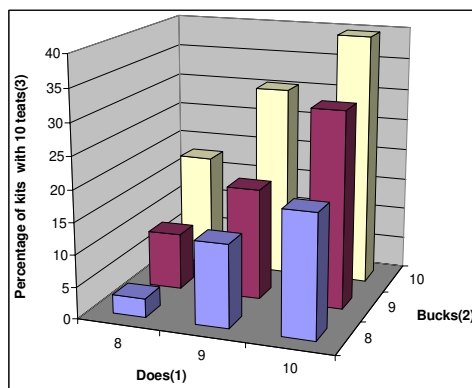
Teat number

There are 8, 9 or 10 teats on most of the rabbits independently of their sex (female or male). This is a highly heritable anatomical trait correlated with some low heritable reproductive performances such as litter size or suckling mortality. They can be counted on newborn rabbits.

The percentage of kits with 10 teats born from crossing does and bucks with 8, 9 or 10 teats are shown in *Figure 1*.

Figure 1

Ratio of kits with 10 teats depending on the teat number of their parents (8, 9 or 10)



Source (Forrás): Szendrő *et al.* (1992)

1. ábra: A 10 csecsbimbós újszülött nyulak aránya a szülei csecsbimbószámától (8, 9 vagy 10) függően

Any(1), Bak(2), 10 csecsbimbós ivadékok aránya(3)

From the matings of parents both having 8 or 10 teats, 6% or 40% of the progenies had 10 teats, respectively (Szendrő *et al.*, 1992). The distribution of progenies with 7, 8, 9, 10 or 11 teats was significantly different which confirmed the high heritability of teat number.

Data in *Table 1* show that rabbit does having 10 teats kindle significantly more kits per litter which have better survival up to 21 days of age than those mothers with 8 teats. Increasing the teat number on does leads to better reproductive and rearing performance.

Table 1

Effect of doe teat number on litter size at birth, suckling mortality till 21days, and litter size at 21days of age (Unpublished data)

Breeds (1)	Litter size at birth (2)		Litter size at 21d (4)		Suckling mortality, % (3)	
	Teat number of does (5)					
	8	10	8	10	8	10
Californian (6)	8.4 ^{ab}	8.8 ^b	28 ^b	21 ^a	6.6 ^a	7.3 ^b
New Zealand White A (7)	7.7 ^a	8.8 ^b	24 ^b	19 ^a	6.2 ^a	7.4 ^b
New Zealand White B (7)	8.2 ^a	8.8 ^b	30 ^b	25 ^a	6.3 ^a	7.0 ^b
New Zealand White C (7)	8.0 ^a	8.6 ^b	12 ^b	7.0 ^a	7.0 ^a	7.7 ^b

^{ab} values in the same row for each parameter with different superscripts are significantly different ($P < 0.05$) (Az egy sorban levő értékek közötti különbség $P < 0,05$ szinten szignifikáns)

1. táblázat: A születés kori és a 21 napos alomlétszám, valamint a szopós kori elhullás aránya az anyanyulak csecsbimbószámától függően

Fajta(1), Alomlétszám fialáskor(2), Szopós kori elhullás, %(3), 21 napos alomlétszám(4), Anyanyulak csecsbimbószáma(5), Kaliforniai(6), Új-zélandi fehér(7)

Teat number is not connected with milk production. It seems that the mammary gland (milk yield) has the same size of does with different teat numbers but kits have more chance to catch a teat during the short nursing time. Despite of similar milk production their chance to suck some milk is higher in case of 10 teats.

It is suggested to mark and select female and male newborn rabbits with 10 teats to improve the productivity.

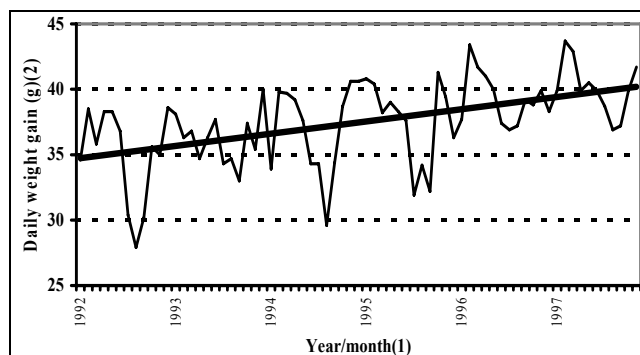
Growth rate

Daily weight gain between weaning and slaughtering is a moderately heritable trait and direct selection could be taken for genetic improvement (Lukefahr, 1992). As *Figure 2* shows the selection for weight gain in our Pannon White breed was effective since the average daily gain increased by 0.64 g per year. The genetic improvement was confirmed by *Garreau et al.* (2000).

At the same time the litter size increased from 8.04 to 8.55 due to the selection for teat number. These results proved that simultaneous selection for teat number and weight gain could be a good approach in medium-sized farms.

Figure 2

Daily weight gain of Pannon White rabbits between 1992 and 1997
with seasonal fluctuation



Source (Forrás): Szendrő *et al.* (1998a)

2. ábra: A Pannon fehér nyulak súlygyarapodásának alakulása 1992 és 1997 között, szezonális ingadozással

Év/hónap(1), Napi súlygyarapodás, g(2)

Rearing of breeding females

Milk supply

The effect of milk supply of kits on their reproductive performance as adults was examined by *Rommers et al.* (2001a) and *Gyovai* (2006). *Rommers et al.* (2001a) reared 6, 9 and 12 kits per litter. The body weight of does was lower at first mating (at 14.5 weeks of age) and there was a decreasing tendency in the total litter size in group of 12 kits. It was suggested to perform a limited standardization level at 9 kits and postpone the first mating to older age (at 17.5 weeks) for increasing the reproductive performance. *Gyovai et al.* (2004) and *Gyovai* (2006) compared the reproductive traits of does nursed by one or two does (lower or higher milk supply). Nursing by two does was beneficial in a manner of body weight (condition) of does, number of kits born total and alive (8.76 vs 8.35 and 8.39 vs 7.99, resp.) and lifespan production (number of litters 8.7 vs 8.4, number of kits born total and alive: 58.2 vs. 53.2 and 53.9 vs 49.1, resp.).

It can be concluded that low milk supply could have a negative effect on the performance of primiparous does, while higher milk supply at suckling age could be advantageous during the whole life period of does. Rearing females to be breeding animals, a standardization to a lower litter size is suggested.

Restricted feeding

Restricted feeding during rearing of female breeder rabbits is advantageous for young and older does. According to the results of *Rommers et al.* (2001b) restrictive feeding of females with delayed first mating to 17.5 weeks of age can prevent excessive fat deposition without reducing body protein and ash content. *Maertens* (1992) suggested the restriction of young does' ration to 35 g pellet/day/kg live weight and postpone the time of first mating combined with a 4-day flushing (*ad libitum* feeding) before

breeding. In this case females are more mature and the flushing positively affects the receptivity and fertility of primiparous does. *Eiben et al.* (2001) found higher kindling rate, litter size, litter and individual weights at 21 days of age with using 130-140 g daily feed portion or 9 hours' daily access to feed compared to the control (*ad libitum* feeding). *Hartman and Petersen* (1995) also reported improved fertility from the second parity in the group of does raised on the 85% of the *ad libitum* level.

The long-term effect of feed restriction could be connected with the higher feed intake of does after finishing the restriction (*Gyovai*, 2006). The body weight of restricted does was higher after the first parturition than that of the *ad libitum* fed control rabbits.

Nizza et al. (1997) published higher performance (litter size, litter and individual weights at 35 days) in group of does fed a fibrous diet (crude fibre: 22.8%) during rearing.

According to these results it seems that restricted feed (energy) intake before the first mating is advantageous for primi- and multiparous does.

In developing countries the nutrient supply of females during rearing could be similar to rabbits fed restricted or fibrous diet. Positive effect could be achieved in case of feeding higher nutritive level diet after the first mating.

Age to breed

First mating is applied when females reach 75 to 80% of their mature body weights (*Lebas et al.*, 1986). The optimal age at first mating depends on breeds (lines) and rearing methods: e.g. *Rommers et al.* (2001b) inseminated at 14.5 or 17.5 weeks of age, *Gyovai et al.* (2004) at 15.5 or 18.5 weeks of age, *Szendrő et al.* (2004) at 16.5 weeks of age, *Theau-Clement and Mercier* (2004) at 17.5 weeks of age. In the opinion of *Rommers et al.* (2001b) young females have to reach an optimum (or minimum) body weight at first mating as well, which was about 4 kg in her experiment. In this case, rabbits are mature enough to begin their reproductive life.

Receptivity

Rabbit is sexually receptive if her vulva is turgid and reddish or purple (*Rodriguez and Ubilla* 1988). Receptivity is a strong indicator of fertility. This is why the main aim of is to increase receptivity at the time of insemination by hormonal (PMSG) treatment (*Maertens et al.*, 1995) or by biostimulation (*Theau-Clement*, 2000).

Maertens et al. (2003) showed a significant effect of vulva colour on reproductive performance using natural mating (*Table 2*).

Table 2

Effect of vulva colour on reproductive performance of does using natural mating

Traits (1)	Vulva colour (2)			
	White (3)	Pink (4)	Red (5)	Purple (6)
Accepting of service, % (7)	17.0	76.6	93.4	61.9
Conception rate, % (8)	44.9	79.6	94.7	100.0
Litter size (9)	6.7	7.7	8.0	8.8

Source (*Forrás*): *Maertens et al.* (2003)

2. táblázat: A természetesen pározott anyanyulak termelése a vulva színétől függően

Tulajdonságok(1), Vulva színe(2), Fehér(3), Rózsaszín(4), Piros(5), Lila(6), A baknyúl elfogadási aránya(7), Vemhesülési arány(8), Alomlétszám(9)

The effect of receptivity is also significant when does are artificially inseminated (Table 3).

Table 3

Effect of receptivity on conception rate and litter size of does inseminated 11 days after parturition

Turgidity (1)	Vulva colour (2)			
	White (3)	Pink (4)	Red (5)	Purple (6)
	Conception rate, % (9)			
Turgid (7)	43 ^a	60 ^{ab}	78 ^b	76 ^b
Non-turgid (8)	44 ^a	44 ^a	53 ^a	48 ^a
	Litter size (10)			
Turgid (7)	4.2 ^a	8.9 ^b	10.2 ^b	9.1 ^b
Non-turgid (8)	9.0 ^b	8.6 ^b	10.0 ^b	8.3 ^b
	Number of kits born per AI (11)			
Turgid (7)	1.8	5.3	8.0	6.9
Non-turgid (8)	4.0	3.8	5.3	4.0

Source (Forrás): Szendrő et al. (2006)

See Table 1 (Lásd 1. táblázat)

3. táblázat A vemhesülési arány, az alomlétszám és az egy termékenyítésre jutó nyulak számának alakulása a receptivitástól (vulva színétől és duzzadságától) függően

Duzzadság(1), Vulva színe(2), Fehér(3), Rózsaszín(4), Vörös(5), Lila(6), Duzzadt(7), Nem duzzadt(8), Vemhesülési arány(9), Alomlétszám(10), Egy inszeminálásra jutó megszületett nyulak száma(11)

It seems that in case of artificial insemination (AI) the conception rate mainly depends on vulva turgidity but the litter size relies on vulva colour (reddish). The best results (number of kits/AI) were achieved when the vulva was turgid and red or violet.

Mating

With natural mating, receptivity is only considered as a sign of accepting the buck. If the female does not show any sign of receptivity (lordosis), it could be tried to mate her but after refusing the buck she has to be mated in the next days. If the doe is in heat but refuses the first buck she has to be presented to another male. Using forced mating the conception rate is much lower compared to the case when the doe is ready for mating. Doe should always be taken to the buck's cage for mating. In reverse case the doe may fight and defend her territory (cage) against the unfamiliar animal (buck).

In an experiment, the reproductive performance of single mated does was compared with females mated twice differently: in rapid succession (immediate twice mating or the does were left together with the bucks in his cage for two hours after the first mating) or performed in the morning and then in the afternoon (Table 4).

The best results were achieved when the does were mated twice in rapid succession (Groups T and R). The weaker results of group L (mating in the morning and in the afternoon) were confirmed in another experiment. Two bucks (a white and a coloured) were used for mating a white doe. The intervals between two matings were 0, 2, 4, 6, 8 or 24 hours. With increasing the interval between matings the ratio of the second

unsuccessful mating increased and the ratio of kits originating from the second buck decreased (Table 5).

Table 4

Effect of mating methods on reproductive performance of does

Traits (1)	Mated once (2)	Mated twice immediately one after another (3)	Mated in the morning and in the afternoon (4)	Does left in buck's cage for 2 h after first mating(5)
	O	T	L	R
Conception rate, % (6)	71.3	80.2	75.4	81.3
Litter size (7)	7.99	8.36	8.55	8.47
No. of kits/mating (8)	5.70	6.70	6.45	6.89

Source (Forrás): Szendrő and Tag-El-Den (1987)

4. táblázat: A fedeztetési mód hatása az anyanyulak termelésére

Tulajdonságok(1), Egyszer fedeztetve(2), Kétszer, közvetlenül egymás után fedeztetve(3), Reggel és délután fedeztetve(4), Az első fedeztetés után az anyanyulak két órára a baknyúl ketrecében maradnak(5), Vemhesülési arány, %(6), Alomlétszám(7), Egy fedeztetésre jutó újszülöttek száma(8)

Table 5

Effect of interval between two matings on the success of the second buck

Traits (1)	Duration between two matings in hours (2)					
	0	2	4	6	8	24
Unsuccessful second mating, % (3)	0	5.2	6.9	15.9	18.8	38.5
Kits originated from (%) (4)						
only the first buck (5)	31.6	42.9	57.6	55.0	83.6	100.0
only the second buck (6)	26.3	14.2	12.1	10.0	4.2	0.0
both bucks (7)	42.1	42.9	30.3	35.0	12.5	0.0

Source (Forrás): Szendrő and Tag-El-Den (1987)

5. táblázat: A két fedeztetés között eltelt időszak hosszának hatása a másodiknak fedező bak sikerességére

Tulajdonságok(1), Két fedeztetés között eltelt idő, óra(2), A másodiknak fedező bak sikertelen próbálkozása(3), A kisnyulak származása, %(4), Csak az első baktól(5), Csak a második baktól(6), Mindkét baktól(7)

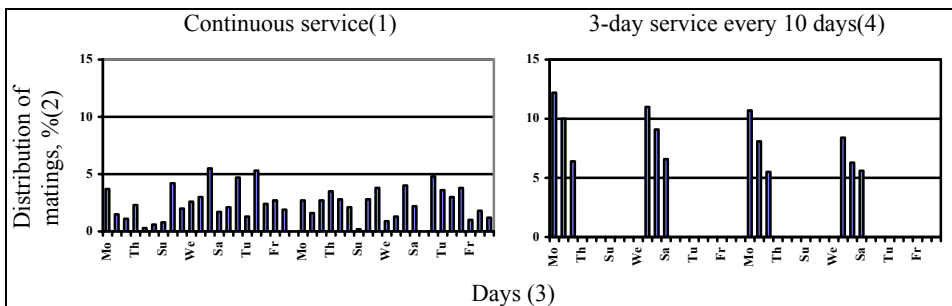
Das and Yadar (2007) obtained similar results, however the differences between groups were not significant because of the small number of animals.

It is worth reducing the mating period to some days. In case of continuous mating service, mating takes place every day (Figure 3) and in small farms fostering could be difficult. It seems that applying a 3-day mating period every 10 days (or less frequent,

depending on the number of does at a farm) is a good solution. In this case more does kindle at the same time.

Figure 3

Distribution of matings in a 42-day period in case of continuous or discontinuous services



3. ábra: Egy 42 napos időszakban a fedeztetések megoszlása folyamatos vagy szakaszos pároztatás esetén

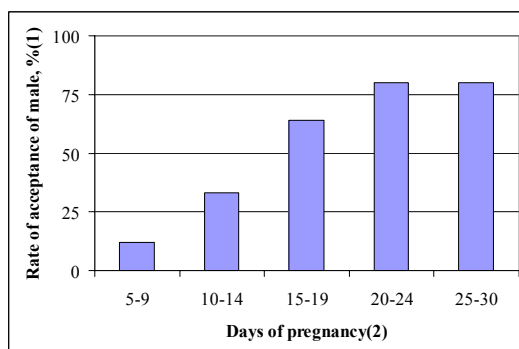
Folyamatos fedeztetés(1), Fedeztetések megoszlása, %(2), Napok (Mo, We, Fr, Su, stb. = hétfő, szerda, péntek, vasárnap, stb.)(3), Tíz naponként 3 napos fedeztetési időszak(4)

Pregnancy diagnosis

Test-mating (sexual behaviour of does) is not an exact method to determine pregnancy because several pregnant does accept mating throughout the gestation period (Moret, 1980; Figure 4), but others refuse the buck even though they have not conceived.

Figure 4

Mating acceptance during gestation



Source (Forrás): Moret (1980)

4. ábra: A fedező bak elfogadása a vemhességi időszak alatt

Baknyulak elfogadási aránya, %(1), Vemhesség napjai(2)

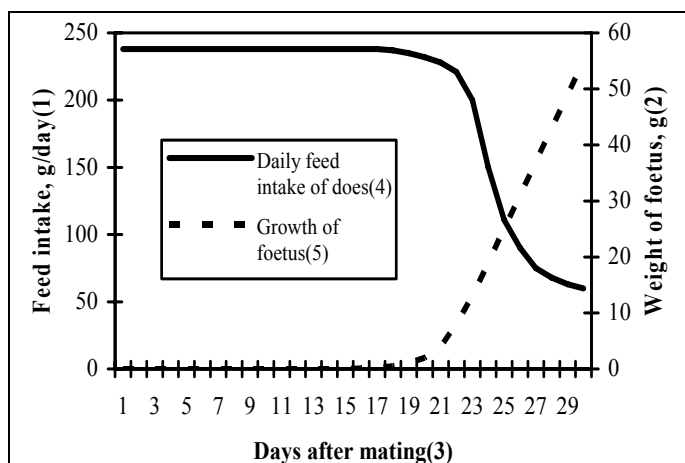
The most common, accurate and the quickest method to determine pregnancy is the abdominal palpation performed at 10-14 days after the mating. This method is used in all large farms in Europe. The empty does have to be remated as soon as possible.

Development (growing) of rabbit foetuses

The foetuses begin to grow quickly during the second half of gestation. The total volume of foetuses become larger and larger, take up a lot of room in the abdominal cavity, press the stomach and reduce the feed consumption of the doe (Figure 5). This is why in this period pregnant does are not able to consume the required amount of diet. They use their fat deposit as a source of energy and their energy balance will be negative (Xiccato, 1996). During the lactation of primiparous does it can reach 40% of the initial fat depots and 25–30% of the energy reserves (Xiccato, 1996).

Figure 5

Development of feed intake capacity during pregnancy and growth of foetus



Source (Forrás): Kamphues (1985), cit (idézte): Szendrő (2000)

5. ábra: Az anyanyulak takarmányfogyasztásának és a magzatok súlyának alakulása a vemhesség alatt

Napi takarmányfogyasztás, g(1), Magzat súlya(2), Fedeztetés utáni napok(3), Az anyanyulak napi takarmányfogyasztás (4), Magzat növekedése(5)

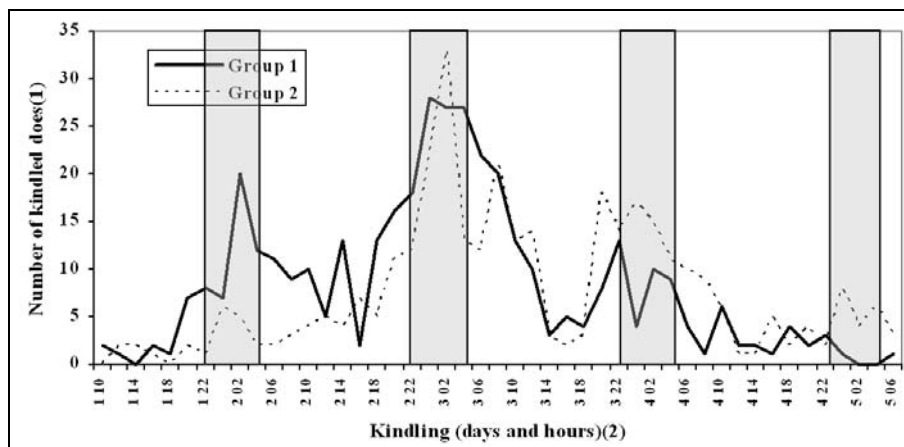
The individual weight of foetuses depends on their number (litter size), on their position in the uterine horns and on the number of the foetuses in the neighbouring uterine horn (Lebas, 1982; Pálos *et al.*, 1996; Poigner *et al.*, 2000). The main influencing factor on the individual weight is the blood (nutrient) supply of the foetuses.

Pregnancy duration

Rabbit does normally kindle 31-33 days after mating. Birth occurs mainly during the night (Rashwan *et al.*, 2003). In Figure 6 three peaks of kindlings can be observed in the dark period on the 31st, 32nd and 33rd days.

Figure 6

**Distribution of kindlings depending on dark and light periods
during the days of parturition
(group 1: inseminated between 8-10 am, group 2: inseminated between 8-10 pm)**



Source (Forrás): Rashwan *et al.* (2003)

6. ábra: A világos és a sötét napszakban fiatal anyanyulak megoszlása (group 1: reggel 8 és 20 óra között termékenyítve, group 2: este 8 és 10 óra között termékenyítve)

Fialó anyanyulak száma(1), Fialás időpontja (nap és óra)(2)

Nests have to be checked during parturition and farmers have to adjust if required (in case of kindling outside of the nest box or poor quality of the nest) in order to reduce kits' mortality.

Nesting

Nest-building behaviour of does is under hormonal regulation (González-Mariscal and Rosenblatt, 1996; González-Mariscal *et al.*, 1998). According to the results of Matics *et al.* (2002) a minimum of 3 days is necessary to build a nest of good quality. In case of shorter time (insert the nest box on 29th day of pregnancy) an incomplete nest could be resulted.

The mortality of suckling rabbits is in connection with the nest quality. Grading the amount of the hair in the nest (0 = no hair, 5 = nest is totally covered with hair), the kits' mortality varied between 30% and 37% when nest quality was 0 or 1, but it varied between 18% and 20% in nests with the grades of 3-5 (Szendrő and Kustos, 1991). The amount of the hair in the nest could be affected by breeds. Californian does collect less hair into the nest than New Zealand White ones (Szendrő and Kustos, 1991). Similar results were published by Hamilton *et al.* (1997), the Californian had lower nest quality score than New Zealand White does. They reported that the correlation between fur placement and nest structure was high ($r=0.66$) because of the hormonal background: prolactin affects fur losing and the maternal nest-building behaviour. If there is less amount of hair in the nest, rabbit does can be manually plucked without causing any pain. In spite of this, addition of fur to nest boxes did not generate better behaviour of nulliparous does (Harris *et al.*, 1983).

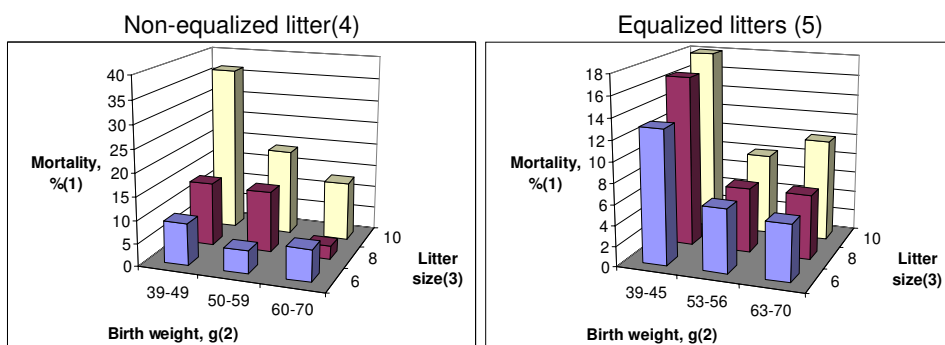
Fostering

The survival rate of kits is in close correlation with their birth weight and milk supply. With increasing litter size the average birth weight of kits decreases and the proportion of new-born rabbits with very low weight increases. The short nursing time reduces the chance of nursing all of the kits if the litter size is higher than the number of teats. In the competition for reaching a teat, the weakest kits lose. It was found that all kits weighing 25-30 g at birth and half of them weighing 35-45 g died during the first week of their life (Szendrő and Barna, 1984). Similar results were published by Vicente and Garcia Ximénez (1992). Using fostering kit mortality may reduce.

Rearing rabbits in litter of 10 kits without equalization on the basis of birth weight, the suckling mortality of the lowest weight group (39-49 g) was 39% (Figure 7). While in case of litter equalization with respect to birth weight (low: 39-45 g, medium: 53-56 g or high: 63-70 g), the suckling mortality decreased to half (18%).

Figure 7

Effect of birth weight and litter size on suckling mortality in litters equalized or not according to the birth weight (Poigner et al., 2000)



7. ábra: A születési súly és az alomlétszám hatása a szopósnyulak elhullására, a testsúly alapján kiegyenlítettlen vagy kiegyenlített almokban (Poigner és mtsai, 2000)

Elhullás(1), Születési súly(2), Alomlétszám(3), Kiegyenlítettlen alom(4), Kiegyenlített alom(5)

The results show that it is not enough to reduce only litter size but it is important to equalize new-born rabbits according to their weight at the same time in order to minimize the competition among them. Milk production of primiparous does is lower than that of the multiparous does (McNitt and Moody, 1990; Rodellar et al., 1991; Bonanno et al., 2001). This is why the parity order has to be taken into consideration at fostering (fewer kits to primiparous does).

Rebreeding schedules

Post-partum breeding is common in wild rabbits (*Oryctolagus cuniculus*). The male usually senses that doe gives birth soon and follows her closely. As soon as she leaves the nest after the litter is born, mating takes place (Cheeke et al., 1986). This is a normal

sexual behaviour of rabbits. Four groups of reproductive intensity (days between parturition and mating) can be created

- *Intensive rate*: Does are reserviced just after kindling (max. 4 days after parturition) and the young are weaned at 26-28 days.
- *Semi-intensive rate*: Does are serviced about 10 days after kindling and youngs are weaned at 28-35 days.
- *Semi-extensive rate*: Does are serviced about 20 days after parturition and kits are weaned at 35-42 days of age.
- *Extensive reproduction rate*: Rebreding is after weaning (35-42 days after kindling).

Rabbit does can be rebred within 2 weeks after kindling if the breed is high productive (intensive) and does get the required quantity and quality of feed. Mating ability was high at the days of post-partum (73-83%) but it was lower when does were mated 10-12 days after parturition (60-64%) (Szendrő, 1993). There is a particularly strong antagonism between lactation and reproductive functions: prolactin \rightarrow gonadotropin (Theau-Clement and Roustan, 1992). This is why the receptivity of does is lower at 10-12 days post partum.

In spite of lower mating ability the conception rate was higher with longer duration between parturition and remating (Table 6). The conception rate was 14%, 18% and 33% higher if the does were mated 10–12, 20–22 or 30–32 days after parturition compared to post-partum service.

Table 6

Effect of remating interval on the kindling rate

Genotypes (1)	Remating interval (days) (2)			
	0-2	10-12	20-22	30-32
A	61.1	75.4	63.3	88.9
B	53.7	69.9	77.8	89.8
C	57.4	69.9	84.4	92.6

Source (Forrás): Szendrő (1993)

6. táblázat: Az újrafedeztetés időpontjának hatása a vemhesülési arányra

Genotípus(1), Újrafedeztetés időpontja(2)

Litter size was by 0.7–0.8 lower when the does were mated just after kindling post-partum compared to does which were mated 10–12 days after parturition (Martin and Donal, 1976; Surdeau et al., 1980, 1984; Harris et al., 1982; Partridge et al., 1984; Desalvo and Zucchi, 1985). Litter size of does remated 20–22 days after kindling was higher than that of does remated 30–32 days post partum (Szendrő, 1986).

The annual production of does was the highest with 0–2 d post-partum mating but there was only a slight difference between groups mated 10–12 d or 20–22 d. The weakest results were obtained in group mated 30-32 d (Table 7).

Using an intensive or semi-intensive breeding schedule, the main load of does is the overlap of lactation and pregnancy. In case of post-partum pregnancy the overlap is complete, this is why the conception rate and litter size were the lowest in this group.

The nutritional requirement is also high when remating takes place 10-12 days after parturition. These breeding schedules are suggested only for breeds with high productivity. In developing countries a 20-day (or later) mating is suggested.

Table 7

Number of kindlings and kits per doe per year depending on remating interval

Traits (1)	Remating interval (days) (2)			
	0-2	10-12	20-22	30-32
Number of litters (3)	6.6	5.9	5.9	5.1
Number of kits (at birth) (4)	53	49	49	40
Number of kits (at 21d) (5)	44	42	40	36

Source (*Forrás*): Szendrő *et al.* (1984)

7. táblázat: Az újrafedeztetés időpontjának hatása az anyánként és évente elért fialások és kishulak számára

Tulajdonságok(1), Újrafedeztetés időpontja(2), Almok száma(3), Újszülött nyulak száma(4), 21 napos nyulak száma(5)

Nursing

Kits can be nursed freely or controlled. In case of free nursing, the nest box is open all day and night (24h) and the doe can nurse her kits when she wants (mostly during the dark period). If controlled nursing is applied, the nest box is open for 20-30 minutes only in the morning (at about 8 o'clock) then it is closed. The duration of nursing is about 4-6 minutes after parturition and 3 minutes afterwards (*Mohamed and Szendrő, 1992*) so 20 minutes is enough for the does to nurse their kits.

In Europe, most of the farmers applied controlled nursing (check whether kits' stomach is full or not). Comparing the two methods some opposite results were published. *Pizzi and Crimella (1985)* did not find significant difference in mortality and litter weight between the two methods. *Constantini et al. (1986)* recorded higher kits' mortality when nursing was allowed only once a day. According to our results (3 experiments), differences between free and controlled nursing were negligible in kits' mortality between birth and 3 weeks of age (6.6 vs. 6.6%, 10.2 vs. 9.8%, 7.5 vs. 9.6%, respectively) as well as in litter weight at 4 weeks of age (4.17 vs. 3.89 kg, 4.77 vs. 5.05 kg, 4.77 vs. 4.39 kg, respectively) (*Szendrő et al., 1999*). Data evaluation with more detailed analysis showed that suckling mortality depends on kindling order (*Table 8*).

Similar results were published by *Coureaud et al. (2000a)*: in primiparous does, the controlled nest-access (between d 0-3 or d 0-5) resulted a lower mortality between birth and weaning (8.1%) compared to the free nest-access (18%). This is why combined nursing (free nursing during the first week and controlled later on) could reduce the suckling mortality (free: 10.2%, controlled: 9.8% and combined: 5.3%) (*Szendrő et al., 1999*). *McNitt and Moody (1987)* observed higher mortality and lower weight gain of kits which resulted one or more kits' death, especially during the first few days.

Coureaud et al. (2000b) called attention to the importance of suckling right after birth because kits' mortality was higher among rabbits that had not been nursed right after birth (nursed or not right after birth: 15.4% vs. 20.0% in free, 2.1% vs. 14.8% in controlled groups, respectively).

Table 8

Effect of nursing method on suckling mortality and litter weight of primiparous and multiparous does

Kindling order (1)	Nursing method (2)	
	Free (3)	Controlled (4)
	Suckling mortality (%) (7)	
Primiparous (5)	12.2	6.4
Multiparous (6)	6.3	11.4
	Litter weight at 3 weeks, kg (8)	
Primiparous (5)	2.37	2.43
Multiparous (6)	2.97	2.74

Source (Forrás): Szendrő *et al.* (1999)

8. táblázat: A szoptatási mód hatása a szopósnyulak elhullására és az alomsúlyra, az először és a többször fialt anyáknál

Fialási sorszám(1), Szoptatási mód(2), Szabad(3), Napi egyszeri(4), Először fialt(5), Többször fialt(6), Szopós elhullás, %(7), 3 hetes alomsúly, kg(8)

Biostimulation

Changing the nursing methods

A 36-48 hour single dam-litter separation (applied before an 11-day post partum insemination) increased the fertility rate of free nursing does but reduced the growth rate of kits (Theau-Clément, 2000). That is why a splitting of dam-litter separation (DLS) was used.

Eiben *et al.* (2004) compared two groups of does. In the control group free nursing was applied during the whole lactation period (the door of the nest box was opened for 24 hours). In the group with split DLS, free nursing was changed to controlled 2 days prior to the insemination (the door of the nest box was open for 20 minutes a day in the morning). Compared to the control group (33.3%) the kindling rate increased by 17% and the number of kits born alive were 7.24 and 7.84, resp. Bonanno *et al.* (2004) observed a higher conception rate (+15%) in a similar experiment.

In the experiment of Matics *et al.* (2004) nursing method was changed to 2 or 3 days prior to the insemination. Kindling rate in the 3 groups was similar (in control, 2-day and 3-day groups: 78, 79 and 80%, resp.) but the number of kits born total and alive increased significantly in the 3-day group (in control, 2-day vs. 3-day groups: 8.56, 8.73 vs. 9.76 and 7.81, 8.04 vs. 9.01, resp.). It has to be noted that in the experiments of Bonanno *et al.* (2004) and of Eiben *et al.* (2004) the conception rate in control group was low but in the study of Matics *et al.* (2004) it was high. Similar positive results may be expected in case of natural mating.

Lighting

In Europe, wild rabbits begin to be on heat in early spring when the daily lighting period increases. Model the lighting regime upon the nature (changing the lighting schedule) the receptivity and performance of domesticated does can be increased.

Theau-Clement *et al.* (1990), Theau-Clement and Marcier (2004) and Mirabito *et al.* (1994) proved that increasing the daily lighting from 8 hours to 16 hours 8 days prior to the insemination (11 day post partum) the reproductive performance of does

increased. Using similar experimental design *Gerencsér et al.* (2006) received higher conception rate (71.9% vs. 61.4%) and more kits born total and alive (9.16 vs. 8.73 and 8.70 vs. 8.42, resp.) in the group of extended lighting. It can be concluded that increased lighting before mating could be an effective method to improve the reproductive performance of does.

Weaning

Weaning age is connected with the condition of does and their kits. Weaning rabbits at older age could be advantageous for kits (larger body weight and more developed digestible tract with more developed physiological parameters), but at the same time the delayed weaning could be disadvantageous for does (longer lactation results weaker condition). During the last stage of pregnancy and near to the peak of lactation, rabbit does are usually in a negative body energy balance, especially primiparous does and lactating rabbits when they are pregnant at the same time (*Xiccato, 1996*).

Adopting extensive reproductive rhythm was proved to be effective to avoid energy loss (*Xiccato et al., 2004a*). It was confirmed by an experiment in which two reproductive rhythms were compared: insemination at 11 days post partum and weaning at 35 days with insemination at 25 days and weaning 2 days before it (at 23 days of age). Significant difference was found in the total body fat content measured by TOBEC (total body electrical conductivity) method (*Gerencsér, 2007*).

Similar results can be achieved with the prolongation of dry period: early weaning increases the time available for body energy restoration (*Xiccato et al., 2004b*). The energy deficit of does whose kits were weaned at 32, 26 or 21 days were -19.4, -13.4 and -8%, respectively (*Table 9*). *Nicodemus et al.* (2002) compared two reproductive rhythms (early weaning at 25 days and traditional weaning at 35 days). Higher prolificacy and litter size at weaning were observed in the early-weaned group.

Table 9

Composition of empty body gain and energy balance of lactating and pregnant does between initial and final kindling

	Weaning age		
	21 days	26 days	32 days
Composition of empty body gain:			
Protein (g)	10	-4	-6
Fat (g)	-75	-129	-170
Energy (MJ)	-2.68	-4.94	-6.65
Chemical and energy balance:			
Protein (%)	1.8	-0.5	-0.8
Fat (%)	-16.9	-24.5	-35.3
Energy (%)	-8.0	-13.4	-19.4

Source (*Forrás*): *Xiccato et al.* (2004b)

9. táblázat: Az ürestest összetétel és az energia-egyensúly változása a szoptató és egyidejűleg vemhes anyanyulaknál, a kezdeti állapot és a kísérlet befejezése között

Választási kor, nap(1), Üres test összetétele(2), Fehérje(3), Zsír(4), Energia(5), Kémiai és energetikai egyensúly(6)

It is important to find a balance between the requirements of kits and does. As the optimal weaning age depends on the environmental condition, genotype and on the nutritional level as well, it is difficult to offer suggestion. At the moment we can only call attention to this problem.

Heat stress

Under hot climate heat stress is one of the main impacts which influence the productive and reproductive traits. Rabbits are very susceptible to heat stress since they have just a few functional sweat glands and have difficulty in eliminating the excess of body heat when the environmental temperature is high. With increasing temperature the feed intake decreases slowly (above 20 °C) or fast (above 25 or 30 °C).

Summarizing several experimental results *Marai et al.* (2002) established that conception rate, embryonic development, litter size, litter weight and milk production decrease, while age of puberty and pre- and post weaning mortality increase by the exposure of heat stress.

*Maertens and De Groot*e (1990) also observed lower feed intake and milk yield as a result of high ambient temperature (27–31 °C in daytime, falling to 21–25 °C during the night). In an experiment of *Szendrő et al.* (1998a) does were kept at 15 °C, 23 °C or 30 °C. Feed intake of lactating does declined slightly at 23 °C but decreased remarkably at 30 °C (*Figure 8*). Similar changes were found in milk production (*Figure 9*).

Figure 8

Effect of temperature on feed intake of does

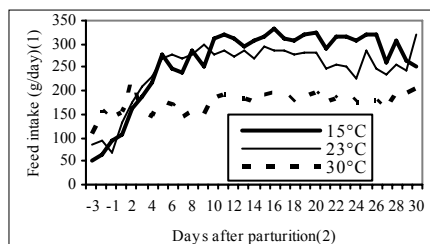
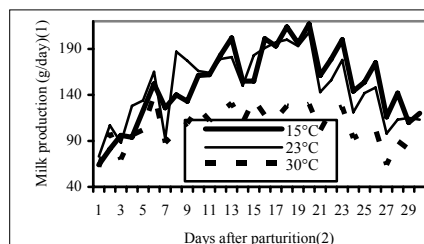


Figure 9

Effect of temperature on milk production of does



8. ábra: A hőmérséklet hatása az anyanyúl takarmányfogyasztására

9. ábra: A hőmérséklet hatása az anyanyúl tejtermelésére

Napi takarmányfogyasztás, g(1), Fialás utáni napok(2)

Napi tejtermelés, g(1), Fialás utáni napok(2)

At 15, 23 and 30 °C, the daily feed intake of does was 289, 278 and 261 g, and the daily milk yield was 161, 161 and 114 g, respectively. The litter weight and the individual weight of kits were in close correlation with the milk yield.

In Europe cooling systems are used to reduce heat and its negative effect on the performance of rabbits. In countries where the humidity is high some of these systems are not effective. In some countries (e.g. in Indonesia) hot climate is typical near to sea level but in the regions of mountains temperature can be more comfortable for rabbit breeding.

In a summer experiment rabbit does were sheared two days before insemination (11 days after parturition) (Szendrő *et al.*, 2007). The shearing had a positive effect on milk production (215 vs. 227 g/day), litter weight at 21 (2.38 vs. 2.50. kg), at 28 (3.39 vs. 3.53 kg) and at 35 days of age (5.32 vs. 5.82 kg). This effect could be stronger if rabbits are sheared before kindling (or before mating). Results confirm that shearing of does reduces the negative effects of heat stress (high temperature). Development of a new hairless breed for arid and tropical regions of the world is suggested by Rogers *et al.* (2004). Furless rabbits have better heat tolerance and higher critical body temperature zone, thus better growth performance than furred ones.

RECOMMENDATIONS

- Synthetic breed (crossing of local and intensive breeds) with good balance of adaptability and production can be used by farmers.
- Selection criteria could be the teat number and growth rate.
- Female breeding rabbits could be chosen from large litters with medium or large birth weight and with 10 teats on kits. (10-teat male rabbits are also advantageous.)
- Rearing female kits in small litters is favourable to improve their milk supply. (The small and male rabbits can be fostered to other does.)
- From about 10 weeks of age a restricted feeding or *ad libitum* feeding with a fibrous diet is recommended. (Green forage, hay and cereal based feeding is suitable in most of the developing countries)
- About one week before the first mating, a diet with higher energy and protein levels is suitable for increasing receptivity and fertility as a flushing.
- First mating can be applied when does reach 75% to 80% of their mature body weight (Mature for breeding.)
- Receptivity of lactating does can be improved by biostimulation methods (increasing the daily lighting or changing free nursing to controlled 2 or 3 days before mating). (Receptive does conceive better.)
- Mating twice (immediately one after the other) is efficient.
- Pregnancy determination is a good method to reduce the duration between two parturitions.
- Controlling the nest during and after parturition (kindling outside of the nest box or poor quality of nest) is a way of reducing kits' mortality.
- Fostering on the basis of the number and weight of kits is a practical procedure to decrease suckling mortality.
- In case of shortening the mating period for a few days the chance of fostering is better.
- Controlled nursing for primiparous and free nursing for multiparous does are proposed to reduce suckling mortality.
- The 20th day (or a bit later) mating is suggested to avoid the overload of does by simultaneous lactation and pregnancy, thus to reduce the negative energy balance. A 20-day mating results more matured kits at weaning.
- For the lack of cooling system, to avoid the negative effect of heat stress, shearing the does' hair on their back and both sides is suggested.
- Most of the experimental data in the literature were published from countries having continental climate, so it could be important to help and increase the research activity in developing countries to get more adaptable results.

REFERENCES

- Bonanno, A., Di Grigoli, A., Alabiso, M., Boiti, C. (2001). Parity and number of repeated doe-litter-separation treatment affect differently the reproductive performances of lactating does. *World Rabbit Sci.*, 10. 2. 63-70.
- Bonanno, A., Mazza, F., Di Grigoli, A., Alabiso, M. (2004). Effect of a split 24-h doe-litter separation on productivity of free nursing rabbit does and their litters. *Livest. Prod. Sci.*, 89. 287-295.
- Cheeke, P.R. (1983). Rabbit production in Indonesia. *J. Appl. Rabbit Res.*, 6. 3. 80-86.
- Cheeke, P.R., Patton, N.M., Lukefahr, S.D., McNitt, J.I. (1986). Rabbit production. The Interstate Printers & Publ., Danville, Illions.
- Costantini, F., Panella, F., Castellini, C. (1986). Management of rabbit breeding (in Ital.) *Riv. Coniglicoltura*, 23. 2. 44-46.
- Coureaud, G., Schaal, B., Coudert, P., Hudson, R., Rideaud, P., Orgeur, P. (2000a). Mimicing natural nursing conditions promotes early pup survival in domestic rabbits. *Ethology*, 106. 3. 207-225.
- Coureaud, G., Schaal, B., Coudert, P., Rideaud, P., Fortun-Lamothe, L., Hudson, R., Orgeur, P. (2000b). Immediate postnatal suckling in the rabbit: Its influence on pup survival and growth. *Reprod. Nutr. Dev.*, 40. 19-32.
- Das, S.K., Yadar, B.P.S. (2007). Effect of mating system, parity and breed on the reproductive performances of broiler rabbits under the agro-climatic condition of Meghalaya. *Livest. Res. Rural Develop.*, 19. 2. <http://www.cipav.org.co/lrrd/>
- Desalvo, F., Zucchi, P. (1985). Analisi sui ritmi di riproduzione. *Riv. Coniglicoltura*, 22. 3. 45-52.
- Eiben, Cs., Kustos, K., Kenessey, Á., Virág, Gy., Szendrő, Zs. (2001). Effect of different feed restrictions during rearing on reproduction performance in rabbit does. *World Rabbit Sci.*, 9. 1. 9-14.
- Eiben, Cs., Kustos, K., Godor-Surmann, K., Kotány, Sz., Theau-Clément, M., Szendrő, Zs. (2004). Effect of nursing method on productivity of lactating does. In *Proceeding of the 8th World Rabbit Congress*, Puebla City, Mexico, 298-302. <http://www.dcam.upv.es/8wrc/>
- Garreau, H., Piles, M., Lazal, C., Baselga, M., Rochambeau, H. de (2004). Selection of maternal lines: last results and prospects. In *Proceedings of the 8th World Rabbit Congress*, Puebla City, Mexico, 14-25. <http://www.dcam.upv.es/8wrc/>
- Garreau, H., Szendrő, Zs., Larzul, C., Rochambeau, H. de (2000). Genetic parameters and genetic trends of growth and litter size traits in the White Pannon bred. *7th World Rabbit Congress*, Valencia, 403-408.
- Gerencsér, Zs. (2007) Unpublished data
- Gerencsér, Zs., Biró-Németh, E., Radnai, I., Szendrő, Zs. (2006). Effect of lighting schedule on reproductive performance and nursing behaviour of the does. *18th Hungarian Conf. Rabbit Prod.*, Kaposvár, 133-137 <http://www.atk.u-kaposvar.hu/sertes/nyulasnapok.htm>
- González-Mariscal, G., Rosenblatt, J.S. (1996). Maternal behaviour in rabbits. *Adv. Study Behav.*, 25. 333-359.
- González-Mariscal, G., Cuamatzi, E., Rosenblatt, J.S. (1998). Hormones and external factors: are they “on/off” signals for maternal nest building in rabbits? *Horm. Behav.*, 33. 1-8.
- Gyovai, M.H. (2006). Effect of nutrient supply during rearing and age at first insemination on the performance of rabbit does. PhD dissertation, University of Kaposvár, pp.96.

- Gyovai, M., Szendrő, Zs., Maertens, L., Biró-Németh, E., Radnai, I., Matics, Zs., Gerencsér, Zs., Princz, Z., Horn, P. (2004). Effect of rearing method on the performance of rabbit does. 8th World Rabbit Congress, Puebla City, Mexico, 281-287 <http://www.dcam.upv.es/8wrc/>
- Hamilton, H.H., Lukefahr, S.D., McNitt, J.I. (1997). Maternal nest quality and its influence on litter survival and weaning performance in commercial rabbits. *J. Anim. Sci.*, 75. 926-933.
- Harris, D.J., Cheeke, P.R., Patton, N.M. (1982). Effect of diet, light and breeding schedule on rabbit performance. *J. Appl. Rabbit Res.*, 5. 2. 33-37.
- Harris, D.J., Sanchez, W.R., Patton, N.M., Cheeke, P.R. (1983). Adding fur to nest boxes to reduce mortality at birth. *J. Appl. Rabbit Res.*, 6. 2. 62-63.
- Hartmann, J., Petersen, J. (1995). Vergleichende Untersuchungen zur Reproduktionsleistung von während der Aufzuchtphase restrictiv und ad libitum gefütterten Zuchthäsinnen. 9. Symp. Housing and Diseases of Rabbits, Furbearing Animals and Pet Animals, Celle, 97-105.
- Lebas, F. (1982). Influence de la position in utero sur le développement corporel des lapereaux. *Journ. Rech. Cunicole*, Paris, Comm. No. 16.
- Lebas, F., Coudert, P., Rochambeau, H. de (1986). The rabbit husbandry, health and production. FAO, Animal Production and Health Series, No. 21, Rome <http://www.fao.org/docrep/t1690E/t1690e00.htm>
- Lukefahr, S.D. (1992). The rabbit project manual. A trainers manual for meat rabbit project development. Heifer Project International, Little Rock, USA
- Maertens, L. (1992). Rabbit nutrition and feeding: A review of some recent developments. *J. Appl. Rabbit Res.*, 15. 889-913.
- Maertens, L., De Groote, G. (1990). Comparison of feed intake and milk yield of does under normal and high ambient temperature. *J. Appl. Rabbit Res.*, 13. 159-162.
- Maertens, L., Luzi, F., Grill, G. (1995). Effect of PMSG induced oestrus on the performance of rabbit does: a review. *World Rabbit Sci.*, 3. 4. 191-199.
- Marai, I.F.M., Habeed, A.A.M., Gad, A.E. (2002). Rabbits' productive, reproductive and physiological performance traits as affected by heat stress: a review. *Livest. Prod. Sci.*, 78. 71-90.
- Martin, S., Donal, R. (1976). Comparison d'un rythme de reproduction intensif et d'un rythme semi-intensif chez la lapine. 1st Intern. Rabbit Congress, Dijon, N° 75
- Matics, Zs., Szendrő, Zs., Theau-Clement, M., Biró-Németh, E., Radnai, I., Gyovai, M., Orova, Z., Eiben, Cs. (2004). Modification of nursing system as a biostimulation method. In Proceedings of the 8th World Rabbit Congress, Puebla City, Mexico, 293-302. <http://www.dcam.upv.es/8wrc/>
- McNitt, J.I., Moody, G.L. (1987). Nest box behaviour of the domestic rabbit. *J. Appl. Rabbit Res.*, 10. 4. 159-162.
- McNitt, J.I., Moody, G.L. (1990). Effect of month, breed, and parity on doe productivity in Southern Louisiana. *J. Appl. Rabbit Res.*, 13. 169-175.
- Mirabito, L., Galliot, P., Souchet, C. (1994). Effet de l'utilisation de la PMSG et de la modification de la photopériode sur les performances de reproduction de la lapine. 6^{èmes} Journ. Rech. Cunicole, La Rochelle, Vol. I, 155-161.
- Mohamed, M.M.A., Szendrő, Zs. (1992). Studies on nursing and milk production of does and milk intake and suckling behaviour of their kits. *J. Appl. Rabbit Res.*, Vol. 15, 708-716.
- Moret, B. (1980). Comportement d'oestrus chez la lapine. *Cuniculture*, 7. 159-161.

- Nicodemus, N., Gutiérrez, I., Garcia, J., Carabano, R., De Blas, C. (2002). Effect of remating interval and weaning age on reproductive performance of doe rabbits. XXVII Simp. Cunicultura, Reus, Spain, 75-81.
- Nizza, A., Di Meo, C., Esposito, L. (1997). Influence of the diet used before and after the first mating on reproductive performance of rabbit does. *World Rabbit Sci.*, 5. 3. 107-110.
- Pálos, J., Szendrő, Zs., Kustos, K. (1996). The effect of number and position of embryos in the uterine horns on their weight at 30 days of pregnancy. 6th World Rabbit Congress, Toulouse, 97-102.
- Partridge, G.G., Allan, S.J., Findlay, M., Corrigan, W. (1984). The effect of reducing the remating interval after parturition on the reproductive performance of the commercial doe rabbit. *Anim. Prod.*, 39. 465-472.
- Pizzi, F., Crimella, C. (1985). Allattamento controlato in conigliocultura. Influence sugli asorescimenti ed incidi conversione alimentare dallo svezzamento all eta di macellazione. *Atti dalla Societa Italiana della Scienze Veterinarie.* 39. 2. 467-470.
- Poigner, J., Szendrő, Zs., Lévai, A., Biró-Németh, E., Radnai, I. (2000). Weight of newborn rabbits in relation to their number and position in ovariectomised does. *World Rabbit Sci.*, 8. 1, 231-237.
- Rashwan, A.A., Szendrő, Zs., Matics, Zs., Szalai, A., Biró-Németh, E., Szendrő, É., Nagy, I. (2003). Effect of the time of insemination and litter size on the gestation length of rabbits. *World Rabbit Sci.*, 11. 2. 75-85.
- Rodellar, C., Zaragoza, P., Garcia Cortes, L.A., Osla, R., Amorena, B. (1991). Systematic effects on different production traits in the Spanish common rabbit breed. II. Effect of parity. *J. Appl. Rabbit Res.*, 14. 112-114.
- Rodriguez, J.M., Ubilla, E. (1988). Effect of sexual receptivity on ovulation response in rabbit does induced with GnRH. 4th World Rabbit Congress, Budapest, Vol. 2, 504-508.
- Rogers, A.D., Lukefahr, S.D., Jackson, K. (2004). Effect of the naked gene on postweaning performance and thermotolerance characters in fryer rabbits. 8th World Rabbit Congress, Puebla City, Mexico <http://www.dcam.upv.es/8wrc/>
- Rommers, J.M., Kemp, B., Meijerhof, R., Noordhuizen, J.P.T.M. (2001a). The effect of litter size before weaning on subsequent body development, feed intake, and reproductive performance of young rabbit does. *J. Anim. Sci.*, 79. 1973-1982.
- Rommers, J.M., Meijerhof, R., Noordhuizen, J.P.T.M., Kemp B. (2001b). Effect of different feeding levels during rearing and age at first insemination on body development, body composition, and puberty characteristics of rabbit does. *World Rabbit Sci.*, 9. 3. 101-108.
- Surdeau, Ph., Matheron, G., Perrier, G. (1980). Etude compare de deux rythmes de reproduction chez le lapin de chair. 2nd World Rabbit Congress, Barcelona, 313-322.
- Surdeau, Ph., Perrier, G., Plassier, J.L. (1984). Response biologique des lapines adoptant differents rythmes de reproduction. 3rd World Rabbit Congress, Rome, II, 104-116.
- Szendrő, Zs. (1993). Examination of some environmental and biological factors on reproductive performance of rabbit does. Thesis, Hungarian Academy of Sciences, Budapest, pp143
- Szendrő, Zs. (1986). Examination of productive performance of rabbits from point of view of selection. PhD dissertation, Gödöllő, pp126
- Szendrő, Zs. (2000). The nutritional status of fetuses and suckling rabbits and its effects on their subsequent productivity. *World Rabbit Sci.*, 8. Suppl. 1, 375-393.

- Szendrő, Zs., Barna, J. (1984). Some factors affecting mortality of suckling and growing rabbits. In Proceedings of the 3rd World Rabbit Congress, Rome, 166-173.
- Szendrő, Zs., Kustos, K. (1991). The relationship between nest-making behavior of the rabbit doe and litter performance. *J. Appl. Rabbit Res.*, 11. 4. 247-248.
- Szendrő, Zs., Tag-El-Den, H. (1987). Effect of double mating on the conception rate and litter size of rabbit (in Hung.) *Magy. Áo. Lapja.* 42. 6. 371-374.
- Szendrő, Zs., Szabó, L., Csonka, L-né (1984). The influence of parturition frequency on the productive efficiency of the does. In Proceedings of the 3rd World Rabbit Congress, Rome, 117-123.
- Szendrő, Zs., Mohamed, M.M.A., Biróné Németh, E., Radnai, I. (1992). Heritability of teat number on rabbits. *J. Appl. Rabbit Res.*, 15. 174-180.
- Szendrő, Zs., Biró-Németh, E., Radnai, I. (1998a). Development of the Pannon White rabbit breed and changes in results for production between 1988 and 1997. *Kmetijstvo, Univ. Ljubljani, Suppl.* 30, 125-130.
- Szendrő, Zs., Gerencsér, Zs., Gyovai, M., Metzger, Sz., Radnai, I., Biró-Németh, E. (2004). Effect of photoperiod on the reproductive traits of rabbit does. 8th World Rabbit Congress, Puebla City, Mexico, 354-357 <http://www.dcam.upv.es/8wrc/>
- Szendrő Zs., Gyarmati T., Lévai A., Radnai I., Biró-Németh E. (1999). Comparison of once-daily, free and combined forms of suckling in rabbits. *Acta Agr. Kapos.*, 3. 2. 155-163 <http://www.atk.u-kaposvar.hu/kutatas/acta.htm>
- Szendrő, Zs., Papp, Z., Kustos, K. (1998b). Effect of environmental temperature and restricted feeding on production of rabbit does. *Chaiers Opt. Med.*, 41. 11-17.
- Szendrő, Zs., Rashwan, A.A., Biró-Németh, E., Radnai, I., Orova, Z. (2007). Effect of shearing of hair in summer on production of rabbit does. *Acta Agr. Kapos.*, 11. 1. 37-42 <http://www.atk.u-kaposvar.hu/kutatas/acta.htm>
- Szendrő, Zs., Rashwan, A.A., Biróné Németh, E., Radnai, I. (2006). Effect of vulva colour and turgidity on conception rate and litter size of rabbit does. 18th Hung. Conf. Rabbit Prod., Kaposvár, 123-126 <http://www.atk.u-kaposvar.hu/sertes/nyulasnapok.htm>
- Theau-Clement, M., Mercier, P. (2004). Influence of lighting programs on the productivity of rabbit does of two genetic types. 8th World Rabbit Congress, Puebla City, Mexico, 357-364 <http://www.dcam.upv.es/8wrc/>
- Theau-Clement, M., Roustan, A. (1992). A study on relationships between receptivity and lactation in the doe, and their influence on reproductive performances. *J. Appl. Rabbit Res.*, 15. 412-421.
- Theau-Clement, M. (2000). Advances in biostimulation methods applied to rabbit reproduction. 7th World Rabbit Congress, Valencia, A61-79.
- Theau-Clement, M., Poujardieu, B., Bellereand, J. (1990). Influence des traitements lumineux, modes de reproduction et états physiologiques sur la productivité de lapins multipares. *Sémes Journ. Rech. Cunicole, Paris, Comm.* 7.
- Vincente, J.S., Garcia-Ximénez, F. (1992). Growth limitations of suckling rabbits. Proposal of a method to evaluate the numerical performance of rabbit does until weaning. *J. Appl. Rabbit Res.*, 15. 848-855.
- Xiccato, G. (1996). Nutrition of lactating does. 6th World Rabbit Congress, Toulouse, 29-47.
- Xiccato, G., Trocino, A., Sartori, A., Queaque, P.I., Brecchia, G., Boiti, C. (2004a). Effect of reproductive rhythm and litter weaning age on the performance and body energy balance of rabbit does. 8th World Rabbit Congress, Puebla City, Mexico, 1029-1034. <http://www.dcam.upv.es/8wrc/>

Xiccato, G., Trocino, A., Sartori, A., Queaque P.I. (2004b). Effect of parity order and litter weaning age on the performance and energy balance of rabbit does. *Livest. Prod. Sci.*, 85. 239-251.

Corresponding author (*Levelezési cím*):

Szendró Zsolt

University of Kaposvár, Faculty of Animal Sciences

H-7401 Kaposvár, P.O.Box 16.

Kaposvári Egyetem, Állattudományi Kar

7400 Kaposvár, Guba Sándor u. 40.

Tel.: 36-82-314-155, Fax: 36-82-320-175

e-mail: szendro@ke.hu



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

Salamon¹ Sz., Csapó^{1,2} J.

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

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

ÖSSZEFOGLALÁS

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

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

ABSTRACT

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

Sz. Salamon¹, J. Csapó^{1,2}

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

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

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

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

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

FEHÉRJETARTALOM

Nem-fehérje nitrogéntartalom

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

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

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

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

Karbamidtartalom

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

Fehérjetartalom és fehérjefrakciók

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

A tejfehérjék módosulása a hőkezelés és a tárolás alatt

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

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

ÖSSZES AMINOSAV- ÉS SZABADAMINOSAV-TARTALOM

Összesaminosav-tartalom

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

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

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

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

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

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

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

Szabadaminosav-tartalom

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

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

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

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

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

Harzer és mtsai. (1984) az anyatej szabadaminosav-tartalom változását vizsgálták a laktáció korai szakaszában. Tíz anyától összesen 78 tejmintát vettek (20 ml) a laktáció első öt hetében (1., 3., 5., 8., 15., 22., 29. és 36-ik napon), amit azonnal $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ra lehűtötték. Az aminosav-analíziseket aminosav-analízátorral, ninhidrines detektálással végezték. A kolosztrumtól az érett tejig a különböző aminosavak mennyisége az alábbiak szerint változott ($\mu\text{mol}/100\text{ ml}$): a glutaminsav- (36,6–100,6), a glutamin- (0,9–20,8), az alanin- (9,5–19,0), a glicin- (4,6–11,1), a cisztin- (1,1–2,6) és a foszfoetanolamin-tartalom (4,2–9,9) nőtt, a szerin- (12,1–5,8), a foszfoserin- (7,9–3,6), az aszparaginsav- (5,6–3,0), az arginin- (7,3–1,0), a lizin- (4,6–1,7), a izoleucin- (1,8–0,9), a fenilalanin- (0,9–0,6), a prolin- (3,7–2,8), a metionin- (0,7–0,3), a triptofán- és a β -alanin-tartalom (1,2–0,3) viszont csökkent a laktáció során. A legnagyobb változások a laktáció első öt napja alatt játszódtak le, így a különbségek az átmeneti és az érett tej között elhanyagolhatóak. Nem találtak szignifikáns különbségeket a kolosztrum, az átmeneti tej és az érett tej között az összes szabad aminosav (194–248 $\mu\text{mol}/100\text{ ml}$), a taurin (45,0–41,5 $\mu\text{mol}/100\text{ ml}$), a treonin (5,4–6,0 $\mu\text{mol}/100\text{ ml}$), a valin (3,5–3,81), a leucin (2,6–2,0 $\mu\text{mol}/100\text{ ml}$), a hisztidin (1,9–2,0 $\mu\text{mol}/100\text{ ml}$) és a tirozin (2,2–1,8 $\mu\text{mol}/100\text{ ml}$) esetében sem.

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

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

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

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

IRODALOM

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

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

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

Levelezési cím (*Corresponding authors*):

Salamon Szidónia

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



Az anyatej összetétele II. Zsírtartalom, zsírsav-összetétel (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 anyatej kolosztrumának és tejének zsírtartalmát és zsírsav-összetételét elemezték a legújabb publikációk tükrében. Megállapították, hogy az anyatej átlagos zsírtartalma 3,6–4,0% között van, amely a laktáció során emelkedik. A különböző népcsoportok között nem találtak szignifikáns különbséget az anyatej zsírtartalmában, bár az utótej és az elhízott anyák tejének zsírtartalmát magasnak (4–8%) találták. A telített zsírsavak 45–55%-ban járulnak hozzá az anyatej energiatartalmához; mennyiségük 38–41% a tejsírban, ami nem változik a laktáció folyamán. Az anya vajfogyasztásával nő az anyatej palmitinsav- és sztearinsav-tartalma, és az egyéb táplálék zsírsav-összetétele is jelentős mértékben befolyásolja a telített zsírsav-tartalmat. Az egyszerűen telítetlen zsírsavak közül az olajsav 35–42%-át, az elaidinsav 11–12%-át teszik ki a tejsírban. Az anyatej többszörösen telítetlen zsírsav-tartalmát jelentős mennyiségben befolyásolja az élelmiszer összetétele, és a népcsoportok között kimutatott jelentős különbségeket is a táplálkozásbeli különbségekre lehet visszavezetni. A laktáció során az ω 3-zsírsavak mennyisége csökken, az ω 6-zsírsavaké viszont nő. A földrajzi és táplálkozásbeli különbségeknek, különösen a hosszú szénláncú, többszörösen telítetlen zsírsavak koncentrációjára van hatása. Az esszenciális zsírsavak közül az anyatej linolénsav-tartalma 12–13% közötti, szélsőséges esetben elérheti a 20%-ot is, míg a többi esszenciális zsírsav koncentrációja 0,1–1,5% között mozog. Nem találtak különbséget a jól és a rosszul táplált anyák között, és a népcsoportok közötti különbségek is a táplálkozási viszonyokra vezethetők vissza. A laktáció során a linolsav és a linolénsav koncentrációja nő, az arachidonsav és a dokozahexaénsav koncentrációja pedig csökken. A transz zsírsavak átlagosan a tejsír 0,2–17%-át teszik ki a tejsírban. Egyesek szerint nincs, mások szerint jelentős befolyással van koncentrációjukra a hidrogénezett növényi olajok (margarinok) fogyasztása. Ugyancsak befolyásolja a tejsír konjugált linolsav-tartalmát a táplálék, és jelentősen növeli azt az alpesi vajfogyasztás.

(Kulcsszavak: anyatej, kolosztrum, zsírtartalom, zsírsavösszetétel, SFA, MUFA, PUFA, CLA, konjugált linolsav)

ABSTRACT

Composition of the mother's milk II., Fat contents, fatty acid composition (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 fat contents and fatty acid composition of the mother's colostrum and mother's milk in comparison with the newest publications. They have established that the

average fat contents of the mother's milk were 3.6–4.0%, and increased during lactation. Among the different ethnic groups there was found no significant difference in the fat contents of the mother's milk, although fat contents of the remainder and milk of corpulent mothers were found high (4–8%). Saturated fatty acids contribute in 45–55% to the energy value of mother's milk; their amount is 38–41% in the milk fat, which does not change during lactation. With increasing butter consumption palmitic acid and stearic acid contents of the mother's milk increase, and also fatty acid composition of other nutriment is considerably affects the saturated fatty acid contents. Out of the monounsaturated fatty acids oleic acid represents 35–42%, whereas elaidic acid represents 11–12% of milk fat. Multiple unsaturated fatty acid contents of mother's milk are substantially affected by the food composition, and also the significant differences between the ethnic groups can be attributed to differences in the nutrition. During the lactation the amount of the $\omega 3$ fatty acids reduces while that of the $\omega 6$ fatty acids increase. The geographical and nutritional differences have effect especially on the concentration of long-chain multiple unsaturated fatty acids. Out of the essential fatty acids linolenic acid contents of the mother's milk are between 12–13%, in extreme cases can even reach 20%, whereas concentration of the other essential fatty acids is around 0.1–1.5%. No difference was found between the well and badly fed mothers, and the differences between the ethnic groups can also be attributed to the nutritional conditions. During the lactation concentration of both linoleic acid and linolenic acid increases, whereas concentration of arachidonic acid and docosahexaenoic acid decreases. Trans fatty acids form 0.2–17% of milk fat on average. Some believe that consumption of hydrogenated vegetable oils (margarines) does not have any effect on the concentration of trans fatty acids, while others think that it does. Similarly, conjugated linoleic acid contents of milk fat are influenced by the nutriment, and are considerably increased by consumption of alpine butter. (Keywords: mother's milk, colostrum, fat content, fatty acid composition, SFA, MUFA, PUFA, CLA, conjugated linoleic acid)

ZSÍRTARTALOM

Yamawaki és mtsai. (2005) Japán különböző vidékeiről származó nők tejének zsírtartalmát vizsgálták. A zsírtartalom a laktáció 11–89. napja között szignifikánsan nagyobb volt (3,75–3,90%), mint a laktáció 1–10. napja között (2,68–2,77%). A mintavétellel egy időben adatokat gyűjtöttek a dohányzási szokásokról, a vitamin-kiegészítésről, az újszülött születési súlyáról és hogy a mintát a bal vagy a jobb mellből vették. A kialakított csoportok között nem találtak szignifikáns különbséget a tej zsírtartalmát illetően. *Rocquelin és mtsai.* (1998a, 1998b) kongói anyák tejének zsírtartalmát a laktáció 5. hónapjában 2,87%-nak mérték. Megállapították, hogy a tej zsírtartalma negatív kapcsolatban van a testtömegindexszel, és hogy a kongói nők tejének zsírtartalma függ az anya táplálkozásától. *Saarela és mtsai.* (2005) a laktáció első hat hónapja alatt vizsgálva a tej zsírtartalmát megállapították, hogy az anyatej zsír- és energiatartalma szignifikánsan nem változik a laktáció első hete és 6. hónapja között, és hogy az utótej zsírtartalma (5,86%), több mint kétszerese lehet az előtejének (2,70%), ugyanis a tej zsírtartalma jelentős mértékben nő a szoptatás során. A teljes energiatartalom 105–126 kJ/100 ml-rel volt nagyobb az érett tejben, mint az előtejben. *Clark és mtsai.* (1982) 10 anyától a laktáció 2., 6., 12., 16. hetén vett tej összes lipidtartalmát vizsgálva azt tapasztalták, hogy az szignifikánsan nő a második héten mért 3,9%-ról a 16. héten mért 5,2%-ra. *Glew és mtsai.* (2006) az észak-nigériai, fulani nomád törzsek asszonyai tejének zsírtartalmát 3,05%-nak, a városi anyákét pedig 3,63%-nak mérték, a különbség azonban nem volt szignifikáns a két csoport között.

Bertschi és mtsai. (2005) szerint különböző mennyiségű vajat fogyasztó német anyák tejenek zsírtartalma 3,3–3,4% között változott. *Marín és mtsai.* (2005) szerint az argentinai La Plata-ban élő elhízott anyák tejenek zsírtartalma szignifikánsan nagyobb volt a normál, valamint a kövér anyákéhoz képest (98,1 g/l; 69,2 g/l; 71,5 g/l). *Finley és mtsai.* (1985) vegetáriánus, félig vegetáriánus és nem vegetáriánus anyák tejszírtartalmában nem találtak különbséget a három csoport között. Azoknál az anyáknál, akik naponta kevesebb, mint 35 g állati eredetű zsiradékot fogyasztottak, a tejszír zsírsav-összetétele szignifikánsan függött az állati zsírbeviteltől. Azon anyáknál, akik naponta több mint 35 g állati eredetű zsírt fogyasztottak, az anyatej zsírtartalma szoros pozitív összefüggésben volt a C10:0, a C12:0 és a C18:3 zsírsavakkal, és negatív összefüggést mutatott a tejszír palmitinsav- és sztearinsav-tartalmával. Az eredmények alapján, arra a következtetésre jutottak, hogy mind a palmitinsav, mind a sztearinsav esetében a vérből a tejmirigybe történő átmenet limitálva van.

Picciano (2001) szerint a tejszír a tej legváltozatosabb komponense, amit nagyon sok tényező befolyásol. A csecsemő táplálása is hatással van rá, ugyanis az anyatej zsírtartalma jelentős mértékben nő a szoptatás során. Amennyiben az anya tápláléka alacsony zsírtartalmú, megnövekszik a közepes lánchosszúságú zsírsavak (C6–C10) endogén szintézise, és az anya tápláltsági színvonala, a terhesség alatti túlsúly is kapcsolatba hozható a megnövekedett tejszírtartalommal. A lipidek jelentik a tej legfontosabb energiát adó vegyületeit, melyek 97–98%-a trigliceridek formájában fordulnak elő az anyatejben. *Minda és mtsai.* (2004) Pécsen élő, 18, egészséges csecsemőt szült anyától gyűjtöttek tejmintát a szülés utáni 1., 2., 3., 4., 5., 6., 7., majd a 14. és 28. napon. A tejminták zsírtartalma 4–8 g/100 ml között változott, amelyet gravimetriásan határoztak meg. *Al-Tamer és Mahmood* (2004) a koraszülő és a normál időre szülő anyák tejenek összetételét vizsgálva Irakban megállapították, hogy a zsírtartalom a koraszülő anyák kolosztrumában szignifikánsan alacsonyabb volt, mint a normál kolosztrumban. *Koletszko és mtsai.* (2001) az egészséges, jól táplált anyák tejét feltétlenül javasolják csecsemők táplálására életük első hat hónapjában, mert az anyatej zsírtartalma (átlagosan 3,8–3,9%) ugyan széles határok között változik, de mégis a csecsemő fő energiaforrása, mely 40–55%-kal járul hozzá az összes energia-bevitelhez.

AZ ANYATEJ LIPIDJEI

A tejben lévő lipidek a néhány μm átmérőjű zsírgolyócskákban találhatóak, amelyek a tejmirigy alveoláris sejtjeiben keletkeznek. A zsírgolyócskának van egy hidrofób magja, ami gazdag trigliceridekben, és koleszterin-észtert és A-vitamin-észtereket is tartalmaz. A zsírgolyócskák felszínén amfipatikus foszfolipidek, valamint fehérjék, koleszterin és enzimek találhatóak. Az amfipatikus felszín miatt tud a zsírgolyócska a vizes közegben stabil lenni, és létrehozni az olaj a vízben emulziót. A membrán legnagyobb része az apikális plazmából és a Golgi-készülék membránjából tevődik össze, amelyek a zsírral együtt kitérnek a tejmirigy sejtjeiből. A zsírgolyócskák átmérője 1–10 μm , így az 1 dl tejben levő zsírgolyócskák felülete 4,5 m^2 . A zsírgolyócskák felületéhez különböző lipázok kötődnek, amik hozzájárulnak a trigliceridek hatékony emésztéséhez. A tej zsírtartalmának növekedésével a laktáció első négy hete alatt a zsírgolyócskák nagysága is növekedni fog, ami együtt jár a foszfolipidek és a koleszterin csökkenésével a membránban. A tejmirigy alveoláris sejtjei alakítják ki a tejszírt, melyet a szopással, vagy az agyalapi mirigyben termelődő prolaktin adagolással lehet stimulálni. A tejszír nagyobbik része az anya által elfogyasztott élelmiszerekből származik, másik része pedig

az anya testének tartalékaiból ered. A tejsír egy része a tejmirigyben helyben glükózból szintetizálódik, amely főként 10–14 szénatomszámú zsírsavakat eredményez. Az így keletkezett közepes láncosszúságú zsírsavak mennyisége növekszik a tejsírban, amikor az anya tápláléka alacsony zsír- és magas szénhidrát-tartalmú. Nincs lényeges különbség a lipidösszetételben a korán és a normál időre szülő anyáknál (Koletzko és mtsai., 2001).

Az anyatej lipidjei tartalmazzák a zsírolékony vitaminokat és a többszörösen telítetlen zsírsavakat (PUFA) beleértve ezek közé a linolsavat (LA, 18:2n-6) és az α -linolénsavat (ALA, 18:3n-3). A különböző PUFA-król kiderült, hogy speciális biológiai funkcióval rendelkeznek. A linolsav például összetevője a bőrkeramidoknak, amiknek fontos szerepe van az epidermális vízgát kialakításában. Az LA és az ALA prekursorai a 20 és 22 szénatomos PUFA-nak. Az n-6 és n-3 zsírsavak olyan enzimreakciókban vesznek részt, melynek során a hosszúszenláncú, telítetlen zsírsavak (LC-PUFA) keletkeznek, mint amilyen a di-homo- γ -linolénsav és a dokozahexaénsav (DHA). Az LC-PUFA-k fontosak a membránok szerkezetének kialakításában, és perinatálisan akkumulálódnak olyan membránokban gazdag szövetekben, mint az idegszövet és a retina (Koletzko és mtsai., 2001).

ZSÍRSAV-ÖSSZETÉTEL

Telített zsírsavak

Shores és mtsai. (2000) 33 fulani nő tejében a réz és a közepes szénláncú telített zsírsavak közötti összefüggéseket vizsgálták. A réztartalomra 399 $\mu\text{g/l}$ értéket kaptak, a kaprinsav-tartalmat 0,28; a laurinsav-tartalmat 9,10; a mirisztinsav-tartalmat pedig 12,5%-nak mérték az összes zsírsav relatív tömegszázalékában. A három közepes szénláncú telített zsírsav, összesen 21,5%-ot tett ki az összes zsírsav százalékában. Szignifikáns összefüggést találtak a réztartalom és a három zsírsav, valamint az összes közepes szénláncú zsírsav mennyisége között ami azzal magyarázható, hogy vagy a tejmirigyben egy réztartalmú enzim szükséges a C_{10} – C_{14} zsírsavak szintéziséhez, vagy a közepes szénláncú zsírsavak képesek speciális módon rezet megkötni. Minda és mtsai. (2004) Pécsen élő anyák tejének telített zsírsav-összetételét vizsgálva megállapították, hogy a telített zsírsavak közül a palmitinsav csökken a laktáció folyamán (25,73–22,33%), a mirisztinsav és a sztearinsav mennyisége viszont lényeges változást nem mutatott a laktáció első három hónapjában ($\text{C}_{14:0}$ 5,16–6,25%; $\text{C}_{18:0}$ 6,96–7,04%). Marangoni és mtsai. (2000) tíz olasz anya tejének zsírsav-összetételét vizsgálták a laktáció első napján, majd a laktáció 1., 3., 6., 9. és 12. hónapjában vett tejmintákból. A laktáció során a telített zsírsavak összes mennyiségében szignifikáns változást nem tudtak kimutatni; az 38–41% között változott.

Sala-Vila és mtsai. (2005) 66 granadai, normál időre szülő anya kolosztrumának (1–5 nap), átmeneti tejének (6–15 nap) és érett tejének (15–30 nap) telített zsírsav-összetételét vizsgálták. Meghatározva a foszfolipidek zsírsav-tartalmát megállapították, hogy a palmitinsav (23,38–24,32%) szignifikánsan nő a kolosztrumtól az érett tejig, a kolosztrum viszont több sztearinsavat (24,00–23,49%) tartalmaz, mint az érett tej. A telített zsírsavak mennyiségét ($\text{C}_{8:0}$ – $\text{C}_{24:0}$) szignifikánsan nagyobbak mérték az átmeneti- (56,18%) és az érett tejben (56,89%), mint a kolosztrumban (52,96%). López-López és mtsai. (2001) szerint a humán kolosztrumban nagy mennyiségben van jelen a palmitinsav (19,64–19,9%) és a sztearinsav (5,24–5,30%). 1% fölötti mennyiséget mértek még a laurinsav és a mirisztinsav esetében, míg az összes többi telített zsírsav 1%-nál kisebb koncentrációban volt jelen az anyatej tejsírjában.

Fidler és mtsai. (2001) Szlovéniában, városban és vidéki környezetben élő anyák kolosztrumának zsírsav-összetételét vizsgálva nem találtak lényeges különbséget a kolosztrum zsírsav-összetételében. Az anyatej átlagos telített zsírsav-tartalma 37,68% volt. *Bahrani és Rahimi* (2005) 52 egészséges, 19–39 év közötti, szoptató, nyugat-iráni anya tejének telített zsírsav-összetételét vizsgálva megállapították, hogy a telített zsírsavak közül a közepes szénatomszámú zsírsavak (C6:0–C18:0) alkotják a fő frakciót 37,3%-kal. *Schmeits és mtsai.* (1999) 48, Nepál vidéki tartományában élő anya tejében a C10:0–C14:0 zsírsavak mennyiségét 25%-nak mérték. *Xiang és mtsai.* (1999) szerint Észak-Kína vidéki környezetében élő 41 anya tejének telített zsírsav-koncentrációja 34,66–36,59% között alakult. *Precht és Molquentin* (1999) 40 német anya tejének telített zsírsav-tartalmára a következő koncentrációkat állapította meg: C12:0 3,12%; C14:0 6,43%; C16:0 25,28%; C18:0 7,41%. *Bitman és mtsai.* (1986) az anyatej zsírsav-összetételét elemezve megállapították, hogy a közepes szénláncú zsírsavak (C12:0, C14:0, C16:0) mennyisége a nagyon koraszülő és a koraszülő (23%) anyák kolosztrumában jelentős mértékben kisebb, mint a normál kolosztrumban (35%). *Glew és mtsai.* (2006) a fulani nomád törzsek és a városi anyák tejének C6:0-C14:0 közepes lánchosszúságú zsírsavai mennyiségét azonosnak találták (26,6–25,2%).

Fidler és Koletzko (2000) 15 tanulmány eredményeit összegezték, amelyek a világ 16 régiójából származó anyák kolosztrumának zsírsav-összetételével foglalkoztak. Megállapították, hogy a telített zsírsavak mennyisége hasonló volt a dél-európai országokban (Spanyolország, Franciaország, Szlovénia), a Szent-Lucián élő anyák kolosztruma viszont a magas szénhidrát- és az alacsony zsírtartalmú tápláléknak köszönhetően több telített zsírsavat tartalmazott. Az ausztráliai anyák kolosztrumában a telített zsírsavak mennyisége 43,8% volt. *Bertschi és mtsai.* (2005) vizsgálatai szerint német anyáknál az alpesi vaj fogyasztásának hatására a tejben megnőtt a palmitin-, és a sztearinsav aránya, valamint az összes telített zsírsav mennyisége. *Silva és mtsai.* (2005) brazil anyák érett tejének telített zsírsav-összetételét meghatározva 80 tejmintát gyűjtöttek 18 egészséges donortól a laktáció 4–13. hete között, akik a születés utáni 37–42. hétig szoptatták csecsemőjüket. Megállapították, hogy a telített zsírsavak közül a palmitinsav van jelen a legnagyobb koncentrációban (17,3%), ami az összes telített zsírsav 43,5%-át teszi ki, majd a mirisztinsav (7,02%), a laurinsav (6,88%) és a sztearinsav (5,43%) következik. Véleményük szerint a táplálék zsírsav-összetétele jelentős mértékben befolyásolja az anyatej zsírsav-összetételét.

Hayat és mtsai. (1999) 19 egészséges, 20–30 év közötti kuvaiti anya tejének telített zsírsav-összetételét vizsgálták, mellyel párhuzamosan egy kérdőív alapján felmérték az egyes anyák által fogyasztott élelmiszereket, amik nagyon gazdagnak bizonyultak zsírokban és fehérjékben. Vizsgálataik szerint a tej összetételét jelentős mértékben befolyásolta az anyák élelmiszerfogyasztása és az élelmiszerek zsírsav-összetétele. Megállapították, hogy az összes zsírsav-tartalom 42,6%-át a telített zsírsavak alkotják, melyen belül a legnagyobb mennyiségben a palmitinsav (50,8%), majd a sztearinsav (6,5%), a mirisztinsav (6,4%) és a laurinsav (6,0%) fordul elő. *Marín és mtsai.* (2005) az argentinai La Plata-ban élő anyák tejének telített zsírsav-összetételét vizsgálva elemezték a kapcsolatot a zsírsav és az anya által fogyasztott élelmiszerek összetétele között. Az egyes telített zsírsavak mennyiségében az elhízott, valamint a kövér anyák között nem találtak különbséget annak ellenére, hogy a 10–14 szénatomszámú zsírsavak koncentrációja az elhízott anyáknál volt a legkisebb. A telített zsírsavakon belül mindhárom csoportnál a legnagyobb koncentrációban a palmitinsav volt jelen (20,58–21,19%). Az összes zsírsav-tartalmon belül a telített zsírsavak

mennyisége 42,85%-ot tett ki. Nem állapítottak meg számottevő különbséget az argentin, az amerikai, a japán, valamint a kínai anyák tejének telítettszsírsav-tartalmában.

Rocquelin és mtsai. (1998a, 1998b) a kongói anyák tejének telítettszsírsav-összetételét vizsgálták, különös tekintettel az anya tápláltsági színvonalára és az újszülött zsírsav-szükségletének kielégítésére. A laktáció 5. hónapjában lévő kongói nők tejében relatíve magas volt a C8:0–C14:0 zsírsavak (25,97%) mennyisége. A zsírsav-összetételt kapcsolatba hozták a magas szénhidrát-tartalmú táplálékok fogyasztásával, amik elősegítik a C8:0–C14:0 zsírsavak bioszintézisét. Összességében megállapították, hogy a kongói nők tejének zsírtartalma és a zsír zsírsav-összetétele jelentős mértékben függ az anya táplálkozásától. *Xiang és mtsai.* (2005) kínai és svéd anyák tejének telítettszsírsav-tartalmát vizsgálva elemezték a táplálék hatását a tej összetételére. A kínai anyák főként rizst, párolt babot, nudlit, kínai káposztát és sertéshúst fogyasztottak. A svéd anyák tápláléka kenyérből, krumpliból, tésztából, tejből, savanyútejből és sajtból állt. A kínaiak több szénhidrátot (az energia 17%-a), kevesebb fehérjét (az energia 4%-a) és zsírt (az energia 12%-a) fogyasztottak, mint a svédek. A kínaiak ételleinek zsírtartalma szójaolajból és sertéshúsból, a svédeké pedig főként sajtból származott. Megállapították, hogy az előzőekben felsorolt táplálkozás hatására a kínai anyák tejének összes telítettszsírsav-tartalma, az arachidinsav (C20:0) és a behénsav (C22:0) kivételével, szignifikánsan alacsonyabb volt, mint a svéd anyáknál. Ezen belül a C12:0–C18:0 tartományban a zsírsav-tartalom a kínaiaknál szignifikánsan alacsonyabb volt, mint a svédeké; a C20:0–C24:0 tartományban viszont ellentétes eredményeket kaptak. *Serra és mtsai.* (1997) étvágy szerint táplálkozó hús olasz anya tejének zsírsav-összetételét meghatározva az érett tejen a telített zsírsavak mennyiségét 45,50%-nak mérték. Megállapították, hogy az olasz anyák tejszírjának zsírsav-összetétele hasonlít a dél-európai államokban élő anyákéhoz, ami valószínűleg a hasonló táplálkozási szokások következménye. *Laryea és mtsai.* (1995) a jól táplált szudáni anyák tejszírjának zsírsav-összetételét vizsgálva megállapították, hogy a telített zsírsavak mennyisége 46%-ot tett ki az összes zsírsav-tartalmon belül. *Picciano* (2001) szerint az anyatej telítettszsírsav-összetételét (C12:0–C18:0) nagyon sok tényező befolyásolja. Ezek a zsírsavak 45–55%-ban járulnak hozzá az anyatej energiataralmához.

Koletzko és mtsai. (2001) szerint az anyatej lipidjeinek legnagyobb részét a telített zsírsavak alkotják. A növényi olajokban a telített zsírsavak többé-kevésbé véletlenszerűen foglalják el helyüket a triglicerid molekulában, az anyatejben viszont a telített palmitinsav az sn-2 pozícióban kötődik. Mivel a lipolitikus enzimek az sn-1 és sn-3 pozícióban levő kötések hatékonyabban hasítják, az anyatejben levő palmitinsav főként monoglicerid alakban található, melynek abszorpciója nagyobb, mint a szabad palmitinsavé, mert a monoglicerid nagyobb polaritása miatt az abszorpció könnyített. A legtöbb palmitinsav az sn-2 helyzetben abszorbeálódik, ami szerkezetét a felszívódás után a vékonybélben is megtartja. Csecsemőtápszerekkel végzett klinikai kísérletek megerősítették, hogy a palmitinsav az sn-2 pozícióból jobban felszívódik, mint amikor véletlenszerűen kapcsolódik a glicerinhez.

Telítetlen zsírsavak

Egyszeresen telítetlen zsírsavak

Jahreis és mtsai. (1999) a tehén, a kecske, a juh, a koca, a kanca és az anyatej összetételét analízálták. Összehasonlítva az egyes fajoknál mért egyszeresen telítetlenzsírsav-tartalmat (MUFA) megállapították, hogy a nemkérődzők esetében annak koncentrációja a koca tejében volt a legnagyobb (51,8±5,8%), majd a humán (33,2±2,9%) és a kancatej (20,7±1,2%) következett. A kérődzők esetében nem találtak

lényeges különbséget az egyes fajokon belül a MUFA-t illetően, melyek koncentrációja 21,8–23,3% között változott. *Xiang és mtsai.* (1999) szerint Észak-Kínában vidéken élő 41 anya tejének MUFA-tartalma a C14:1–C24:1 tartományban 38,0–39,32% között van. *Silva és mtsai.* (2005) brazil anyák érett tejének MUFA-összetételét meghatározva megállapították, hogy azok az összes zsírsav 59,5%-át teszik ki, amiből 27,6%-ot az MUFA-k képviseltek. *Hayat és mtsai.* (1999) 19 egészséges 20–30 év közötti kuvaiti anya tejének MUFA-összetételét az összeszsírsav-tartalmon belül 37,3%-nak mérték. *Sala-Vila és mtsai.* (2005) 66 normál időre szülő, granadai anya kolosztrumának (1–5 nap), átmeneti tejének (6–15 nap) és érett tejének (15–30 nap) zsírsav-összetételét vizsgálták. Meghatározva a foszfolipidek zsírsav-tartalmát megállapították, hogy az egyszerűen telítetlen C18:1 ω -9 zsírsavak mennyisége szignifikánsan nőtt a kolosztrumtól az érett tejig. Az átmeneti- és az érett tejben azonban a MUFA mennyisége szignifikánsan alacsonyabb volt (16,60%), mint a kolosztrumban (17,91%).

López-López és mtsai. (2001) szerint a humán kolosztrumban legnagyobb mennyiségben az egy telítetlen kötést tartalmazó 18 szénatomos olajsav-izomerek voltak jelen (41,58–42,04%). Egy % fölötti mennyiséget mértek még a palmitoleinsav esetében. *Fidler és mtsai.* (2001) szlovéniai, városban és vidéken élő anyák kolosztrumának zsírsav-összetételét vizsgálva az egyetlen különbséget az olajsav-tartalomban kapták, mely a vidéken élőkénél 36,85%-ot, a városi anyáknál pedig 34,94%-ot ért el. Az összes MUFA mennyisége 40,49% volt. *Serra és mtsai.* (1997) 20 étvágy szerint táplálkozó olasz anya tejének zsírsav-összetételét analizálva megállapították, hogy a laktáció előrehaladtával szignifikánsan csökkent a MUFA mennyisége, ami az érett tejben 42,69% volt. *Laryea és mtsai.* (1995) szerint a jól táplált szudáni anyák tejének MUFA-tartalma 33%-ot tett ki az összes zsírsavból. *Bahrami és Rahimi* (2005) 52 egészséges, nyugat iráni anya tejének zsírsav-összetételét vizsgálva megállapították, hogy az egyszerűen telítetlen olajsav 30,9%-ot, az elaidinsav pedig 11,3%-ot tesz ki a tej összes zsírsavaiból. *Minda és mtsai.* (2004) vizsgálatai szerint a Pécsen élő anyák tejének MUFA-tartalma némi csökkenést mutatott a szülés utáni 1. és 28. nap között (36,79–35,75%). *Marangoni és mtsai.* (2000) tíz olasz anya tejének MUFA-tartalmát 41–45% közöttinek mérték.

Marin és mtsai. (2005) az argentinai La Plata-ban élő anyák tejének MUFA-tartalmát 34,8%-nak mérték; melyen belül a 20:1 n-9 aránya szignifikánsan nagyobb volt az elhízott anyáknál (0,19%), mint a normál súlyú anyáknál (0,08%). A MUFA összes mennyisége az elhízott anyáknál szignifikánsan kisebb volt a normál és a túltáplált anyákhoz viszonyítva (33,7%, 36,9%, 36,9%). *Scopesi és mtsai.* (2001) a táplálék MUFA-tartalmának hatását nézték az anyatej zsírsav-összetételére a laktáció első hónapjában 34 szoptató anyánál. Megállapították, hogy az anya táplálékának MUFA-tartalma szignifikáns hatással volt az átmeneti tej összetételére. *Xiang és mtsai.* (2005) kínai és svéd anyák tejének MUFA-tartalmát vizsgálva elemezték a táplálék hatását a tej összetételére. A kínai anyák főként rizst, párolt babot, nudlit, kínai káposztát és sertéshúst fogyasztottak. A svéd anyák tápláléka kenyérből, krumpliból, tésztából, tejből, savanyútejből és sajtból állt. A kínai anyáknál a MUFA koncentrációja 39,32%, míg a svéd anyák tejsavban 45,15% volt. Ezen belül a C14:1–C18:1 tartományban a kínai anyáknál kapták a kisebb értéket, míg a C20:1–C24:1 tartományban az eredmény fordított volt.

Többszörösen telítetlen zsírsavak

Jahreis és mtsai. (1999) a tehén, a kecske, a juh, a koca, a kanca és az anyatej többszörösen telítetlen zsírsav-tartalmát (PUFA) vizsgálva megállapították, hogy annak

koncentrációja a kanca esetében volt a legnagyobb ($36,8 \pm 3,2\%$), amit a koca és a humán tej ($12,5-12,4\%$) követett. A kérődzők esetében nem találtak lényeges különbséget az egyes fajokon belül a PUFA-tartalomra (2,42–4,05%). *Laryea és mtsai.* (1995) a jól táplált szudáni anyák tejsírájának PUFA-tartalmát vizsgálva megállapították, hogy azok 21%-ot tettek ki az összes zsírsavból. *Xiang és mtsai.* (1999) Észak-Kínában vidéken élő 41 anya tejének hosszúszenlancú, PUFA-összetételét határozták meg, amelyek koncentrációját 25,38–26,00% közöttinek mérték. *Serra és mtsai.* (1997) 20, étvágy szerint táplálkozó olasz anya tejének PUFA-összetételét meghatározva megállapították, hogy a laktáció előrehaladtával szignifikánsan csökkent a hosszúszenlancú telítetlen zsírsavak közül az n-6 és az n-3 zsírsavak mennyisége. Az érett tejben az összes telítetlen zsírsav mennyisége 54,5% volt, amiből a PUFA-k 11,82%-ot tettek ki, és a PUFA-n belül a hosszúszenlancú zsírsavak 1,27%-ot képviseltek. *Bitman és mtsai.* (1986) az anyatej C18:3; C20:3; C20:4 zsírsavait vizsgálták nagyon koraszülöknél (5,6%), a koraszülöknél (6,2%) és a normál időben szülőknél (1,8%). A normál időben szülők kolosztruma szignifikánsan kevesebbet tartalmazott ezekből a zsírsavakból a koraszülökhöz képest.

Fidler és mtsai. (2001) szlovén városokban és vidéken élő anyák kolosztrumának zsírsav-összetételét vizsgálva nem találtak szignifikáns különbséget a PUFA mennyiségében (21,82%). A PUFA és a telített zsírsavak aránya 0,58, míg az n-6/n-3 arány 8,0 volt. *Silva és mtsai.* (2005) brazil anyák érett tejének PUFA-összetételét vizsgálva megállapították, hogy azok az összes zsírsav 23,4%-át tették ki. Az ω -6 hosszú szénlancú PUFA mennyisége 1,56%, a C18:2 ω -6/C18:3 ω -3 arány pedig 15,35 volt. *Marín és mtsai.* (2005) az argentinai La Plata-ban élő anyák tejének hosszú szénlancú PUFA-összetételét vizsgálták, és elemezték a kapcsolatot a zsírsav-összetétel és az anya által fogyasztott élelmiszerek összetétele között. Megállapították, hogy az elhízott anyáknál a PUFA mennyisége szignifikánsan nőtt, és a C18:2 n-6/összes n-6 aránya is szignifikánsan nagyobb volt a normál testsúlyúakhoz viszonyítva (0,96%; 0,89%). Nem találtak szignifikáns különbséget a csoportok között az n-3 zsírsavakat illetően, de az n-6 és az n-3 zsírsavak közötti arány az elhízott anyáknál szignifikánsan nagyobb volt. Összehasonlítva az argentin, az amerikai, a japán, valamint a kínai anyák tejének PUFA-tartalmát azt tapasztalták, hogy az argentin anyák teje több C18:2 n-6 és C18:3 n-3 zsírsavat tartalmaz, mint a többieké. *Olafsdottir és mtsai.* (2006) a PUFA arányát vizsgálták Izlandon élő olyan anyák tejében, akik hagyományosan halat és halmájolajat fogyasztottak. Megállapították, hogy azon anyák tejében, akik halmájolajat fogyasztottak, szignifikánsan nagyobb koncentrációban voltak jelen a PUFA-k. A tejsír több dokoheptaénsavat (DHA) (0,54%) tartalmazott, mint a kontrollesoport teje (0,30%), és ugyancsak szignifikánsan több volt az eikozapentaénsav (EPA) (0,16%) és a dokozaapentaénsav (DPA) (0,22%) mennyisége is, mint a kontrollesoportnál, ahol e két zsírsav koncentrációja 0,07 és 0,17% volt. Megállapították azt is, hogy az EPA, a DPA és a DHA részaránya nélkül ért el magasabb értéket, hogy az egyéb fontos zsírsavak mennyisége csökkent volna. Úgy tűnik tehát, hogy a halmájolaj, mind az anya, mind az újszülött táplálkozása szempontjából nagyon jelentős zsírforrás.

Scopesi és mtsai. (2001) a táplálék PUFA-tartalmának hatását nézték az anyatej zsírsav-összetételére a laktáció első hónapjában, 34 szoptató anyánál. A szülés utáni első napon vett tejmintát tekintették kolosztrumnak, a 4–6. napon vett mintát átmeneti tejnek, a 14., a 21. és a 28. napon vett mintát pedig érett tejnek. Megállapították, hogy az anya táplálékának PUFA-tartalma csak az érett tej összetételét befolyásolta. *Xiang és mtsai* (2005) kínai és svéd anyák tejének hosszú szénlancú PUFA-tartalmát vizsgálva elemezték a táplálék hatását a tej összetételére. Az összes PUFA mennyisége a kínai

anyáknál nagyobb volt a svédékéhez képest. Ezen belül az adrenichsav (C22:4 ω -6), valamint az összes ω 6 és ω 3 PUFA aránya szignifikánsan nagyobb volt a kínaiaknál, mint a svédéknél. Az eikozadiénsav és a klupanodonsav viszont a svédéknél volt szignifikánsan nagyobb. Megállapították, hogy a táplálkozás hatására a kínai anyák teje szignifikánsan több PUFA-t tartalmazott (26,02%) mint a svédéké (14,14%). A γ -linolénsav és a DPA kivételével az ω 6 PUFA a kínai anyák tejében szignifikánsan nagyobb koncentrációban, az eikozatriénsav kivételével az ω 3-zsírsvak a kínaiak tejében viszont szignifikánsan kisebb koncentrációban fordultak elő.

Hayat és mtsai. (1999) 19 egészséges, 20–30 év közötti kuvaiti anya tejének PUFA-összetételét vizsgálva megállapították, hogy a hosszú szénláncú PUFA mennyisége függ a táplálék összetételétől, ugyanis azon anyák tejében, akik nagyobb mennyiségű halat fogyasztottak, szignifikánsan nagyobb mennyiségben volt jelen a C22:6, ω 3 és a C20:5, ω 3 zsírsav. Megállapították, hogy az összeszsírsav-tartalom 62,7%-át teszik ki a PUFA-k. *Wijga Alet és mtsai.* (2006) az anyatej összetételét és az allergiás megbetegedések kapcsolatát vizsgálva allergiás és nem allergiás nők esetében megállapították, hogy az allergiás anyák gyermekeinél az anyatejben lévő n-3 hosszú szénláncú PUFA-k mennyisége és az n-3/n-6 arány kapcsolatba hozható a kialakult asztmával és ekcémával, de nem találtak adatot arra vonatkozóan, hogy a tejszír zsírsav-összetétele hajlamosított volna ezen betegségek kialakulására. *Lauritzen és mtsai.* (2006) összehasonlítva a nem atopikus és az atopikus dán anyák tejszírjának összetételét megállapították, hogy az atopikus anyák tejszírja szignifikánsan nagyobb mennyiségben tartalmaz C22:5 n-6 és kisebb koncentrációban C20:5 n-3 zsírsavat. Nem találtak különbséget a két csoport között az anyatej többi PUFA-összetételét illetően, összefüggést találtak viszont a tej PUFA-összetétele és a táplálék hasonló paraméterei között.

Taylor és Francis (2004) a terhesség 31. és 34. hetében szült 9 chilei anya kolosztrumának, átmeneti tejének, valamint érett tejének zsírsav-összetételét vizsgálták a szülés utáni első hónapban. Az anyák Santiago dél-keleti részéből származtak, többnyire alacsony társadalmi osztályhoz tartoztak, rossz szociális helyzetűek voltak. A táplálékuk energiataralmának 20%-a zsírból, 68%-a szénhidrátokból, 12%-a pedig fehérjéből származott, és az anyák által fogyasztott táplálék zsírsav-összetétele is hasonló volt. A PUFA-k közül az n-6-osok 88%-ot, az n-3-asok pedig 12%-ot tettek ki, az n-6/n-3 arány pedig 7,5:1 volt. Az anyatej DHA- és EPA-tartalma magasabb volt, mint a fejlett nyugati, iparosított államokban élő anyáké. *Patin és mtsai.* (2006) a szardíniafogyasztás hatását vizsgálták az érett anyatej ω -3-zsírsav-tartalmára. (A szardíniáról köztudott, hogy sok ω -3 többszörösen telítetlen zsírsavat tartalmaz.) Megállapították, hogy a szoptató anyák halfogyasztása (minimálisan 100 g szardínia kétszer-háromszor hetente) jelentős mértékben megnövelheti az ω -3 zsírsavak mennyiségét az anyatejben (az EPA esetében pl. 0,17%-ról 0,26%-ra),

Picciano (2001) szerint a rövid terhesség megnöveli a hosszúszenláncú PUFA mennyiségét. Befolyásolja még azt az anya tápláléka is, ugyanis amennyiben az alacsony zsírtartalmú, megnövekszik a közepes lánchosszúságú zsírsavak (C6–C10) endogén szintézise, és még befolyással van arra az anya tápláltsági színvonalára is. *Sala-Vila és mtsai.* (2005) granadai normál időre szülő, 66 anya kolosztrumának (1–5 nap), átmeneti tejének (6–15 nap) és érett tejének (15–30 nap) PUFA-összetételét vizsgálták. Meghatározva a foszfolipidek PUFA-tartalmát megállapították, hogy a C20:5 ω -3 (0,34–0,81%) és a C22:2 ω -6 (0,44–0,55%) zsírsavak mennyisége szignifikánsan nőtt a kolosztrumtól az érett tejig, a kolosztrum viszont több C20:3 ω -6 (0,62–0,60%), C22:4 ω -

6 (0,27–0,06%) és C22:5 ω -3 (0,83–0,65%) zsírsavat tartalmazott, mint az érett tej. Összességében az összes ω -3 PUFA mennyisége csökkent a kolosztrumtól az érett tejig (2,69–2,45%), az ω -6 zsírsavak mennyisége viszont nőtt (5,10–5,26%) ebben a periódusban. *Al-Tamer és Mahmood* (2004) a koraszülő és a normál időre szülő anyák tejének összetételét vizsgálva Irakban megállapították, hogy a teljes időre szülő anyák tejében szignifikánsan nagyobb volt a C20:5 n-3 és a C22:6 n-3 zsírsavak mennyisége, és némi növekedés volt tapasztalható az n-3/n-6 arányban. Megállapították, hogy a C22:6 n-3, és az n-3/n-6 arány a koraszülő anyák kolosztrumában alacsonyabb, mint a normál kolosztrumban. A kolosztrum zsírsav-összetételét jelentős mértékben befolyásolja a szérum lipidösszetétele. A közepes hosszúságú zsírsavakban mutatkozó különbség a szérumban és a kolosztrumban rávilágít arra, hogy ezek a zsírsavak a tejmirigyben képződnek. *Minda és mtsai.* (2004) szerint a Pécsen élő anyák tejének n-6 PUFA-tartalma szignifikánsan csökkent; míg az n-3 zsírsavak nagyobb része nem mutatott lényeges változást a laktáció folyamán. *Marangoni és mtsai.* (2000) olasz anyák tejének PUFA-mennyiségében (16–16%) a laktáció 1., 3., 6., 9. és 12. hónapjában szignifikáns eltérést nem tudtak kimutatni.

Koletzko és mtsai. (2001) szerint a különböző hosszú szénláncú többszörösen telítetlen zsírsavak (LC-PUFA) jelentős mennyiségben fordulnak elő az anyatejben. A fejlett iparral rendelkező országokból származó érett tej zsírsav-összetételét vizsgálva megállapították, hogy az összes n-6 LC-PUFA 0,83–1,40% között, az összes n-3 LC-PUFA pedig 0,27–0,48% között változott az összes zsírsav százalékában. A tanulmányokban a zsírsav-összetétel rendkívüli módon hasonlít egymásra függetlenül attól, hogy Európában vagy Afrikában élő anyák tejét vizsgálták. Az LC-PUFA-tartalom szinte teljesen függetlennek látszik az életfeltételektől és a táplálkozástól, független attól, hogy azok lényegesen eltérnek az egyes csoportok között. Az anyatej fő LC-PUFA-ja a C20:4n-6, a C20:3n-6 és a C20:2n-6, amelyek mind az n-6 csoporthoz tartoznak, valamint a DHA (C22:6n-3) és a DPA (C22:5n-3), amelyek az n-3 csoporthoz tartoznak. Az LC-PUFA-tartalom csökken a laktáció első hónapjában, ami nem jelenti azonban azt, hogy a csecsemők kevesebb ilyen típusú zsírsavhoz jutnak, mivel az összeszsír-tartalom jelentős mértékben nő a laktáció során, és a tejjel kiválasztott összes PUFA mennyisége viszonylag állandó marad. Azt gondolják, hogy a kolosztrum magas LC-PUFA-tartalma hasznos lehet az újszülött számára, mivel az elfogyasztott tejmennyiség még kevés, az újszülöttek PUFA-szükséglete viszont, a gyors növekedés miatt, nagy. Néhány n-6 szériába tartozó PUFA, mint a C20:3n-6 és a C22:5n-6 mennyisége szintén csökken a laktáció folyamán. Ennek magyarázatául szolgálhat az, hogy a tejtermelés a laktáció során kiüríti a test LC-PUFA tartalékait, ami a tejszír forrásául szolgálhat. A korán és a normál időre szült anyák tejösszetételét összehasonlítva beszámoltak arról, hogy a korán szülő anyák kolosztruma több LC-PUFA-t tartalmaz, mint az időben szülteké. Az LC-PUFA a laktáció első hónapjában mind a korán, mind az időre szült anyák tejében csökkent. Az anyatejes táplálás óriási előnnyel bír, mind a koraszülött, mind az időre született csecsemőknél, ugyanis annak magas LC-PUFA-tartalma kielégíti az újszülött igényeit élete első heteiben. A laktáció első hónapja után nem figyeltek meg további LC-PUFA-csökkenést a korán szülő anyák tejében, de az időre szülteknél a csökkenés tovább folytatódott.

Fidler és Koletzko (2000) 15 tanulmány összegzését elvégezve megállapították, hogy a PUFA mennyisége hasonló volt a dél-európai országokban (Spanyolország, Franciaország, Szlovénia) élő anyák tejében. A Szent-Lucián élő anyák kolosztruma a magas szénhidrát- és az alacsony zsírtartalmú tápláléknak köszönhetően kevesebb

olajsavat tartalmazott, a bőséges halfogyasztás viszont megnövelte az n-3 LC-PUFA arányát. Az ausztráliai anyák kolosztrumában a legalacsonyabb a PUFA mennyisége, ezzel szemben tejük EPA és összes n-3 LC-PUFA tartalma (0,6%, 0,4%, 1,4%) magasabb, mint az európai anyáknál. Megállapították, hogy az anya kolosztrumának zsírsav-összetételét a geográfiai és a táplálkozásbeli különbségek jelentős mértékben befolyásolják.

Esszenciális zsírsavak

Marangoni és mtsai. (2000) vizsgálatai szerint olasz anyák tejének esszenciális zsírsavai közül a laktáció első, 3., 6., 9. és 12. hónapjában csak az arachidonsav koncentrációja mutatott nagyobb csökkenést (1,0–0,5%); a linolsav (11,9–12,9%), az α -linolénsav (0,6–0,9%), valamint a DHA (0,5–0,3%) mennyisége nem változott a laktáció során. *Glew és mtsai.* (2006) szerint a fulani nomád törzsek és a városi anyák tejének linolsav és α -linolénsav esszenciális zsírsav-tartalmában talált különbségek nem voltak szignifikánsak. Az α -linolénsav átlagos mennyisége (0,77–0,80%) nem különbözött a két populációban; a linolsav mennyisége pedig 6,97–7,83% között változott mind a fuláni, mind a városi anyáknál, és alacsonyabb volt, mint a nem afrikai populációknál, vagy mint a Nigéria déli részén élőkénél. Az arachidonsav mennyisége szignifikánsan nagyobb volt a vidéki (0,62%), mint a városi anyáknál (0,48%). *Silva és mtsai.* (2005) brazil anyák érett tejének esszenciáliszsírsav-összetételét vizsgálva megállapították, hogy a PUFA-k legnagyobb mennyiségét a linolsav és az α -linolénsav alkotja 20,3% és 1,43% koncentrációban. Az arachidonsav koncentrációja 0,53%, a DHA-é pedig 0,14%, ami tökéletesen megfelel az újszülött szükségleteinek. Megállapították, hogy Brazília Vicosa tartományában élő anyák tejszíre nagy mennyiségű linolsavat és α -linolénsavat tartalmaz, összefüggésben a táplálék magas PUFA-t tartalmazó olajtartalmával. Megállapítják azt is, hogy a táplálék zsírsav-összetétele jelentős mértékben befolyásolja az anyatej zsírsav-összetételét. *Hayat és mtsai.* (1999) 19 egészséges, 20–30 év közötti kuvaiti anya tejének esszenciális zsírsav-összetételét vizsgálták. A tej összetételét jelentős mértékben befolyásolta az anyák ételmiszerfogyasztása, ugyanis a linolsav és a linolénsav koncentrációja szignifikánsan függött a táplálék összetételétől. A különböző nemzetiségű anyák tejének linolsavtartalmát összehasonlítva azt tapasztalták, hogy a spanyol anyák teje 12,02%, a németeké 10,8%, az ausztrálké pedig 11,0% linolsavat tartalmaz. Az α -linolénsav (ω 3) koncentrációja az arab anyáknál 0,3–2,4%, a német anyáknál pedig 0,8–1,2% között alakult. Levonták azt a következtetést, hogy a megfelelően táplált anyák tejének zsírsavtartalma jól kielégíti az újszülött szükségleteit.

Knox és mtsai. (2000) 89 nigériai (Kanuri) anya tejének zsírsav-összetételét analizálva arra voltak kíváncsiak, hogy milyen összefüggés van a táplálkozási színvonal, valamint a tejben levő esszenciális zsírsavak mennyisége között. Az anyákat a testtömegindex alapján csoportosítva megállapították, hogy a jól táplált csoportban az n3 és az n6 zsírsavak aránya, a linolénsav és a dokozahexaénsav kivételével, nem különbözött lényegesen a kevésbé jól táplált csoportokétól. Megállapították azt is, hogy az alultáplált anyáknál más mechanizmus segíti az esszenciális zsírsavak tejszírba jutását, mint a jól táplált anyáknál. *Roquelin és mtsai.* (1998a) a kongói anyák tejének esszenciáliszsírsav-összetételét vizsgálták, különös tekintettel az anya tápláltsági színvonalára és az újszülött esszenciáliszsírsav-szükségletének kielégítésére. A laktáció 5. hónapjában lévő kongói nők tejében relatíve magas volt a többszörösen telítetlen zsírsavak mennyisége, különösen az n-3 zsírsavaké (2,39%), amelyek főként C18:3 és C22:6 zsírsavakból álltak. A zsírsav-összetételt kapcsolatba hozták a magas

szénhidráttartalmú táplálékok, az n-6 valamint az n-3 zsírsavakban gazdag édesvízi és sósvízi halak, a növényi olajok, zöldségek és a magas zsirtartalmú gyümölcsök (mogyoró, avokádó) fogyasztásával, mely élelmiszerek tradicionálisak Kongóban. Összességében megállapították, hogy a kongói nők tejének zsirtartalma és a zsír zsírsav-összetétele jelentős mértékben függ az anya táplálkozásától.

Marín és mtsai. (2005) az argentinai La Plata-ban élő elhízott, kövér, valamint normál alkatú anyák tejének linolsav-tartalmát 6,61; 19,12 és 22,71%-nak mérték. Összehasonlítva az argentin, az amerikai, a japán, valamint a kínai anyák tejének PUFA-tartalmát azt tapasztalták, hogy az argentin anyák teje több C18:2 n-6 és C18:3 n-3 zsírsavat tartalmaz, mint a máshol élők. *Schmeits és mtsai.* (1999) 48 Nepál vidéki tartományában élő anya tejének zsírsav-összetételét 2–4 héttel a szülés után meghatározva megállapították, hogy az anyatej linolsav-koncentrációja igen alacsony (7,91%), az α -linolénsav-koncentrációja viszont viszonylag magas (1,93%), az arachidonsavra 0,35%-ot, a dokozaheptaénsavra pedig 0,21%-ot mértek az összes zsírsav százalékában. A foszfolipid 6,8%-át a két esszenciális zsírsav tette ki, és 23% tartozott a C10:0–C14:0 tartományba. Az arachidonsav 0,57%, a dokozaheptaénsav pedig 0,78%-ban van jelen a foszfolipidekben. Arra a következtetésre jutottak, hogy a nepáli anyák tejének alacsony linolsav-tartalma a táplálék alacsony linolsav-tartalmával van kapcsolatban. *Boylan és mtsai.* (1999) az alacsony jövedelmű anyák tejének összetételét vizsgálták az USA Texas államában olyan környezetben, ahol a halfogyasztás nagyon ritka. 22 anyától, azonos módon, a laktáció 8. és 11. napja között vettek tejmintát, és összeírták azokat az élelmiszereket, amelyeket 24 órával a mintavétel előtt fogyasztottak. Az anyatej zsírsav-összetételét vizsgálva megállapították, hogy a tejszír dokozaheptaénsav-tartalma rendkívül alacsony; 0,08% az irodalomban közölt 0,2–0,4%-kal szemben, míg a linolsav-, az α -linolénsav- és az egyéb zsírsav-tartalom hasonló volt az irodalmi adatokhoz. Megállapították, hogy azon texasi anyáknál, akik kevés zöldséget, gyümölcsöt, tejet és halat fogyasztottak, kevés volt a tejszír dokozaheptaénsav-tartalma. *Glew és mtsai.* (2001) a nepáli anyák tejének esszenciáliszsírsav-összetételét vizsgálva összefüggést kerestek a szérum foszfolipidjeinek esszenciáliszsírsav-összetétele és az olvadáspont között. 36, 15–32 év közötti anyától vettek tej- és szérummintát, és meghatározták a foszfolipid frakció zsírsav-összetételét. A tej lipidjeinek α -linolénsav-tartalmát 1,84%-nak, arachidonsav-tartalmát 0,43%-nak, dokozaheptaénsav-tartalmát 0,23%-nak, linolsav-tartalmát pedig 9,05%-nak mérték. A szérumfoszfolipidek és a tejszír esetében pozitív összefüggést állapítottak meg az arachidonsav- és az α -linolénsav-tartalom között. Megállapították, hogy a szoptató anyák vérének arachidonsav- és α -linolénsav-tartalma jelentős mértékben befolyásolja a tejszír zsírsav-összetételét.

Xiang és mtsai. (1999) Észak-Kína vidéki környezetében élő 41 anya tejének hosszúszenlácú, esszenciáliszsírsav-összetételét határozták meg. A linolsav- (21,47–22,69%) és az α -linolénsav- (1,19–1,29%) koncentrációját igen magasnak találták az anyatejben. A linolsav és α -linolénsav arányát 21,6-nak mérték, ami lényegesen nagyobb volt, mint amiről más országok esetében beszámoltak. Az arachidonsav (0,51–0,63%) és a dokozaheptaénsav (0,18–0,33%) koncentrációja alacsony volt, és mindkettő pozitív összefüggésben volt a csecsemő harmadik hónapi tömegével. Az arachidonsav:dokozaheptaénsav arány sokkal magasabb volt (2,8), mint amit a vegetáriánus anyák esetében találtak. Az arachidonsav és különösen a dokozaheptaénsav koncentrációja jelentős mértékben csökkent a laktáció során. *Taylor és Francis* (2004) szerint a chilei anyák tejének dokozaheptaénsav-tartalmát szignifikáns módon befolyásolja a helyi étrend. *Fidler és mtsai.* (2000) az élelmiszer megnövelt dokozaheptaénsav-tartalmának anyatejbe történő átmenetét vizsgálva megállapították,

hogy két héttel a dokozahexaénsav-kiegészítést követően a kiegészítést kapó csoportnál majdnem kétszeresére megnőtt annak koncentrációja a kontrollhoz képest. Kísérletükből azt a következtetést vonták le, hogy a dokozahexaénsav-kiegészítés az anya táplálékában jelentős mértékben megnöveli annak koncentrációját az anyatejben. *Hibbeln* (2002) az anyatej dokozahexaénsav-tartalmát vizsgálva különféle tengeri eredetű élelmiszerek fogyasztása hatására megállapította, hogy a tengeri eredetű élelmiszerek némiképp megnövelik az anyatej dokozahexaénsav-tartalmát, és mind a tengeri eredetű élelmiszerfogyasztást, mind az anyatej dokozahexaénsav-tartalmát kapcsolatba hozta az anyák szülés utáni depressziójával. *Brenna és mtsai.* (2007) 106 anya tejének hosszúszenlancú zsírsav-összetételét vizsgálva a dokozahexaénsav-tartalmat átlag 0,23–0,32%-nak (szélső értékek 0,06 és 1,4%), az arachidonsav-tartalmat pedig 0,13–0,47%-nak (szélső értékek: 0,04–1,00%) mérték. Szignifikáns összefüggést állapítottak meg a dokozahexaénsav és az arachidonsav változása között. *Xiang és mtsai.* (2005) kínai és svéd anyák tejének esszenciáliszsírsav-tartalmát vizsgálva elemezték a táplálék hatását a tej összetételére. A linolsav-bevitel a kínai anyáknál 14,06, míg a svédekéknél 9,91 g/nap volt, és a linolsav és az α -linolénsav aránya szignifikánsan nagyobb volt a kínaiaknál, mint a svédekéknél. A linolsav koncentrációja a kínai anyák tejében szignifikánsan nagyobb (22,69%) volt, mint a svéd anyáknál (10,93%); az α -linolénsav koncentrációja viszont a kínai anyák tejében volt kisebb (1,19%), mint a svédekéknél (1,60%). Megállapították azt is, hogy a linolsav/ α -linolénsav arány jóval magasabb a kínai anyák tejében (22,97), mint a svédekében (7,50), és nagyobb az arachidonsav/dokozahexaénsav arány is (3,14; 1,56). A táplálék dokozahexaénsav-tartalma pozitív hatással volt mind a kínai, mind a svéd anyák tejének összetételére.

Sala-Vila és mtsai. (2005) 66 granadai, normál időre szülő anya kolosztrumának (1–5 nap), átmeneti tejének (6–15 nap) és érett tejének (15–30 nap) zsírsav-összetételét vizsgálták. Meghatározva a foszfolipidek esszenciáliszsírsav-tartalmát megállapították, hogy a C18:2 ω -6 (16,16–18,57%), a C18:3 ω -3 (0,17–0,27%), és a C20:4 ω -6 (3,66–3,95%) zsírsavak mennyisége szignifikánsan nőtt a kolosztrumtól az érett tejig, a kolosztrum viszont több C22:6 ω -3 (1,53–0,97%) zsírsavat tartalmazott, mint az érett tej. A granadai anyák teje lényegében nem különbözik a más világrészekeken vizsgált anyák tejének átlagos zsírsav-összetételétől, csak kevesebb arachidonsavat tartalmaz (0,2%), mint például a német anyák teje (1,0%). *López-López és mtsai.* (2001) két direkt módszert összehasonlítva a metilészterekké átalakított zsírsavakat kapilláris gázkromatográfiával határozták meg humán kolosztrumból. A dokozahexaénsav esetében a két módszerrel mért eredmény 112,3 és 114,6 $\mu\text{g}/100 \mu\text{l}$, az arachidonsav esetében pedig 195,3 és 194,7 $\mu\text{g}/100 \mu\text{l}$ volt. A humán kolosztrumban a linolsav koncentrációját 18,25–18,38%-nak mérték. *Fidler és mtsai.* (2001) szlovéniai, városban és vidéken élő anyák kolosztrumának esszenciáliszsírsav-összetételét vizsgálták, amely a linolsav esetében (18:2 n-6) 15,26%, az α -linolénsavnál (18:3 n-3) 0,91%, a dokozahexaénsav esetében (22:6 n-3) 0,43%, az arachidonsavnál pedig (20:4 n-6) 1,03% volt.

Serra és mtsai. (1997) étvágy szerint táplálkozó olasz anyák tejének esszenciáliszsírsav-összetételét vizsgálva megállapították, hogy a laktáció előrehaladtával szignifikánsan csökkent az arachidonsav és a dokozahexaénsav mennyisége. Az érett tejben a linolsav mennyisége 9,79%-ot, az α -linolénsavé pedig 0,36%-ot tett ki. *Laryea és mtsai.* (1995) szerint a szudáni anyák tejsírjának esszenciális linolénsav-tartalma (18,28%) hasonló, mint amit a fejlett országokban élő anyáké, a C22:6 n-3 zsírsav koncentrációja viszont nagyon alacsony volt a tejsírban. *Bahrami és Rahimi* (2005) nyugat iráni anyák tejének esszenciáliszsírsav-tartalmát vizsgálva,

megállapították, hogy a linolsav 13,8%-ot, a linolénsav 1,1%-ot, az arachidonsav pedig 1,4%-ot tesz ki a tej összes zsírsavaiból. *Koletzko és mtsai.* (2001) szerint az arachidonsav a legtöbb tanulmányban 0,4–0,6%, a dokozahexaénsav pedig 0,2–0,4% között változik. Megállapították, hogy a különböző kutatások nem találtak lényeges különbséget az anyatej linolsav- és α -linolénsav-tartalmában függetlenül az anyák élőhelyétől. Az anyatej esszenciális linolsav- és α -linolénsav-tartalma növekszik a tej érésével, az arachidonsav viszont 38%-kal, a dokozahexaénsav pedig 50%-kal csökken a laktáció első hónapjában. A DHA-tartalom körülbelül 20%-kal csökken a laktáció 6. és 16. hete között, és a továbbiakban nem változik a laktáció 30. hetéig.

Fidler és Koletzko (2000) 15 tanulmány összegzését végezték el, melyek a világ 16 régiójából származó anyák kolosztrumának zsírsav-összetételével foglalkoznak. Megállapították, hogy az esszenciális zsírsavak mennyisége hasonló volt a dél-európai országokban (Spanyolország, Franciaország, Szlovénia). A Szent-Lucián élők anyák esetében a bőséges halfogyasztás megnövelte a dokozahexaénsav mennyiségét. Összehasonlítva a dokozahexaénsav koncentrációját a különböző régiókban élő anyáknál megállapítható, hogy az az olasz, valamint a német anyák kolosztrumában volt a legalacsonyabb (0,1–0,2%), majd a spanyol, szlovén, svéd, francia, panamai, kínai és ausztráliai anyák következtek (0,4–0,7%), és legnagyobb volt a Szent-Lucián élők anyák kolosztrumában (1,0–1,1%). Két francia tanulmányban (*Guesnet és mtsai.*, 1993; *Martin és mtsai.*, 1991) leírták, hogy két éves periódus alatt gyakorlatilag nem változott a kolosztrum zsírsav-összetétele, ezzel szemben két német tanulmány (*Genzel és mtsai.*, 1997; *Harzer és mtsai.*, 1983) is beszámolt arról, hogy 14 év alatt nőtt a kolosztrum dokozahexaénsav- és arachidonsav-tartalma. *Pita és mtsai.* (1985) 13 évre kiterjedő spanyol tanulmánya szerint a kolosztrum α -linolénsav-tartalma csökkent a kísérlet ideje alatt. *Gibson és Kneebone* (1980) szerint az ausztráliai anyák kolosztrumában volt a legalacsonyabb a linolsav (7,8%) és az α -linolénsav (0,4%) mennyisége. Fentiekkel ellentétben az ausztrál anyák tejének dokozahexaénsav-tartalma (0,6%) magasabb volt, mint az európai anyák esetében. Levonták azt a következtetést, miszerint az anya kolosztrumának zsírsav-összetételét a geográfiai és a táplálkozásbeli különbségek jelentős mértékben befolyásolják.

Patin és mtsai. (2006) a szardíniafogyasztás hatását vizsgálták az érett anyatej esszenciáliszsírsav-tartalmára. Az anyákat szardíniafogyasztás tekintetében két csoportra osztották. Az első csoportba azon anyák tartoztak, akik a mintavétel előtti három napon belül, a második csoportba pedig azok, akik a mintavétel előtt négy nappal fogyasztottak szardíniát. Megállapították, hogy szignifikáns különbség van a dokozahexaénsav esetében mindhárom mintavételi időpontban (1. nap, 15. nap, 30. nap) a csoportokon belül (1-csoport: 0,35%, 0,61%, 0,67%, 2-csoport: 0,44%, 0,45%, 0,41%). Az ω -6 zsírsavak esetében lényeges különbséget a két csoport között csak a linolsav-koncentrációban tudtak kimutatni, mindhárom mintavételi időpontnál (1-csoport: 21,48%, 22,59%, 24,11%, 2-csoport: 21,05%, 19,63%, 20,88%). Az arachidonsav, valamint a linolénsav esetében csak kisebb eltérések voltak a két csoport között. A laktáció folyamán vizsgálva az ω -6 zsírsavak koncentrációjának változását megállapították, hogy mindkét csoport esetében csak a linolsav koncentrációja nőtt, a linolénsav és az arachidonsav koncentrációja pedig csökkent.

Picciano (2001) szerint az anyatej esszenciális zsírsavainak felszívódása az újszülött szempontjából nemcsak az energiaellátás miatt fontos, hanem azért is, mert ezek hozzájárulnak a retina és az idegszövet kialakulásához. Az anyatej gazdag forrása a linolsavnak (8–17%), az α -linolénsavnak (0,5–1%), valamint a hosszúszerűláncú

zsírsavaknak, az arachidonsavnak (0,5–0,7%) és a dokozaheksaénsavnak (0,2–0,5%). *Minda és mtsai.* (2004) Pécsen élő anyák tejének esszenciáliszsírsav-tartalmát vizsgálva megállapították, hogy az esszenciális zsírsavak közül, a linolsav mennyisége csökken a laktáció negyedik napjáig (15,00–13,46%), majd szignifikánsan emelkedik a laktáció 28. napjáig (15,12–17,24%). Az arachidonsav mennyisége (1,09–0,41%) szignifikánsan csökken; az α -linolénsavé nő (0,49–0,67%), a többi zsírsav pedig nem mutat lényeges változást a szülés utáni 1–28. nap alatt. Szerintük a magyar anyák tejének dokozaheksaénsav-tartalma kisebb, mint számos más populációé.

TRANSZ-ZSÍRSAVAK

Glew és mtsai. (2006) az észak-nigériai fulani nomád törzsek és a városi anyák tejének transzszsírsav-tartalmát vizsgálták. A 41 fulani szoptató és a 41 városi anyával végzett kísérlet fő célja az volt, hogy összehasonlítsák a vidéki és a városi nők tejsírjának összetételét. A fulaniak főként csak tehéntől származó tejterméket fogyasztottak, melynek transzszírsav-tartalma alacsonyabb, mint a városi anyáké, akik élelmiszer adagja csak kevés tejterméket tartalmazott. Meglepetésre elképzelésük, miszerint a különböző táplálkozás különböző tejsír zsírsav-összetételt eredményez, nem valósult meg, hisz a transz-zsírsavakat illetően nem volt különbség az anyák két csoportja között. A transzszírsav-tartalom a fulani anyák tejében 0,22%-ot, a városi anyák tejében pedig 0,34%-ot tett ki. A t11-C18:1 vakcénsav több mint 85%-át tette ki a transz C18:1 zsírsavaknak mindkét csoportnál, a rumeniksav (c9,t11-C18:2) izomer viszont kb. 40%-át tette ki a konjugált linolsavaknak mindkét populációban. A transz-zsírsavak átlagos mennyisége mindkét nigériai populációban (0,22–0,32%) 7–10-szer kisebb volt, mint a francia anyáké, vagy mint a többi fejlett országokban élőké.

Jahreis és mtsai. (1999) analizálva a tehén, a kecske, a juh, a koca, a kanca és az anyatej transz-vakcénsav-tartalmát megállapították, hogy annak koncentrációja mindegyik kérődző tejében évszaktól függően változott. *Silva és mtsai.* (2005) szerint brazil anyák érett tejének transzszírsav-tartalma csak 2,3%, ami igen alacsony a máshol vizsgált anyatejmintákhoz képest. *Hayat és mtsai.* (1999) 19 egészséges, 20–30 év közötti kuvaiti anya tejének 14:1t, C16:1t, C17:1t, C18:1t, C20:1t, és C18:2t transzszírsav-tartalmára összesen 2,8%-ot kaptak. Eredményeiket összehasonlítva a kanadai, valamint a német anyák tejének transzszírsav-tartalmával (7,2%, 4,4%) megállapítható, hogy a kuvaiti anyák tejének transzszírsav-tartalma a legalacsonyabb, amelyet regionális különbségnek tulajdonítottak. *Wijga és mtsai.* (2006) az anyatej összetételét és az allergiás megbetegedések kapcsolatát vizsgálva allergiás és nem allergiás nők esetében megállapították, hogy az allergiás anyák gyermekeinél az anyatejben lévő transz-zsírsavak mennyisége kapcsolatba hozható az allergiás tünetekkel, míg a nem allergiás anyák gyermekeinél ilyen kapcsolatot nem tudtak kimutatni.

Chen és mtsai. (1995) a kanadai anyák tejének transzszírsav-izomereit vizsgálva 98 anyától gyűjtöttek tejmintát 3–4 héttel a szülés után. A transz-zsírsavak átlagos koncentrációját 7,19%-nak találták, ahol az alsó határ 0,10; a felső pedig 17,15% volt. A 198 mintából 25 tartalmazott 10%-nál több transz-zsírsavat, és 13 minta tartalmazott kevesebbet, mint 4%. A linolsav összes transz-izomere 0,89%-ban volt jelen a tejsírban, mely izomerek közül legnagyobb koncentrációt a C18:2 c9t13 képviselte, melyet a c9t12 és a c12t9 követett. Az eredmények alapján a kanadai szoptató anyák átlagos napi transzszírsav-fogyasztását 10,6 g-nak becsülték személyenként, de voltak akik akár 20,3

g transz-izomert is fogyasztottak. A C18:1 transz-izomerek aránya az anyatejben különbözött a tehéntejtől, és rendkívüli mértékben hasonlított a részlegesen hidrogénezett szója- és a napraforgóolajhoz, mely megerősítette azt a feltételezést, hogy a transz-zsírsavak fő forrásai részlegesen hidrogénezett növényi olajok.

Precht és Molkentin (1999) 40 német anya tejének linolsav-, linolénsav-, olajsav- és transzzsír-sav-tartalmát vizsgálták. A C18:1 t11 zsír-sav mennyiségét 2,4%-nak mérték. A tejből azonosították a C18 t4 (0,02%); a t5 (0,02%); a t6-8 (0,21%); a t9 (0,37%); a t10 (0,32%); a t11 (0,68%); a t12 (0,23%); a t13 (0,15%); a t14 (0,18%); a t15 (0,09%) és a t16 (0,14%) egy telítetlen kötést tartalmazó zsír-sav-izomereket, melyek közül a vakcénsav volt a domináns. Azonosították a tC14:1 (0,08%) és a tC16:1 (0,15%) zsír-savakat is. További 6 cisz- és transz linolsav-izomert azonosítottak, melyeknek összes mennyisége 1,07% volt, és azonosítottak még négy transz- α -linolénsav-izomert is, melyek összes koncentrációja 0,11%-ot tett ki. Összességében a német anyák tejének tejszírsója 3,81% transz-zsír-savat tartalmazott, ahol a szélső értékek 2,38 és 6,03% voltak. Közvetlen kapcsolatot állapítottak meg az élelmiszerek transz 18:1 zsír-sav-tartalma és az anyatej lipidek összetétele között. A zsír-savak mennyisége a következő volt: C12:0 3,12%; C14:0 6,43%; C16:0 25,28%; C18:0 7,41%; C18:1 (összes) 33,67%; C18:2 (összes) 10,63% és az α -C18:3 0,87%.

Bahrani és Rahimi (2005) nyugati iráni anyák tejének zsír-sav-összetételét hasonlítva az európai és az amerikai anyákéhoz megállapították, hogy az iráni anyák teje sok közepes szénláncú és transz-zsír-savat tartalmaz, ami az alacsony állati fehérje- és állatizsír-fogyasztással, a magas szénhidrát-fogyasztással és a részlegesen hidrogénezett, sok transz-zsír-savat tartalmazó növényi olajok fogyasztásával magyarázható. Javasolják, hogy a transz-zsír-savak káros hatásának megelőzésére az iráni anyák kevesebb transzzsír-sav-tartalmú élelmiszereket fogyasszanak. *Minda és mtsai.* (2004) szerint Pécsen élő anyák tejének transzzsír-sav-tartalma nem változott a laktáció során.

KONJUGÁLT LINOLSAVAK

Glew és mtsai. (2006) fulani nomád törzsek és városi anyák tejének konjugáltlinolsav-tartalmát (CLA) vizsgálva összehasonlították a fulani vidéki és városi nők tejszírsójának összetételét. A fulaniak főként csak tehéntől származó tejterméket fogyasztottak, melynek CLA-tartalma magasabb, mint a városi anyáké, akik élelmiszeradagja csak kevés tejterméket tartalmazott. Meglepetésre, a különböző táplálkozás hatására sem volt különbség a CLA-t illetően az anyák két csoportja között. A CLA-tartalom a fulani anyák tejében 0,16%-ot, a városi anyák tejében pedig 0,14%-ot tett ki. *Mosley és mtsai.* (2006) a cisz9,transz11-CLA szintézisét tanulmányozták szoptató anyáknál vakcénsavból. 25 mg/testtömegkilogram transz11-vaccénsav fogyasztását követő 8 óra múlva a tej átlagos vaccénsav-tartalma 3,1% volt, maximumát pedig a 18. órában érte el 7,6%-kal. A vaccénsavval kiegészített diétát fogyasztók tejének c9,t11-CLA-tartalma a 18. órában érte el maximumát 0,4%-kal, megerősítve azt a feltételezést, miszerint a vaccénsavból a Δ -9-deszaturáz enzim konjugált linolsavat alakít ki. Megállapították, hogy a tej c9,t11-CLA-tartalmának mintegy 10%-a a tejmirigyben képződik vaccénsavból.

Bertschi és mtsai. (2005) német anyáknál az alpesi vaj fogyasztásának hatását vizsgálták az anyatej CLA-tartalmára és a CLA-izomerekre. Az anyák első csoportja normál diétát fogyasztott a szülés utáni 20. napig, melyet az 1–10. nap között 40 g/nap margarinnal egészítettek ki, a 11–20. nap között pedig még plusz 30 g alpesi vajat kaptak naponta három részletben, amelynek 100 g-jában 2,09 g CLA volt, ami megfelel mintegy 0,5 g napi CLA-bevitelnek. A második csoportba a normál táplálkozású anyák

tartoztak, akik az 1–10 nap között 30 g/nap margarint, a 11–20. nap között pedig 40 g/nap alpesi vaját kaptak négy egyenlő részletben. Megállapították, hogy az alpesi vajkiegészítés hatására megnőtt az anyatej CLA-tartalma. A c9,t11-CLA-izomer mennyisége 49,7%-kal nőtt, és ugyancsak szignifikáns növekedés volt tapasztalható a t9,t11; a t7,c9; a t11,c13 és a t8,c10 izomereknél is. A maradék kilenc izomer nem mutatott változást, koncentrációjuk kisebb volt 5 mg/100 g zsírnál. Kísérleteikből levonták azt a következtetést, hogy az anyák alpesi vaj fogyasztásával tudatosan befolyásolhatják az anyatej CLA-tartalmát.

McGuire és mtsai. (1997) az anyatej és a tejpótló tápszerek CLA-tartalmát vizsgálva megállapították, hogy az összes tejminta mérhető koncentrációban tartalmazta a c9,t11 CLA-izomert, aminek koncentrációja 2,23–5,43 mg/g között változott, ahol az átlag és a szórás 3,64±0,93 mg/g zsír volt. Az összes CLA-tartalmon belül a c9,t11-izomer 83–100%-ot tett ki, és a 14 minta közül nyolc esetben csak ezt az izomert sikerült azonosítani. Nem találtak összefüggést sem zsír, sem tej alapon számolva a szülés után eltelt idő szerint az anyatej CLA-tartalmában. Megállapították, hogy az anyatej összes CLA-tartalma, beleértve a c9,t11-izomert is, lényegesen nagyobb, mint a tejpótló tápszereké. *Jahreis és mtsai.* (1999) a CLA c9,t11-izomerjének rákellenes hatását felismerve, analizálták a tehén, a kecske, a juh, a koca, a kanca és az anyatej összetételét. Megállapították, hogy minden faj tejében a c9,t11 CLA-izomer fordul elő döntő többségben, melynek mennyisége fajtától függően 0,07–1,35% között változik a zsírsav metil-észterek relatív tömegszázalékában. Mivel a bendő mikroflórája befolyással van a linolsav izomerizációjára, ezért a takarmányozás és az évszak hatását is figyelembe vették vizsgálataik során. A CLA-tartalom mindegyik kérődző tejében évszaktól függően változott (1,28% júliusban; 0,54% márciusban). A kérődző állatok közül a juhteje volt leggazdagabb CLA-ban (1,1%), majd a tehén (1,0%), valamint a kecske következett (0,64%). A nemkérődzők közül a kanca teje tartalmazott legkevesebb (0,09%) CLA-t, míg a kocáé 0,2% volt. Az anyatej szignifikánsan több konjugált-linolsavat tartalmazott (0,42%), mint a monogasztrikus háziállatoké. Az anyatej CLA-tartalmában különbséget találtak a tejet fogyasztó- és nem fogyasztó anyák között. Összehasonlítva az egyes fajoknál mért CLA-tartalmat megállapították, hogy az anya teje a nemkérődzők (kanca, koca) és a kérődzők (kecske, tehén, juh) között foglal helyet.

Marangoni és mtsai. (2002) az anyatej és az anyai plazma esszenciáliszsírsav-összetételét vizsgálva a laktáció 1. és 3. hónapja alatt szignifikáns összefüggést kaptak a linolsav és az α -linolénsav esetében a tej és a plazma összetétele között, míg az arachidonsav és a dokozahexaénsav esetében csak a harmadik hónapban kaptak szignifikáns összefüggést. Levonták azt a következtetést, hogy a linolsav és a linolénsav esetében szoros összefüggés van a plazma- és a tej összetétele között. *Precht és Molquentin* (1999) 40 német anya tejének CLA-tartalmát vizsgálva a fő CLA-izomer (c9t11) mennyiségét 0,4%-nak mérték.

KOLESZTERIN

Clark és mtsai. (1982) 10 anyától a laktáció 2., 6., 12. és 16. hetében vettek tejmintát, és meghatározták annak összeskoleszterin- és szabadkoleszterin-tartalmát. A tej átlagos koleszterin- és a szabadkoleszterin-tartalmát 10,3 és 8,3 mg/100 ml-nek mérték, mely értékek nem változtak szignifikánsan a szülés utáni idő függvényében. *Koletzko és mtsai.* (2001) szerint az anyatej magas koleszterintartalmú (10–20 mg/dl, 250–500 mg/100 g zsír). A koleszterin 90,1%-a az összes szterolnak, amit a dezmoszterol követ 8,6%-kal, a

fitoszterolok mennyisége pedig elhanyagolható. Az anya tápláléka úgy tűnik nem befolyásolja a tej koleszterintartalmát. Az anyatejjel táplált gyerekek naponta mintegy 25 mg koleszterinhez jutnak testtömegkilogrammonként, ami a felnőtteknél 4 mg körül van. A plazma koleszterinszintje a szoptatott csecsemőknél magasabb, mint a tejpótló tápszerrel neveltéké, de nem találtak kapcsolatot a szoptatás utáni plazmalipid-szintben attól függően, hogy a csecsemő szopott vagy tápszert kapott. *Picciano* (2001) szerint az anyatej koleszterintartalma a laktáció kezdetén alacsony, ami a laktáció során fokozatosan emelkedik.

Bitman és mtsai. (1986) az anyatej koleszterintartalmát vizsgálva a szülés után két-három nappal, valamint a laktáció 7., 21. és 42. napján vettek 18 nagyon korán szülő (a terhesség 26–30. hetében), 28 koraszülő (31–36 héten) és 6 normál időben (37–47 héten) szülő anyától tejet. A laktáció során az összes koleszterin és a koleszterin-észterek koncentrációja a kolosztrumban mért 5 mg/l-ről az érett tejben 1 mg/l-re csökkent. A koleszterin-észterek zsírsav-összetétele mindhárom csoportnál hasonló volt a szülést követően. A koleszterinnel észterészített zsírsavak tömegszázalékos arányára a következőket kapták: 10:0, 0,7%; 12:0, 2,6%; 14:0, 2,3%; 16:0, 11,4%; 16:1, 5,0%; 18:0, 8,8%; 18:1, 32,9%; 18:2, 30,6%; 18:3, 1,7%; 20:3, 0,9% és a 20:4, 1,8%. A telítetlen zsírsavak aránya a koleszterin zsírsav-észterekben 73%-ot tett ki, ami lényegesen nagyobb, mint a tej trigliceridekben. A legnagyobb különbséget a linolsav-tartalomban kapták, ami 30,6% volt a koleszterin-észterekben és 13% volt a tejsírban. Az eredményekből levonták azt a következtetést, hogy a koleszterin-észterek zsírsav-összetételében a telítetlen zsírsavak dominálnak, és hogy a koleszterin-észterek zsírsav-összetétele jelentős mértékben különbözik a tejsír zsírsav-összetételétől.

Clark és Hundrieser (1989) az anyatej koleszterin-észtereit hasonlította az összes lipidtartalomhoz. 25 tejmintát vizsgáltak összes lipidre, összes koleszterinre és szabad koleszterinre, a koleszterin-észtereket és a triglicerideket izolálták, és meghatározták mindegyik frakció zsírsav-összetételét. Az anyatej összes koleszterin-tartalma 13,5 mg/l volt, mely szignifikáns pozitív kapcsolatot mutatott a tej összes zsírtartalmával. A szabad koleszterin átlaga 10,9 mg/l, ami szintén szignifikáns pozitív összefüggésben volt az összes zsírtartalommal. Ahogy az összes zsírtartalom mennyisége emelkedett, a koleszterin-észterek zsírsav-összetétele a telített zsírsavak irányába tolódott el. A legnagyobb változásokat a linolsav és az arachidonsav esetében tapasztalták, melyek negatív összefüggésben voltak az összes lipidtartalommal. A trigliceridek zsírsav-tartalma semmiféle összefüggést nem mutatott az összes zsírsav-tartalommal. Az eredményekből azt a következtetést vonták le, hogy a koleszterin-észterek zsírsav-összetétele és a trigliceridek zsírsav-összetétele jelentős mértékben különbözik.

FOSZFOLIPIDEK

Clark és mtsai. (1982) 10 anyától a laktáció 2., 6., 12. és 16. hetében vett tej foszfolipid-tartalmát vizsgálva annak átlagos mennyiségét 3,9 mg/100 ml-nek mérték, mely változatlan maradt a vizsgált időszakban. *Picciano* (2001) szerint az anyatej foszfolipid-tartalma a laktáció korai szakaszában kisebb, a laktáció során viszont nő. *Koletzko és mtsai.* (2001) szerint a tej foszfolipid-koncentrációja 25 mg/dl, illetve 0,6 g/100 g lipid. A foszfolipideken belül a foszfatidil-kolin 28,4%-ot, a foszfatidil-etanol-amin 27,7%-ot, a foszfatidil-szerin 8,8%-ot, a foszfatidil-inozitol 6,1%-ot, a szfingomielin pedig 37,5%-ot tesz ki. A foszfolipidek emulzióképző tulajdonságúak, hozzájárulnak a tejsírgolyócskák stabilitásához. A szfingo- és glikolipidek, valamint a gangliozidok a baktériumtoxinok megkötésével hozzájárulnak a szervezet védekező mechanizmusához.

TRIGLICERIDEK

Moreira és *mtsai*. (2003) az érett anyatej trigliceridjeit és a trigliceridek zsírsav-összetételét vizsgálták 40 anya tejében. Különböző statisztikai módszerekkel elemezve a kapott eredményeket megállapították, hogy az anyatej triglicerid-tartalma és a trigliceridek zsírsav-összetétele relatíve stabil, minimális változékonyságot mutatott annak ellenére, hogy a statisztikai elemzést követően azokat különböző csoportokba tudták osztani. A trigliceridek koncentrációja és a zsír zsírsav-összetétele között néhány esetben szignifikáns összefüggést tudtak kimutatni. Megállapították, hogy az anyatejben levő trigliceridek tulajdonságait olyan külső faktorok, mint a táplálkozás, a tápláltsági szint, a laktáció hossza és a napszak, jelentős mértékben befolyásolják. Ennek ellenére néhány trigliceridet az érett anyatej markerének lehet tekinteni, mivel ezek koncentrációját a rendkívül eltérő mintavételi körülmények sem befolyásolták. *Picciano* (2001) szerint az anyatejben a lipidek jelentik a tej legfontosabb energiát adó vegyületeit, melyek 97–98%-a trigliceridek formájában fordulnak elő. A trigliceridek zsírsav-tartalma mintegy 88%-ot tesz ki.

IRODALOM

- Al-Tamer, Y.Y., Mahmood, A.A. (2004): Fatty-acid composition of the colostrums and serum of fullterm and preterm delivering Iraqi mothers. *Eur. J. Clin. Nutr.*, 58. 8. 1119-1124.
- Bahrami, G., Rahimi, Z. (2005): Fatty acid composition of human milk in Western Iran. *Eur. J. Clin. Nutr.*, 59. 494-497.
- Bertschi, I., Collomb, M., Rist, L., Eberhard, P., Sieber, R., Bütikofer, U., Wechsler, D., Folkers, G., Mandach, U. (2005): Maternal Dietary Alpine Butter Intake Affects Human Milk: Fatty Acids and Conjugated Linoleic Acid Isomers. *Lipids*. 40. 6. 581-587.
- Bitman, J., Wood, D.L., Mehta, N.R., Hamosh, P., Hamosh, M. (1986): Comparison of the cholesteryl ester composition of human milk from preterm and term mothers. *J. Pediatr. Gastroenterol Nutr.*, 5. 5. 780-786.
- Boylan, M., Kuratko, C., Hart, S., Border, B. (1999): Fatty Acid Composition of Breast Milk from Low Income Lactating Mothers in Lubbock, Texas. *Journal of the American Dietetic Association*. 99. 9. 475-477.
- Brenna, J.T., Varamini, B., Jensen, R.G. (2007): Docosahexaenoic and arachidonic acid concentrations in human breast milk worldwide. *Am. J. Clin. Nutr.*, 85. 1457-1464.
- Chen, Z.Y., Pelletier, G., Hollywood, R., Ratnayake, W.M.N. (1995): Trans fatty acid isomers in canadian human milk. *Lipids*. 30. 1. 15-21.
- Clark, R.M., Ferris, A.M., Fey, M., Brown, P.B., Hundrieser, K.E., Jensen, R.G. (1982): Changes in the lipids of human milk from 2 to 16 weeks postpartum. *J. Pediatr. Gastroenterol. Nutr.*, 1. 3. 311-315.
- Clark, R.M., Hundrieser, K.E. (1989): Changes in cholesteryl esters of human milk with total milk lipid. *J. Pediatr. Gastroenterol. Nutr.*, 9. 3. 347-350.
- Fidler, N., Koletzko, B. (2000): The fatty acid composition of human colostrum. *Eur. J. Nutr.*, 39. 31-37.
- Fidler, N., Salobir, K., Stibilj, V. (2001): Fatty acid composition of human colostrums in Slovenian women living in urban and rural areas. *Biol. Neonate.*, 79. 1. 15-20.

- Fidler, N., Sauerwald, T., Pohl, A., Demmelmair, H., Koletzko, B. (2000): Docosahexaenoic acid transfer into human milk after dietary supplementation: a randomized clinical trial. *Journal of Lipid Research*. 41. 1376-1383.
- Finley, D.A., Lönnerdal, B., Dewey, K.G., Grivetti, L.E. (1985): Breast milk composition: fat content and fatty acid composition in vegetarians and non-vegetarians. *Am. J. Clin. Nutr.*, 41. 787-800.
- Genzel, B.O., Wahle, J., Koletzko, B. (1997): Fatty acid composition of human milk during 1st month after term or preterm delivery. *Eur. J. Pediatr.*, 156. 142-147.
- Gibson, R.A., Kneebone, G.M. (1980): Effect of sampling on fatty acid composition of human colostrum. *J. Nutr.*, 110. 1671-1675.
- Glew, R.H., Herbein, J.H., Moya, M.H., Valdez, J.M., Obadofin, M., Wark, W.A., Vander Jagt, D.J. (2006): Trans fatty acids and conjugated linoleic acids in the milk of urban women and nomadic Fulani of northern Nigeria. *Clinica Chimica Acta*. 367. 48-54.
- Glew, R.H., Huang, Y.S., Vander Jagt, T.A.V., Chuang, L.T., Bhatt, S.K., Magnussen, M.A., Vander Jagt, D.J. (2001): Fatty acid composition of the milk lipids of Nepalese women: correlation between fatty acid composition of serum phospholipids and melting point. *Prostaglandins, Leukotrienes and Essential Fatty Acids*. 65. 3. 147-156.
- Guesnet, P., Antonie, J.M., Rochette, L.J.B., Galent, A., Durand, G. (1993): Polyunsaturated fatty acid composition of human milk in France: changes during the course of lactation and regional differences. *Eur. J. Clin. Nutr.*, 47. 700-710.
- Harzer, G., Haug, M., Dietrich, I., Gentner, P.R. (1983): Changing patterns of human milk lipids in the course of the lactation and during the day. *Am. J. Clin. Nutr.*, 37. 612-621.
- Hayat, L., Al-Sughayer, M.A., Afzal, M. (1999): Fatty acid composition of human milk in Kuwaiti mothers. *Comparative Biochemistry and Physiology*. 124. 261-267.
- Hibbeln, J.R. (2002): Seafood consumption, the DHA content of mothers' milk and prevalence rates of postpartum depression: a cross-national, ecological analysis. *Journal of Affective Disorders*. 69. 15-29.
- Jahreis, G., Fritsche, J., Mockel, P., Schbne, F., Moller, U., Steinhart, H. (1999): The potential anticarcinogenic conjugated linoleic acid, cis-9,trans-11 C18:2 in milk of different species: cow, goat, ewe, sow, mare, woman. *Nutrition Research*. 19. 10. 1541-1549.
- Knox, E., Vander Jagt, D.J., Shatima, D., Huang, Y.S., Chuang, L.T., Glew, R.H. (2000): Nutritional status and intermediate chain-length fatty acids influence the conservation of essential fatty acids in the milk of northern Nigerian women. *Prostaglandins, Leukotrienes and Essential Fatty Acids*. 63. 4. 195-202.
- Koletzko, B., Rodriguez-Palmeroa, M., Demmelmaira, H., Fidler, N., Jensen, R., Sauerwalda, T. (2001): Physiological aspects of human milk lipids. *Early Human Development*. 65. 2. S3-S18.
- Laryea, M.D., Leichsenring, M., Mrotzek, M., el Amin E.O., el Kharib, A.O., Ahmed, H.M., Bremer, H.J. (1995): Fatty acid composition of the milk of well-nourished Sudanese women. *Int. J. Food Sci. Nutr.*, 46. 3. 205-214.
- Lautitzen, L., Halkjaer, L.B., Mikkelsen, T.B., Olsen, S.F., Michaelsen, K.F., Loland, L., Bisgaard, H. (2006): Fatty acid composition of human milk in atopic Danish mothers. *Am. J. Clin. Nutr.*, 84. 1. 190-196.

- López-López, A., Castellote-Bargalló, A.I., López-Sabater, M.C. (2001): Comparison of two direct methods for the determination of fatty acids in human milk. *Chromatographia*. 54. 743-747.
- Marangoni, F., Agostoni, C., Lammardo, A.M., Bonvissuto, M., Giovannini, M., Galli, C., Riva, E. (2002): Polyunsaturated fatty acids in maternal plasma and in breast milk. *Prostaglandins, Leukotrienes and Essential Fatty Acids*. 66. 5-6. 535-540.
- Marangoni, F., Agostoni, C., Lammardo, A.M., Giovannini, M., Galli, C., Riva, E. (2000): Polyunsaturated fatty acids concentrations in human hindmilk are stable throughout 12-month lactation and provide a sustained intake to the infant during exclusive breastfeeding. An Italian study. *Brit. J. Nutr.*, 84. 103-109.
- Marín, M.C., Sanjurjo, A., Rodrigob, M.A., Alaniza, M.J.T. (2005): Long-chain polyunsaturated fatty acids in breast milk in La Plata, Argentina: Relationship with maternal nutritional status. *Prostaglandins, Leukotrienes and Essential Fatty Acids*. 73. 355-360.
- Martin, J. C., Niyongabo, T., Moreau, L., Antonie, J. M., Lanson, M., Berger, C., Lamisse, F., Bougnoux, P., Couet, C. (1991): Essential fatty acid composition of human colostrums triglycerides: its relationship with adipose tissue composition. *Am. J. Clin. Nutr.*, 54. 829-835.
- McGuire, M.K., Park, Y., Behre, R.A., Harrison, L.Y., Shultz, T.D., Mc Guire, M.A. (1997): Conjugated linoleic acid concentrations of human milk and infant formula. *Nutrition Research*. 17. 8. 1277-1283.
- Minda, H., Kovács, A., Funke, S., Szász, M., Burus, I., Molnár, Sz., Marosvölgyi, T., Décsi, T. (2004): Changes of fatty acid composition of human milk during the first month of lactation: a day-to-day approach in the first week. *Ann. Nutr. Metab.*, 48. 202-209.
- Morera, S., Castellote, A.I., Jauregui, O., Casals, I., López-Sabater, M.C. (2003): Triacylglycerol markers of mature human milk. *Eur. J. Clin. Nutr.*, 57. 1621-1626.
- Mosley, E.E., McGuire, M.K., Williams, J.E., McGuire, M.A. (2006): Cis-9, trans-11 conjugated linoleic acid is synthesized from vaccenic acid in lactating women. *Journal of Nutrition*. 136. 9. 2297-2301.
- Olafsdottir, A.S., Thorsdottir, I., Wagne, K.H., Elmadfa, I. (2006): Polyunsaturated fatty acids in the diet and breast milk of lactating Icelandic women with traditional fish and cod liver oil consumption. *European Journal Nutrition, Metabolic Diseases and Dietetics*. 50. 3. 270-276.
- Patin, R.V., Vítolo, M.R., Valverde, M.A., Carvalho, P.O., Pastore, G.M., López, F.A. (2006): The influence of sardine consumption on the omega-3 fatty acid content of mature human milk. *Jornal de Pediatria*. 82. 63-69.
- Picciano, M.F. (2001): Nutrient composition of Human milk. *Pediatric Clinics of North America*. 48. 1.
- Precht, D., Molkentin, J. (1999): C18:1, C18:2 and C18:3 trans and cis fatty acid isomers including conjugated cis delta 9, trans delta 11 linoleic acid (CLA) as well as total fat composition of German human milk lipids. *Die Nahrung*. 43. 4. 233-244.
- Roquelin, G., Tapsoba, S., Dop, M.C., Mbemba, F., Traissac, P., Martin-Prevel, Y. (1998a): Lipid content and essential fatty acid (EFA) composition of mature Congolese breast milk are influenced by mothers nutritional status: impact on infants EFA supply. *Eur. J. Clin. Nutr.*, 52. 3. 164-171.
- Roquelin, G., Tapsoba, S., Mbemba, F., Gallon, G., Picq, C. (1998b): Lipid content and fatty acid composition in foods commonly consumed by nursing Congolese women: incidences on their essential fatty acid intakes and breast milk fatty acids. *Int. J. Sci. Nutr.*, 49. 5. 343-352.

- Saarela, T., Kokkonen, J., Koivisto, M. (2005): Macronutrient and energy contents of human milk fractions during the first six months of lactation. *Acta Pædiatrica*. 94. 1176-1181.
- Sala-Vila, A., Castellote, A.I., Rodriguez-Palmero, M., Campoy, C., López-Sabater M.C. (2005): Lipid composition in human breast milk from Granada (Spain): Changes during lactation. *Nutrition*. 21. 467-473.
- Schmeits, B.L., Cook, J.A., VanderJagt, D.J., Magnussen, M.A., Bhatt, S.K., Bobik, E.G., Huang, Y.S., Glew, R.H. (1999): Fatty acid composition of the milk lipids of women in Nepal. *Nutrition Research*. 19. 9. 1339-1348.
- Scopesi, F., Ciangherotti, S., Lantieri, P.B., Risso, D., Bertini, I., Campone, F., Pedrotti, A., Bonacci, W., Serra, G. (2001): Maternal dietary PUFAs intake and human milk content relationships during the first month of lactation. *Clinical Nutrition*. 20. 5. 393-397.
- Serra, G., Marletta, A., Onacci, W., Campone, F., Bertini, I., Lantieri, P.B., Risso, D., Ciangherotti, S. (1997): Fatty acid composition of human milk in Italy. *Biol. Neonate.*, 72. 1. 1-8.
- Shores, J.T., VanderJagt, 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.
- Silva, M.H.L., Silva, M.T.C., Brandão, S.C.C., Gomes, J.C., Peternelli, L.A., Franceschini, S.C.C. (2005): Fatty acid composition of mature breast milk in Brazilian women. *Food Chemistry*. 93. 2. 297-303.
- Taylor, F., Francis, T. (2004): Fatty acid composition of human milk lipids in Chilean women. *Acta Paediatr.*, 93. 855-859.
- Wijga Alet, H., Houwelingen, A.C., Kerkhof, M., Tabak, C., Jongste, J.C., Gerritsen, J., Boshuizen, H., Brunekreef, B., Smit, H.A. (2006): Breast milk fatty acids and allergic disease in preschool children: The Prevention and Incidence of Asthma and Mite Allergy birth cohort study. *American Academy of Allergy, Asthma and Immunology*.
- Xiang, M., Lei, S., Zetterström, R. (1999): Composition of long chain polyunsaturated fatty acids in human milk and growth of young infants in rural areas of northern China. *Acta Pædiatr.*, 88. 126-131.
- Xiang, M., Harbig, L., Zetterstrom, R. (2005): Long-chain polyunsaturated fatty acids in Chinese and Swedish mothers: Diet, breast milk and infant growth. *Acta Pædiatrica*. 94. 1543-1549.
- Yamawaki, N., Yamada, Kanno, T., Kojima, T., Kaneko, T., Yonekubo, A. (2005): Macronutrient, mineral and trace element composition of breast milk from Japanese women. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*. 19. 2-3. 171-181.

Levelezési cím (*Corresponding authors*):

Salamon Szidónia

Erdélyi Magyar Tudományegyetem, Csíkszeredai Campus,
Élelmiszer-tudományi Tanszék, 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



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 folyadékkromatográfiával, 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 vérszérum 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 közül 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 braziliai 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 szérum 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 szérum rézsztintjét, de sem a szérum 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 szérum 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 quadropoll 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. Végül 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) braziliai 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 $\mu\text{g/l}$ -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 $\mu\text{g/kg}$ -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 $\mu\text{g/l}$ -nek, nikkeltartalmát 27,8 $\mu\text{g/l}$ -nek mérték. *Yamawaki és mtsai.* (2005) Japán különböző vidékeiről származó anyák tejének átlagos krómtartalmát 5,9 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$ -nek, szeléntartalmát pedig 1,7 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$ -nek mérték. Megállapították, hogy a laktáció során a krómtartalom 1,7-ről 5,0 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$ -re nőtt, a szeléntartalom pedig 2,5-ről 1,8 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$ -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 $\text{mg}/100\text{ ml}$), a szeléntartalom (1,8; 1,7 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$) viszont alig változott az évszakok szerint. *Wappelhorst és mtsai.* (2002) német anyák tejének kobalttartalmát 0,058 $\mu\text{g/kg}$ -nak, molibdéntartalmát pedig 0,008 $\mu\text{g/kg}$ -nak mérték. *Krachler és mtsai.* (2000) az anyatej átlagos kobaltkoncentrációját 0,19 $\mu\text{g/l}$ -nek, a nikkeltartalmát 0,79 $\mu\text{g/l}$ -nek, szeléntartalmát 17 $\mu\text{g/l}$ -nek, vanádiumtartalmát pedig 0,18 $\mu\text{g/l}$ -nek mérték. *Khatir Sam és mtsai.* (1998) szerint az anyatej molibdéntartalma 3,84 $\mu\text{g/l}$, a kobalttartalma 1,23 $\mu\text{g/l}$, a nikkeltartalma pedig 7,8 $\mu\text{g/l}$ 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 $\mu\text{g/l}$; átmeneti tej 42–60 nap: 1,64 $\mu\text{g/l}$; érett tej 97–293 nap: 2,96 $\mu\text{g/l}$); a molibdén koncentrációja pedig csökkent (9,00 $\mu\text{g/l}$ a kolosztrumban, 1,02 $\mu\text{g/l}$ az átmeneti tejben és 1,56 $\mu\text{g/l}$ 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 $\mu\text{g/l}$), az érett tejben pedig a földrajzi viszonyok különbözősége miatt átlagosan 7–33 $\mu\text{g/l}$ 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, jódhányos vidékeken az anyatej jódtartalma 15 $\mu\text{g/l}$, megfelelő jódtartalmú élelmiszerek fogyasztása esetén viszont egy nagyságrenddel nagyobb (150 $\mu\text{g/l}$) is lehet. Az érett tej fluortartalma 4–15 $\mu\text{g/l}$ 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 $\mu\text{g/l}$ volt, ahol a szélsőértékek 50–440 $\mu\text{g/l}$ között változtak. Egy minta kivételével (440 $\mu\text{g/l}$) a többi 50 és 164 $\mu\text{g/l}$ 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 börtartalma 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 grafitküvetés 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, szennyeztelen 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 $\mu\text{g}/\text{kg}$ -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 $\mu\text{g}/\text{l}$, városi 24,6 $\mu\text{g}/\text{l}$).

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 $\mu\text{g}/\text{l}$ 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 $\mu\text{g}/\text{l}$ -nek mérték, ami lényegesen alacsonyabb volt, mint a tápszerekből készített tejé. Az anyatej ólomtartalma az iparosodott országokban 5–20 $\mu\text{g}/\text{l}$ között változik, erősen szennyezett területeken azonban ennél hússzor nagyobb is lehet (*Sonawane*, 1995). Egy Mexikóban elvégzett vizsgálat szerint az anyatej átlagos ólomtartalma 62 $\mu\text{g}/\text{l}$, ahol a szélsőértékek 9 és 350 $\mu\text{g}/\text{l}$ volt (*Nahimira és mtsai.*, 1993). Egy svéd elemzés szerint szennyezett környezetben az anyatej ólomtartalma 0,9 $\mu\text{g}/\text{l}$, a kevésbé szennyezett környezetben pedig 0,5 $\mu\text{g}/\text{l}$ 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 $\mu\text{g}/\text{l}$ között mérték. A Rijeka környékén mért tejminták ólomtartalma 0,3–44,0 $\mu\text{g}/\text{l}$ 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 $\mu\text{g}/\text{l}$) a 25 évnél idősebbekhez (5,7 $\mu\text{g}/\text{l}$) képest, a különbség azonban nem volt szignifikáns (*Silbergeld*, 1991). Az egygyerekes anyák tejének ólomtartalma 5,8 $\mu\text{g}/\text{l}$, míg a többgyerekes anyáké 8,7 $\mu\text{g}/\text{l}$ volt, a különbség azonban itt sem szignifikáns. Nem találtak szignifikáns különbséget a dohányzó (5,7 $\mu\text{g}/\text{kg}$) és a nemdohányzó (7,9 $\mu\text{g}/\text{kg}$) anyák tejének ólomtartalmában sem. A különbség csak a Rijekában (10,6 $\mu\text{g}/\text{kg}$) és a régióban élők (4,7 $\mu\text{g}/\text{kg}$) 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 életem. 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 tejeiben volt több, akik városi környezetben éltek. Megállapították azt is, hogy koncentrációja a városi környezetben, valamint az iparosított övezetekben élő anyák tejeiben magasabb, mint a vidéken élők tejeiben. 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 tejeiben (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, szennyezetlen 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., Stingeder, 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



A kansperma tárolásának történeti áttekintése

Makkosné Petz B., Kiss R., Bali Papp Á.

Nyugat-Magyarországi Egyetem Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar, 9200 Mosonmagyaróvár, Vár 4.

ÖSSZEFOGLALÁS

A haszonállatok termékenyítő anyagának hosszabb távú tárolása és minőségének ilyen módon történő megőrzése már évszázadokkal ezelőtt is elerendő cél volt az állattartók és nemesítők körében. A mesterséges termékenyítés megjelenésével és elterjedésével párhuzamosan mind a rövidtávú, mind a hosszú távú spermatárolás megoldása nélkülözhetelenné vált. A kezdeti hűtést a fagyasztás váltotta fel, és a XX. század második felében ugrásszerű fejlődésnek indult a spermamélyhűtés. A kutatólaboratóriumokból egymás után láttak napvilágot a különféle spermakezelési eljárások, melyek döntő, lényegi lépései megegyeztek. A hígítás, az ekvilibrálás, a centrifugálás és az adalékanyagok, mint a glicerol, alkalmazása nélkülözhetetlennek bizonyultak. A kutatók egyre jobb fagyasztási és felolvasztási technikákat alkalmaztak, ahol nemcsak a fagyasztást és a felolvasztást oldották meg, hanem azt is, hogy a spermiumok felolvasztás után is életképesek maradjanak. Ez a hetvenes évek elejére több-kevesebb sikerrel megvalósult. A spermiumok életképességének becslésére különféle vizsgálati módszereket dolgoztak ki. Számos festési eljárást fejlesztettek ki, melyeket a mai napig sikeresen alkalmaznak az élő vagy elhalt spermiumok kimutatására, illetve a spermium akroszómája integritásának kiderítésére. A rengeteg kísérlet és kutatás ellenére a hosszú távú spermatárolás nem eléggé magas határfokú, folyamatos kutatómunkával napjainkban is folyik az eljárások tökéletesítése.

(Kulcsszavak: sertés termékenyítő anyag, fagyasztás, felolvasztás, spermakezelés)

ABSTRACT

History of boar semen conserving methods

B. Makkosné Petz, R. Kiss, Á. Bali Papp

University of West Hungary, Faculty of Agricultural and Food Sciences
H-9200 Mosonmagyaróvár, Vár 4.

The sperm conservation of livestock over a long period of time and the conservation of sperm quality was an important purpose to the animal keepers and breeders. The sperm conservation over a short and a long period of time has become indispensable with the appear and spread of insemination. The freezing changed the cooling and the spermcryopreservation made a fast advance in the second part of the 20th century. The various laboratories made various sperm treatment methods in that the important steps are similar. Engagement of dilution, conditioning, centrifuging, and inert material like glicerol are indispensable. The scientist used better and better freezing and thawing methods. They had to find a solution for the freeze and thaw. For the estimate of sperm viability were evolved different assay methods. They developed several staining techniques that are in use for the vertification of living or died sperm and integrity of

sperm acrosome to date. Despite many experiment and research the sperm storage for a long time has not have enough high efficiency but in recent days with the continues research is going on perfection of methods.

(Keywords: boar semen, cryopreservation, freezing, thawing, sperm treatment)

BEVEZETÉS

A sertés tenyésztők évszázadokra visszanyúló fáradalmas munkájának eredményeként a legértékesebb genetikai állománnyal rendelkező sertés kanok és kocák tenyésztődtek ki. Az így létrehozott értékes kanokat egy-egy nem kívánt betegség elpusztíthatja, vagy az idő előrehaladtával az állat fedezésképtelenné válhat, valamint spermájának minősége törvényszerűen romlhat, ezekben az esetekben a megteremtett tenyészérték nem örökíthető tovább. A biológiai sokféleség fenntartása, a kimagasló genetikai állomány – magas szaporulat, betegségekkel szembeni ellenállás, gyors növekedés, ízletes a piaci igényeket kielégítő koleszterinszegény sertéshús – megőrzése nem megoldhatatlan, a kiutat a még élő, értékes kanok spermájának mélyhűtése, génbankok létrehozása, és a már meglévő génbankok fenntartása jelentené.

A spermiumok életképességének hosszabb távú megőrzését már a legelső kísérletekben is hűtéssel érték el. *Spallanzani* (1776) harminc percen át tárolt hóban emberi, csődör és bika spermát azzal a céllal, hogy anyagcseréjük csökkentése révén életüket meghosszabbítsa. Megállapította, hogy a sejtek inaktívvá váltak, majd felengedés után a spermiumok újból életképesnek mutatkoztak. Fagyasztással elsőként *Mantegazza* (1866) foglalkozott, $-17\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ra hűtött le emberi spermiumokat, majd felolvasztotta őket, azt tapasztalta, hogy a sejtek visszanyerték motilitásukat, életképesnek mutatkoztak. Az ő kísérletének a leírása volt az első beszámoló arról, hogy emlős sejtek túléltek a fagyasztás és felolvasztás procedúráját. A technikák fejlődésével napjainkban más állatfajok termékenyítő anyagához hasonlóan a sertés spermiumok mélyhűtése is megvalósítható (*Bali Papp*, 2004).

A glicerol tartósító hatásának felismerése új korszakot nyitott a termékenyítőanyagok tárolásának fejlődésében (*Polge és mtsai.*, 1949), melynek felhasználásával különféle sejteket, szöveteket, közöttük különféle gazdasági állatok gamétáit hűtötték le. Elkezdődtek azok a kutatások, amik a sertés sperma fagyasztásával foglalkoztak (*Polge*, 1956; *Hoffmann*, 1959; *Hess és mtsai.*, 1960; *Dukelow és Graham*, 1962; *Bader*, 1964; *Iida és Adachi*, 1966; *King és Macpherson*, 1966; *Kojima és mtsai.*, 1967; *Rohloff*, 1967; *Bamba és mtsai.*, 1968). Ezekben a kísérletekben a fagyasztott és újra felolvasztott spermiumokat vizsgálták, majd a fagyasztott és felolvasztott spermiumokkal temékenyítési kísérleteket végeztek, bár sorra rossz eredménnyel (*Settergen*, 1958; *King és Macpherson*, 1967; *Dalrymple és Macpherson*, 1969). A hatvanas években végzett kísérletek megalapozták a további kutatómunkát, és a hetvenes évek elejére olyan sertés spermium mélyhűtési eljárásokat dolgoztak ki, melyek során kevésbé csökkent le az élő, ép akroszómájú spermiumok aránya, így a fagyasztott és a visszaolvasztott ejakulátum jobban megőrizte termékenyítő-képességét (*Crabo és Einarsson*, 1971; *Graham és mtsai.*, 1971a,b; *Pursel és Johnson*, 1971a,b). A kutatók az eljárásokat gyakran módosították, és egymás után számoltak be a sikerekről (*Crabo és mtsai.*, 1972b; *Richter és Liedicke*, 1972; *Salamon és Visser*, 1972; *Vincente*, 1972; *Wilmut és Polge*, 1972). *Einarsson* (1973) ismertette az első fagyasztási eljárásokat, valamint azok gyakorlati alkalmazásainak lehetőségeit. Az egyes procedúrák elsősorban a hígítók összetételében és a spermakezelési eljárásokban különböztek. Az egymástól távoli és függetlenül működő laboratóriumokban különféle fagyasztó hígítókkal dolgoztak, más-más

fagyasztás alatti spermakezelési eljárást alkalmaztak, illetve a felolvasztó hígítók is különfélék voltak, valamint a felolvasztási technikák sem voltak egységesek. Az egyes fagyasztási eljárásokhoz egyedi hígítókat fejlesztettek ki, amelyeket más technológiákban nem lehetett alkalmazni (*Osinovo és Salamon, 1976*).

A fagyasztás folyamatában használt hígítók

A fagyasztás során alkalmazott hígítóknak két nagy csoportja ismert: az első csoport a puffer nélküli hígítók. Közös jellemzőjük, hogy mindegyik tartalmaz tojássárgáját és valamilyen monoszacharidot: glükózt (*Polge és mtsai., 1970*) vagy laktózt (*Westendorf és mtsai., 1975*). Használatos puffer nélküli hígítóadalék az Orvus Es Paste (*Westendorf és mtsai., 1975*). Szódium- és triethanolamin lauryl szulfát-tartalma miatt a spermiumok felolvasztás után nagy arányban megőrzik motilitásukat, akroszómaszerkezetük épségét, és a termékenyítő-képességüket (*Pursel és mtsai., 1978*). Mindehhez a tojássárgája jelenléte nélkülözhetetlen, az Orvus emulgeálhatja és diszpergálhatja a tojássárgája lipidjeit, megnövelve a felület/tömeg arányt, ezáltal fokozza az extender és a spermium membránjának fizikai és/vagy kémiai interakcióit (*Pontbriand és mtsai., 1989*).

A másik csoport a puffertartalmú hígítók, amelyekben szerves Tris (hidroximetil)-amino-metán a puffer. További összetevők a monoszacharidok: a fruktóz (*Visser és Salamon, 1974*) vagy a glükóz (*Park és mtsai., 1977, Obando és mtsai., 1984*), az aminosavak közül pedig a glicin (*Obando és mtsai., 1984*), valamint az egyéb szerves molekulák, mint az EDTA (*Visser és Salamon, 1974, Park és mtsai., 1977*). Más pufferes hígítók Zwitterionic Tes-N-Tris (hidroximetil) metil-2-amino-szulfonsav puffert tartalmaznak. Ilyen hígítók a TEST (*Graham és mtsai., 1971a,b*), Bestville F5 (*Pursel és Johnson, 1975*), TES NaK (*Crabo és Einarsson, 1971; Larsson és mtsai., 1977*). A legtöbb hígító izotóniás vagy hipertóniás a szemínális plazmához képest. A hozzáadott cukor mennyiségével szabályozzák az ozmotikus viszonyokat, az ozmotikus nyomást, és a pH értékét úgy állítják be, hogy a lehető legnagyobb mértékben közelítse meg a szemínális plazmában mérhető normál értékeket (*Einarsson, 1971*). A nem pufferolt oldatban a tojássárgája biztosítja a pufferkapacitást. Általános összetevők a cukrok, a proteinek vagy a lipoproteidek, a pufferok, a védőszerek (fagyasztás alatt bekövetkező káros hatások elleni, leginkább glicerol) és az egyéb adalékanyagok. Néhány esetben szemínális plazmát is magába foglal a végső médium (*Salamon és Visser, 1972*).

Számos kutatócsoport saját hígítót fejlesztett ki a sertés sperma mélyhűtéses tárolására (*Polge és mtsai., 1970; Graham és mtsai., 1971b; Crabo és Einarsson, 1971; Visser és Salamon, 1974; Pursel és Johnson, 1971b, 1975; Westendorf és mtsai., 1975; Larsson és Einarsson, 1976; Paquignon és Courot, 1976*). Az egyes hígítók összetétele különbözött egymástól, ennek ellenére csak kevés kísérlet vizsgálta a különféle komponensek pontos szerepét (*Salamon és mtsai., 1973; Visser és Salamon, 1974; Wilmut és Polge, 1977a,b*), így az eltérő pufferokat tartalmazó hígítók közül csak egynéhány volt használható az újabb termékenyítési eljárásokban. *Sarhaddi és mtsai.* (1995) szedimentálással próbálták az ivararányt módosítani, ők az itt alkalmazott hígítók hatásait vizsgálták

A fagyasztás alatt alkalmazott spermakezelési eljárások

Kutatások kimutatták, hogy a fagyasztás és a felolvasztás felére csökkenti a spermiumok mozgékonyosságát (*Tuli és mtsai., 1992*), valamint a túlélő mozgékony szubpopuláció mozgásának minősége gyengébb, mint a friss ejakulátumé (*Verheyen és mtsai., 1993*). A kutatók már évekkkel ezelőtt felismerték, hogy az akroszóma sérülések szintén a tárolás és eltartás következményei és valószínű, hogy a glicerol jelenlétének tulajdonítható

(Wilmut és Polge, 1977a,b), ezért a felolvasztás utáni legjobb motilitás és akroszóma integritás elérése érdekében Fiser és Fairfull (1990) maximum 3%-os gliceroltartalmat és 30 °C/perces fagyasztási ütemet írt elő. A 2 és 4% közötti glicerolkoncentrációt mások is javasolták (Almid és mtsai., 1989; Buhr és mtsai., 2001). Hernandez és mtsai. (2007) megállapították, hogy a fagyasztás üteme nem befolyásolta szignifikánsan a fagyasztás és a felolvasztás után mért sperma minőségét. Ők a fagyasztó hígító 3%-os glicerol-koncentrációját, valamint 1800 °C-os melegítési ütemet javasoltak ahhoz, hogy a spermiumok megőrizhessék életképességüket és épségüket. A kapott eredmények más kutatócsoportok vizsgálataihoz hasonlatosak (Almid és mtsai., 1988; Almid és mtsai., 1989; Buhr és mtsai., 2001; Medrano és mtsai., 2002).

A mai napig használt különféle fagyasztási alaptéchnikák döntő lépései lényegében megegyeznek egymással, eltérések elsősorban az ekvibrációs idő hosszában, az egyes fázisok sorrendjében, a spermatöménység beállításában, illetve a hígításban és a fagyasztás ütemében adódhatnak. Mindegyik technika alkalmazza a centrifugálás előtti szemínális plazmában való ekvibrációt, a sperma koncentrációját, a koncentrált formában történő sperma fagyasztását, és az alacsony koncentrációjú glicerol hozzáadását. Az ekvibráció megelőzheti a centrifugálást (Pursel és Johnson, 1975; Larsson és mtsai., 1977). Ők az ekvibrációhoz magát a szemínális plazmát használták, illetve olyan extendert, amely nem tartalmazott szemínális plazmát. Az ekvibrációra azért van szükség, mert elősegíti a spermiumok fagyasztás és felolvasztás alatti károsodásokkal szembeni ellenállását. A rezisztencia kialakulása valószínűleg a spermium membránjának a szemínális proteidekkel való interakciójának köszönhető (Pavelko és Crabo, 1976). A mozgékony spermiumok aránya az ekvibrációs idő előrehaladtával fokozatosan nő, legkevesebb négy és fél órás ekvibrációs időt ajánlanak ahhoz, hogy kielégítő eredmény szülessen. A mozgékonyaság tekintetében a 4%-os gliceroltartalom, a NAR tekintetében a 2%-os gliceroltartalom hozott jobb eredményt (Fiser és mtsai., 1993).

Eriksson és mtsai. (2000) a különböző pihentetési időket vizsgálták a felolvasztás utáni sperma néhány paraméterére. A 10–20 órás pihentetést követően a plazma membrán integritása szignifikánsan megnövekedett a három órás pihentetéshez képest. A 20 órás pihentetés szignifikánsan alacsonyabb számú mozgó spermiumot eredményezett, mint azt a 3 vagy a 10 órás pihentetés tette. Szignifikáns csökkenés volt tapasztalható az előrehaladó mozgást végző spermiumok számában, ugyanakkor szignifikánsan több spermium mozgott körkörösén a hosszabb (10, 20 óra) pihentetést követően. Az átlagos mozgású spermiumok sebessége és az egyenes vonalú mozgású spermiumok sebessége a hosszú pihenő idő után alacsonyabbnak bizonyult a 3 órás pihenőn átesett spermiumokéhoz képest. A centrifugálást vagy a sperma gyűjtésekor (Paquignon és Courot, 1976), vagy az inkubációt követően hajtották végre (Pursel és Johnson., 1975; Westendorf és mtsai., 1975; Larsson és mtsai., 1977).

A fagyasztás célja, hogy csökkentsük vagy akár leállítsuk a spermium anyagcseréjét úgy, hogy a felolvasztás után az anyagcsere károsodás nélkül ismét beindulhasson. A sertés spermium fej plazma membránjának folyékonyaságát a hőmérséklet változása szignifikánsan befolyásolta (Canvin és Buhr, 1989). A spermiumoknak úgy kell túlélniük a fagyasztást, a fagyott állapotban történő tárolást és a felolvasztást, hogy életképességüket megtartsák az eredményes termékenyítés érdekében. Mindhárom fázis alatt az optimális feltételek biztosításával minimálisra csökkenhet a károsodás esélye. Minden tényezőt úgy kell beállítani, hogy együttes hatásuk eredményeként biztosítani tudják a spermiumok épségét. Az egyik ilyen paraméter a spermium-koncentráció. Az alacsonyabb koncentráció ($0,25 \times 10^9$

spermium/ml) emeli a mozgásképes spermiumok számát, míg a magas koncentráció (1×10^9 spermium/ml) csökkenti (Graham és Crabo, 1972); átlagosan a 0,45 és az 1×10^9 spermium/ml töménység a használatos. Szignifikáns összefüggés van a fagyasztás során használt glicerol-koncentrációja és a fagyasztás üteme között. Az alacsonyabb koncentrációjú glicerol hozzáadása gyors lefagyasztást tesz szükségessé (Mazur, 1977). A gyors fagyasztást kezdetben szárazjégbe vajt lyukba cseppentett spermával végezték, ahol a hideg hatására a sperma gömb alakot vett fel, amelyet tárolóedényben, folyékony nitrogénben tároltak (Nagase és Niwa, 1963). A legtöbb kutatócsoport ezt az eljárást használja (Pursel és Johnson, 1975; Paquignon és Courot, 1976; Larsson és mtsai., 1977; Bali Papp és mtsai., 1999).

Többen ampullákban fagyasztották le a sertés spermiumokat, viszonylag lassú hűtési ráta mellett, ekkor a glicerol-koncentrációja meghaladta az 5%-ot. Később (Polge, 1976) gyorsabban végezte a hűtést, alacsonyabb glicerol-koncentráció mellett. Ma már nem használatosak a korábban gömb formában (Wilmut és mtsai., 1973; Cöster, 1978), vagy maxiszalmában (Westendorf és mtsai., 1975; Almid és Johnson, 1988) történő fagyasztási eljárásokat. A jobb eredmények eléréséhez kisebb átmérőjű szalmát kezdtek alkalmazni, ami a fagyasztás és felolvasztás üteméhez jobban tudott alkalmazkodni (Almid és Johnson, 1988; Fiser és Fairfull, 1990). 2 ml-es lapos szalmát Weitze és mtsai. (1988) és Ewert (1988), különféle lapos csomagolást Bwanga és mtsai., (1990) és Berger és Fischerleitner, (1992), Simmet, (1993), 5 ml-es műanyag tasakot pedig Rodriguez-Martinez és mtsai. (1996) alkalmaztak először. A 90-es években használt 0,5 ml-es szalma előnye volt, hogy a fagyasztás során benne egységes jégkristályosodási folyamat ment végbe (Weitze és mtsai., 1987), ami nagyszámú spermium tárolást tett lehetővé (Saravia és mtsai., 2005), jó volt a felolvasztás utáni spermiumtúlélés (Eriksson és mtsai., 2001), és AI-t követő termékenyülést (Roca és mtsai., 2003) biztosított. Eriksson és mtsai. (2000, 2002) sikerrel alkalmazták az általuk kifejlesztett 5 ml-es FlatPack-et számos kansperma fagyasztási és újraolvasztási kísérletben. Saravia és mtsai. (2005) különféle csomagolásokban (0,5 ml-es szalma, összetett FlatPack és hagyományos FlatPack) kis térfogaton és nagy koncentrációban fagyasztott, újraolvasztott sperma minőségét vizsgálták.

A glicerol mennyisége és a felolvasztás közötti összefüggést nem lehet helyesen megbecsülni anélkül, hogy ne vennénk figyelembe a fagyasztás ütemét (Fiser és Fairfull, 1990). Ha összehasonlítjuk az optimálisnál alacsonyabb ütemben ($1\text{ }^{\circ}\text{C/perc}$) fagyasztott spermiumokat az ugyanazon ejakulátumból származó, de $30\text{ }^{\circ}\text{C/perc}$ gyorsasággal fagyasztott spermiumokkal megállapítható, hogy a gyorsabb fagyasztás jobb eredményeket hozott.

A felolvasztás alatt alkalmazott spermakezelési eljárások

Az évek során a felolvasztási technikák is folyamatosan változtak. Különféle előmelegített oldatokban olvasztották fel a spermagolyócskákat: szemínális plazmában (Crabo és Einarsson, 1971; Crabo és mtsai., 1972b; Einarsson és mtsai., 1973), lefölezött tejben (Einarsson és mtsai., 1972), Hulsenberg-hígítóban (Richter és Liedicke, 1972; Paquignon és du Mensil du Buisson, 1973) és TES-NaK-glükóz-extenderben (Einarsson és mtsai., 1972). A spermiumok túlélése szempontjából a felolvasztási procedúra éppoly fontos, mint a hűtési szakasz (Mazur, 1977). A gyors hűtésből eredő sérülések elsősorban a hűtés gyorsaságától és a spermiumok végső hűtési hőmérsékletétől függenek. Bamba és Cran (1985) kimutatták, hogy a gyors melegítés kevésbé hat a spermiumok motilitására, azonban az akroszomális sérülések nagyobb arányban fordultak elő. Sertéssel végzett tanulmányok (Watson, 1981; Aman és Picket,

1987; Bamba és Cran, 1986) megerősítik a gyors melegítés nemkívánatos hatásait. Fiser és mtsai. (1993) úgy találták, hogy az 1200 °C/perces ütemben történő felolvasztás a legalkalmasabb a 0,5 ml-es szalmában fagyasztott sertés spermiumok esetében. Hernandez és mtsai. (2006) egyértelműen kimutatták, hogy a gyors felmelegítés (1800 °C/perc) megnöveli a spermiumok túlélési esélyeit. Hernandez és mtsai. (2007) jobb DNS aktivitást mértek azokban a sertés spermamintákban, amelyeket 1800 °C/perc körüli sebességgel olvasztottak fel az 1200 °C/perces ütemű felolvasztásokhoz képest.

A pellet formában hűtött spermagolyókat különböző gyorsasággal és eltérő hőmérsékletre olvasztottak és melegítettek fel, hígítva vagy hígítatlanul. A gyorsabb ütem mellett történő felolvasztás kedvezőbbnek bizonyult (Salamon és mtsai., 1973) megállapították, hogy a 37 °C-ra való melegítés előnyösebb volt, mint az ennél alacsonyabb hőmérsékleten, száraz kémcsőben végzett felmelegítés (Larsson és Graham, 1973). Az oldatokban történő felolvasztásos kísérletek sokkal eredményesebbek voltak a felolvasztás utáni ép akroszómájú spermiumok arányának tekintetében, és magasabbak a vemhességi mutatók is (Crabo és mtsai., 1972c; Pursel és Johnson, 1976). Westendorf és mtsai. (1975) maxi szalmákban olvasztottak fel spermát különböző hőfokú vízfürdőkben. A legjobb eredményeket a 90 °C-os vízfürdőben érték el, amikor a sperma hőmérséklete 20–25 °C volt a vízfürdőből való eltávolításkor. A mikrohullámú sütőben történő felmelegítés során a motilitás és az ép akroszómájú spermiumok előfordulása alacsonyabbnak mutatkozott, mint vízfürdőt használva (Ewert, 1988).

A felolvasztó hígítók két nagy csoportba oszthatók: egyik csoport a proteintartalmú szeminális plazma (Crabo és Einarsson, 1971) és a fölözött tej (Einarsson és mtsai., 1972). A másik csoportot a sótartalmú hígítók, mint amilyen a Beltsville felolvasztó folyadék (BTS) (Pursel és Johnson, 1975), a Hulsenberg hígító (Westendorf és mtsai., 1975), az OLEP (Larsson és Einarsson, 1976), az INTRA-ITP (Paquignon és Courot, 1976). Mindegyikben csoportban előfordul cukorkomponens glükóz, laktóz vagy fruktóz. A spermiumok inkubáció utáni túlélésének biztosításához néhányuk EDTA-t is alkalmaztak (Hulsenberg, BTS, INTRA-ITP) (Visser és Salamon, 1974, Westendorf és mtsai., 1975). A felolvasztó hígítók ozmotikus nyomásának és pH-értékének fiziológias szintje nem elég ahhoz, hogy fenntartsa a fagyasztott–felolvasztott spermiumok termékenyítő-képességét (Larsson és Einarsson, 1976). A felolvasztó közeg akkor a legjobb, ha az elektrolitikus-koncentráció magasabb, mint a fagyasztó közegé (Senegacnik és mtsai., 1980). A hígítók közül csak a Hulsenberg hipertónikus, míg a BTS, OLEP és az INTRA-ITP izotónikus. Viszonylag kevés tanulmány vizsgálta az egyes hígítók hatásosságát. Pursel és Johnson (1972) összehasonlította a Hulsenberg, a BL1, a szeminális plazmát, a fölözött tejet és a BTS-t. Közülük a BTS biztosította a legtöbb ép akroszómájú és a motilis spermiumot, bár más vizsgálatok az INTRA-ITP-t jobbnak találták az inkubáció alatti túlélés, a vemhesülési arány és az embrió túlélés tekintetében (Paquignon és Courot, 1976). A legújabb kutatások eredményeként az extenderbe glutationt – L- γ -glutamil-L-cisztein-glicin – (GSH) kevernek (Joaquin és Gadea, 2004). A GSH fagyasztó extenderhez való adása nincs szignifikáns hatással a sperma standard paramétereire vagy a sperma felolvasztás utáni termékenyítő-képességére. Azt tapasztalták, hogy a GSH felolvasztó hígítóba adagolása növelte a kanspermiumok termékenyítő-képességét *in vitro* körülmények között, tehát a felolvasztás alatt a GSH olyan spermatulajdonságok megőrzésére képes – valószínűleg megelőzi a membrán sérüléseit –, amelyek eredményes fertilizációt tesznek lehetővé.

Néhány termékenyítő anyag vizsgálati módszer

A gyakorlatban végzett termékenyítő anyag vizsgálatoknál csak az ejakulátum motilitását állapítják meg. A különböző festési eljárásokkal fény derül az élő/elhalt sejtek arányára és

az akroszóma integritására is, ezáltal képet kaphatunk a sikeres, vagy a kevésbé sikeres jövőbeli termékenyítő-képességről. Számos, az élő/elhalt sejtek megkülönböztetésére szolgáló festési eljárás ismert. A fénymikroszkóppal értékelhető festési eljárások esetében a vitális festék csak az elhalt sejt membránján képes áthatolni, ezáltal jelölni azt, míg a kontrasztfesték a festetlen, azaz élőnek tekintett sejteket fedi fel. A nigrozin-eozinos festést többen használták kisebb módosításokkal (*Blom, 1950; Hancock, 1952; Dott és Foster, 1972*), ami egyszerű morfológiai vizsgálatot tett lehetővé. Az eozin áthatol a halott spermium membránján és a sejtet vörösre festi a bíborszínű nigrozin háttérrel szemben. Eozin-opálkékét *Lasley és mtsai. (1942)*, eozin-analínkékét *Shaffer és Almquist (1948)*, brómfenolkék-nigrozint *Rauhaus (1990)* használt először.

Az akroszóma állapota differenciált-interferencia-kontraszt (DIC) mikroszkóp segítségével is vizsgálható. Egyéb fénymikroszkóppal értékelhető festési eljárások: eozin B/Fast Green FCF: *Wells és Awa 1970; Giemsa: Hancock 1952, idézi Watson 1975; Procion Printing Green B: Chacarov és Mollova 1976; Spermac: Oettlé 1986; Coomassie kék: Larson és Miller 1999. Talbot és Chacon (1981)* kidolgozták a „triple stain” módszert: tripánkékét, mint vitalitást, bengálvöröset és Bismarck barnát, mint akroszómafestéket egyszerre használva. *Kovács és Foote (1992)* tripánkékét, neutrálvöröset és Giemst kombinálva egy egyszerűbb festési eljárást hozott létre.

Később sorra jelentek meg a spermiumok életképességét kimutató fluorescens festékeket felhasználó eljárások, melyek a spermavizsgálatok területén számos új lehetőséget teremtettek (*Halangk és Bohnensack, 1982; Garner és mtsai., 1986; Harrison és Vickers, 1990; Althouse és Hopkins, 1995; Johnson és mtsai., 1995; Renard és mtsai., 1995; Garner és mtsai., 1996*). Fagyasztott majd újra felolvasztott sperma vizsgálatára (*Ericsson és mtsai., 1989; Ericsson és mtsai., 1993; de Valcarcel és mtsai., 1994; Borg és mtsai., 1997*), és különböző hígítók összehasonlítására is használták (*Johnsson és mtsai., 1995; Catt és mtsai., 1997*). A fluorescens festékek mikroszkópos (*Althouse és Hopkin,s 1995*), citometrikus (*Halangk és Bohnensack, 1982*) és flow citometrikus (*Ericsson és mtsai., 1989; Graham és mtsai., 1990; Dresser és mtsai., 1993; Evenson és mtsai., 1994; Garner és Johnson, 1995; Catt és mtsai., 1997*) használata több tanulmányban is megjelent. Kezdetben nem (*Kasten, 1980*), a későbbiekben viszont egyre inkább erős kontrasztszínekkel különböztek el egymástól az élő és a holt sejtek (*Narendra, 1986*). Széles körben terjedt el a kettős (*Narendra, 1986*) és napjainkban is használatos hármas festési eljárás (*Nagy és mtsai., 2002*).

A fluorescens festékeket két nagy csoportra lehet osztani: az élő sejteket festő, és a holt sejteket festő festékek. Az élő sejtet kimutató festékek olyan enzimek szubsztrátjai, amelyek csak életképes sejtekben aktívak, illetve olyan festékek, melyek fluoreszkálása működőképes ionpumpa függvénye, azaz csakis életképes sejtekben fluoreszkál. A kalcium-acetilmetil-észter (CAM) és a 6-karboxi-fluoreszcein-diacetát átjut az élő sejt membránján és olyan enzimikus hasítást szenvednek, hogy a sejt zölden fog fluoreszkálni. Általánosan használt működő ionpumpával rendelkező életképes sejtekben nukleinsavhoz kötődő festék a SYBR-14 (*Johnson és mtsai., 1995*). Az élő sejtekben lévő intracelluláris észterázok a permeábilis karboxifluoreszcein-diacetátot nem permeábilis karboxi-fluoreszceinné alakítják és ez által az élő sejtek akroszómája, mitokondriumai, valamint citoplazmája zöld színben fluoreszkál. A nem permeábilis propidium-jodid csak sérült membránú sejtekbe képes bejutni (holt sejtek), ahol inaktív ionpumpa és enzimműködés miatt a karboxifluoreszcein-diacetát nem alakul át karboxifluoreszceinné (elhalt sejtek), így ott a propidium-jodid felhalmozódik, a nukleinsavhoz erősen kötődik, és pirosan fluoreszkál. A holt sejtet kimutató festékek nem képesek átjutni az élő sejt membránján csak a sérült membránon, illetve a holt

sejt membránján. Ezen festékeknek alacsony az extracelluláris fluoreszcenciája, viszont a DNS-hez való fluoreszcens kötődése nagyon magas értéket mutat. Az élő sejtek festékeit és holt sejtek festékeit kombinálva alkalmazzák.

Még árnyaltabb képet kapunk, ha az akroszóma integritását is vizsgáljuk. Ép membránú spermiumok esetén az akroszóma integritás tekintetében a FITC-PSA (fluorescein isothiocianáthoz kötött lektin, azaz földimogyoró nyújt információt (Graham és mtsai., 1990). Az ép akroszómájú sejtek nem, míg a sérült akroszómájú sejtek zöld színben fluoreszkálnak. A hígítóban lévő tojássárgája komponenseknek az élő, ép akroszómájú sejtekhez hasonlóan alacsony fluoreszcenciájuk van, ezért félrevezetően úgy tekintik őket, mint élő, ép akroszómájú spermiumokat. Nagy és mtsai. (2002) a FITC-PSA helyett PE-PNA-t (fikoeritrinhez kötött földimogyoró agglutinin) alkalmaztak. A próba megegyezően hatott a spermium akroszómájára, mint a FITC-PSA, ezért a spermium akroszóma integritásának detektálására alkalmas. A PE-PNA további előnye, hogy a tojássárgája nem kötődik hozzá, mint a PSA-hoz. A kapacitáció állapota klór-tetraciklin (CTC) (Gillan és mtsai., 1997), a spermiumfark közepső részében működő mitokondriumok rodamin 123 (Evenson és mtsai., 1982), MitoTracter Green FM (Garner és mtsai., 1997), JC-1 (5,5',6,6'-tetrakloro-1,1',3,3'-tetraetil-benzimidazolyl-karbocianin-jodid) segítségével értékelhetőek. Huo és mtsai. (2002) fluoreszcens festéssel hígított, hosszú időn át tárolt kansperma életképességét, mitokondriális aktivitását, kapacitációt, valamint az akroszóma épségét vizsgálták. Gadella és Harrison (2002) MITO-t (MitoTracter™) használtak annak kimutatására, hogy a bikarbonátnak nincs hatása a kan spermiumok mitokondriumainak működésére. Althouse és Hopkins (1995) sertés sperma életképességét tanulmányozták két fluoreszcens festék kombinációjának alkalmazásával. Hipoozmotikus közegben a spermium membránjának funkcionális állapotát értékelhetjük. A spermiumok farka hipoozmotikus közegben feltekeredik az ozmotikus nyomás kiegyenlítése végett a vízpermeabilis membránján keresztül felvett vízmennyiség miatt. Az elhalt ondósejtek farka hipoozmotikus közegben nem tekeredik fel, ellentétben az élő, ép membránú spermiumfarkokkal szemben, így a teszt az élő és holt spermiumok megkülönböztetésére szolgálhat, viszont a spermium egyéb morfológiai értékelését nem tette lehetővé. Nagy és mtsai. (1999) HOST-teszt és Tripán kék-Giemsza festést kombinálva végeztek vizsgálatot kanspermán. Rövid idő alatt nagyszámú sejt (10000 sejt/minta, 1000–2000 spermium/másodperc) mérete, belső összetettsége, élő/elhalt mivolta, akroszómájának épsége, mitokondriumának aktivitása értékelhető az áramlási sejtanálízis segítségével. A spermiumok egyesével jutnak be a citométer mérőkamrájába, ahol lézersugár éri őket. Az általuk visszaverődő fény méretükről, belső szerkezetükről ad információt. A spermiumokhoz korábban kötődő fluoreszcens festékek gerjeszthetők a lézer segítségével, és egyéb más paraméterek vizsgálatára is szolgálhat. Napjainkban akár négy-hat fluoreszcens festék egyidejű használatára is lehetőség van a többlézeres citométerek segítségével.

KÖVETKEZTETÉSEK

A spermiumok számára a sejtmembrán döntő jelentőségű a fagyasztás–felolvasztás túlélése, és a termékenyítőképeség megőrzése szempontjából is. Optimális túlélést kell biztosítani a plazmamembrán részére az eljárás alatt. A membrán azonban nem egy homogén sejtalkotó, így hasonló kezelésekre a spermiumok különböző részei más-más választ adnak.

A mai napig eredménytelenek a spermium membránjának védelmét biztosító anyagok megtalálására irányuló kísérletek. A glicerol maradt használatban a membránokra gyakorolt ártalmas hatásai ellenére is.

A sertés sperma különös érzékenységet mutat a fagyasztási kezelésekkel szemben. A világ számos laboratóriumában végeztek és végeznek kutatómunkát a sertés sperma hosszantartó tárolásának megoldására. Ennek ellenére még mindig nincs a kezünkben sikeres metodika, ami megközelítené a friss ejakulátummal történő termékenyítési eredményeket, és a fagyasztott sertés sperma *in vivo* termékenyítőképességét pontosan megjósoló *in vitro* módszer sem áll rendelkezésünkre.

IRODALOM

- Almid, T., Johnson, L.A. (1988). Effects of glycerol concentrations, equilibration time and temperature of glycerol addition on post thaw motility of boar spermatozoa frozen in straws. *J. Anim. Sci.*, 66. 2899-2905.
- Almid, T., Clarke, R.N., Pursel, V.G., Johnson, L.A. (1989). Effectiveness of *in vitro* methods for predicting *in vivo* fertilizing capacity of boar spermatozoa cryopreserved with 2% or 4% glycerol. *Zuchthyg.* 24. 8-15.
- Althouse, G.C., Hopkins, S.M. (1995). Assessment of boar sperm viability using a combination of two fluorophores. *Theriogenology.* 43. 595-603.
- Amann, R.P., Pickett, B.W. (1987). Principles of cryopreservation and a review of cryopreservation of stallion spermatozoa. *J. Equine Vet. Sci.*, 7. 145-173.
- Bader, H. (1964). Untersuchungen über den Einfluss unterschiedlicher Abkühlungszeiten beim Tiefgefrieren von Ebersperma auf die Bewegungsaktivität der Samenzellen. Thesis. Tierärztliche Hochschule, Hannover.
- Bali Papp, Á., Nagy, Sz., Iváncsics, J., Kovács, A., Pécsi, T., Dohy, J. (1999). Comparison of viability and acrosome status of boar spermatozoa frozen on mini or maxi straws – 50th Annual Meeting of EAAP. 126.
- Bali Papp Á., Varga E., Kiss V. (2004). Sertés embriók mélyhűtésének lehetőségei. Állattenyésztés és takarmányozás. 53. 167-168.
- Bamba, K., Cran, D.G. (1985). Effect of rapid warming of boar semen on sperm morphology and physiology. *J. Reprod. Fert.*, 75. 133-138.
- Bamba, K., Cran, D.G. (1986). The effect of rapid warming of bull and rabbit semen. *J. Reprod. Fert.*, 82. 501-507.
- Bamba, K., Taniguchi, T., Kojima, J., Iida, I. (1968). Studies on the deep freezing of boar semen. VI. Effects of rapid freezing on survival of boar spermatozoa. *Jap. J. Anim. Reprod.*
- Berger, B., Fischerleitner, F. (1992). On deep freezing of boar semen: investigation on the effects of different straw volumes, methods of freezing and thawing extenders, *Reprod. Dom. Anim.*, 27. 266-270.
- Blom, E. (1950): A one-minute live-dead stain by means of eosin-nigrosin. *Fertil. Steril.* 1. 176-177.
- Borg, K., Colenbrander, B., Fazeli, A., Parlevliet, J., Malmgren, L. (1997). Influence of thawing method on motility, plasma membrane integrity and morphology of frozen-thawed stallion spermatozoa. *Theriogenology.* 48. 531-536.
- Buhr, M.M., Canvin, A.T., Bailey, J.L. (1989). Effects of semen preservation on boar spermatozoa head membranes. *Gamete Res.*, 23. 441-449.
- Buhr, M.M., Iser, P., Bailey, J.L., Curtis, E.F. (2001). Cryopreservation in different concentration of glycerol alters boar sperm and their membranes. *J. Androl.*, 22. 961-969.
- Bwanga, C.O., de Braganca, M.M., Einarsson, S., Rodriguez-Martinez, H. (1990). Cryopreservation of boar semen in Mini- and Maxi-straws, *J. Vet. Med. A.*, 37. 651-658.

- Canvin, A.T., Buhr, M.M. (1989). Effect of temperature on the fluidity of boar spermatozoa membranes. *J. Reprod. Fert.*, 85. 533-540.
- Catt, S.L., O'Brien, J.K., Maxwell, W.M.C., Evans, G. (1997). Assessment of ram and boar spermatozoa during cell storing by flow cytometry. *Reprod. Dom. Anim.*, 32. 251-258.
- Chacarov, E.L., Mollova, M.V. (1976). A one-act differential stain of the acrosome with active dyes. *J. Reprod. Fert.*, 48. 245-246.
- Cöster, C.G.E. (1978): Tiefgefrierkonservierung von Ebersperma in Kunststoffrohren. In vitro Untersuchungen zur Verfahrensverbesserung sowie Besamungsergebnisse nach Anwendung unterschiedlicher Inseminationsmediem und Technicken. Thesis. Tierärztliche Hochschule, Hannover.
- Crabo, B.G., Einarsson, S. (1971). Fertility of deep frozen boar semen. *Acta. Vet. Scand.*, 12. 125-127.
- Crabo, B.G., Brown, K.I., Graham, E.F. (1972a). Effect of some buffers on storage and freezing of boar spermatozoa. *J. Anim. Sci.*, 35. 377-382.
- Crabo, B.G., Einarsson, S., Lamm, A.M., Soosalu, O., Viring, S. (1972b). Studies on the fertility of deep frozen boar spermatozoa. *Proc. VIIth Int. Congr. Anim. Reprod. & A.I.*, Munich, 2. 1647-1652.
- Crabo, B.G., Graham, W.F., Larson, E.V. (1972c). The influence of thawing methods on frozen boar spermatozoa. *Cryobiology*. 9. 331.
- Cöster, C.G.E. (1978). Tiefgefrierkonservierung Von Ebersperma in Kunststoffrohren. In vitro Untersuchungen zur Verfahrensverbesserung sowie Besamungsergebnisse nach Anwendung unterschiedlicher Inseminationsmediem und Technicken. Thesis. Tierärztliche Hochschule, Hannover.
- Dalrymple, J.R., Macpherson, J.W. (1969). Low temperature preservation of boar spermatozoa. *Can. J. Anim. Sci.*, 49. 45-49.
- Dott, H.M., Foster, G.C. (1972): A technique for studying the morphology of mammalian spermatozoa which are eosinophilic in a differential 'live/dead' stain. *J. Reprod. Fert.*, 29, 443-445.
- Dresser, D.W., Atkins, C.J., Pinder, A., Morell, J.M. (1993). Analyses of DNA content of living spermatozoa using flow cytometry techniques. *J. Reprod. Fert.*, 98. 357-365.
- Dukelow, W.R., Graham, E.F. (1962). Freezing of porcine semen. *J. Anim. Sci.*, 21. 1020-1021.
- Einarsson, S. (1971). Studies on the composition of epididymal content and semen in the boar, *Acta Vet. Scand.*, 36.
- Einarsson, S., Soosalu, O., Swensson, T., Viring, S. (1972). On the fertility and survival of deep frozen boar spermatozoa thawed in skim milk. *Acta. Vet. Scand.*, 13. 446-448.
- Einarsson, S. (1973). Deep freezing of boar spermatozoa. *World. Rev. Anim. Prod.*, 1973. 9. 45-51.
- Einarsson, S., Swensson, T., Viring, S. (1973). A field trial on the fertility of deep frozen boar spermatozoa. *Nord. Vet. Med.*, 25. 372-376.
- Ericsson, S.A., Garner, D.L., Redelman, D., Ahmad, K. (1989). Assessment of the viability and fertilizing potential of cryopreserved bovine spermatozoa using dual fluorescent staining and two-flow cytometric systems. *Gamete Res.*, 22. 355-368.
- Ericsson, S.A., Garner, D.L., Thomas, C.A., Downing, T.W., Marchall, C.E. (1993). Inter-relationship among fluorometric analyses of spermatozoal function, classical semen quality parameters and the fertility of frozen-thawed bovine spermatozoa. *Theriogenology*. 39. 1009-1024.

- Eriksson, B.M., Rodriguez-Martinez, H. (2000). Effect of freezing and thawing rates on the post-thaw viability of boar spermatozoa frozen in FlatPacks and Maxi-straws, *Anim. Reprod. Sci.*, 63. 205-220.
- Eriksson, B.M., Vazquez, J.M., Martinez, E.A., Roca, J., Lucas, X., Rodriguez-Martinez, H. (2001): Effects of holding time during cooling and of type of package on plasma membrane integrity, motility and in vitro oocyte penetration ability of frozen-thawed boar spermatozoa. *Therio.* 55. 1593-605.
- Eriksson, B.M., Petersson, H., Rodriguez-Martinez, H. (2002). Field fertility with exported boar semen freezing into the new FlatPack container, *Therio.* 58. 1065-1079.
- Evenson D.P., Darzynkiewicz Z., Melamed M.R. (1982): Simultaneous measurement by flow cytometry of sperm cell viability and mitochondrial membrane potential related to cell motility. *J. Histochem. Cytochem.* 30. 279-280.
- Evenson, D.P., Thompson, L., Lost, L. (1994). Flow cytometric evaluation of boar semen by the sperm chromatin structure assay as related to cryopreservation and fertility. *Theriogenology.* 41. 637-651.
- Ewert, L. (1988). Versuche zur Vorbereitung von Ebersperma für die Kryokonservierung in Kunststoffröhren und biologisch-physikalische Aspekte beim Auftauendurch Mikrowellen. Thesis. Tier Hochschule, Hannover.
- Fiser, P.S., Fairfull R.W. (1990). Combined effect of glycerol concentration and cooling velocity on motility and acrosomal integrity of boar spermatozoa frozen in 0.5ml straws. *Mol. Reprod. Devel.*, 25. 123-129.
- Fiser, P.S., Fairfull, R.W., Hansen, C., Panich, P.L., Shrestha, J.N.B., Underhill, L. (1993). The effect of warming velocity on motility and acrosomal integrity of boar sperm as influenced by the rate of and glycerol level. *Molec. Reprod. Devel.*, 34. 190-195.
- Gadea, J., Sellés, E., Marco, M.A., Coy, P., Matás, C., Romar, R., Ruiz, S. (2004). Decrease in glutathione content in boar sperm after cryopreservation. Effect of the addition of reduced glutathione to the freezing and thawing extenders. *Therio.* 62. 690-701.
- Gadella, B.M., Harrison, R.A.P. (2002). Capacitation induced cyclic adenosin 3',5'-monophosphate dependent, but apoptosis unrelated, exposure of aminophospholipids at the apical head plasma membrane of boar sperm cells, *Biol. Reprod.*, 67. 340-50.
- Garner, D.L., Dobrinsky, J.R., Welch, G.R., Johnsson, L.A. (1996). Porcine sperm viability, oocyte fertilization and embryo development after staining spermatozoa with SYBR-14. *Theriogenology.* 45. 1103-1113.
- Garner, D.L., Johnsson, L.A. (1995). Viability assessment of mammalian sperm using SYBR-14 and propidium iodide. *Biol. Reprod.*, 53. 276-284.
- Garner, D.L., Pinkel, D., Johnsson, L.A., Pace, M.M. (1986). Assessment of spermatozoal function using dual fluorescent staining and flow cytometric analysis. *Biol. Reprod.*, 34. 127-138.
- Garner, D.L., Thomas, C.A., Joerg, H.W., DeJarnette, J.M., Marchall, C.E. (1997). Fluorometric assessment of mitochondrial function and viability in cryopreserved bovine spermatozoa. *Biol. Reprod.*, 57. 1401-1406.
- Gillan, L., Evans, G., Maxwell, W.M.C. (1997). Capacitation status and fertility of fresh and frozen-thawed ram spermatozoa. *Reprod. Fert. Dev.*, 9. 481-487.
- Graham, E.F., Crabo, B.G. (1972). Some factors influencing the freezing of boar spermatozoa. *Proc. VIIth Int. Congr. Anim. Reprod. & A.I., Munich.* 2. 1627-1632.

- Graham, E.F., Rajamannan, A.F.I.J., Schmehl, M.K.L., Maki-Laurila, M., Bower, R.E. (1971a). Preliminary report on procedure and rationale for freezing boar spermatozoa. *A.I. Digest*, 19. 12-14.
- Graham, E.F., Rajamannan, A.H.J., Schmehl, M.K.L., Maki-Laurila, M., Bower, R.E. (1971b). Fertility studies with frozen boar spermatozoa. *A.I. Digest*. 19. 16-18.
- Graham, J.K., Kunze, E., Hammertedt, R.H. (1990). Analysis of sperm cell viability, acrosomal integrity, and mitochondrial function using flow cytometry. *Biol. Reprod.*, 43. 55-64.
- Halangk, W., Bohnensack, R. (1982). A quick test for the simultaneous determination of intactness and concentration of spermatozoa. *Acta Biol. Med. Germ.*, 41. 899-905.
- Hancock, J.L. (1952). Cit: Watson, P.F.: Use of a Giemsa stain to detect changes in acrosomes of frozen ram spermatozoa. *Vet. Rec.*, 1975. 97. 12-15.
- Harrison, R.A.P., Vickers, S.E. (1990). Use of fluorescent probes to assess membrane integrity in mammalian spermatozoa. *J. Reprod. Fert.*, 88. 343-352.
- Hernandez, M., Roca, J., Ballester, J., Vazquez, J.M., Martinez, E.A., Johannisson, A. (2006). Differences in SCSA outcome among boars with different sperm freezability. *Int. J. Androl.*, 29. 583-591.
- Hernandez, M., Roca, J., Gil, M.A., Vazquez, J.M., Martinez, E.A. (2007). Adjustments on the cryopreservation conditions reduce the incidence of boar ejaculates with poor sperm freezability. *Therio*. 67. 1436-1445.
- Hess, E.A., Ludwick, T.M., Teague, H.S. (1960). Motility of boar spermatozoa as influenced by semen freezing procedure. *J. Anim. Sci.*, 19. 926-931
- Hoffmann, H.H. (1959): *Versuche zur Frostkonservierung des Ebersamens*. Thesis. Tierärztliche Hochschule, München.
- Huo, L.J., Ma, X.H., Yang, Z.M. (2002). Assessment of sperm viability, mitochondrial activity, capacitation and acrosome intactness in extended boar semen during long-term storage. *Therio*. 58. 1349-60.
- Iida, I., Adachi, T. (1966). Studies on deep freezing of boar semen. I. Effects of various diluents, glycerol levels and glycerol equilibration periods on deep freezing of boar spermatozoa. *Jap. J. Zootec. Sci.*, 37. 411-416.
- Johnsson, L.A., Maxwell, W.M.C., Dobrinsky, JR, Welch, G. (1995). Staining sperm for viability assessment. *Proc. 3rd Int. Congr. on Boar Semen Preservation.*, Blackwell Wissenschafts-Verlag, Berlin, 37-47.
- Kasten, F.H. (1980). Methods for fluorescence microscopy. *Staining Procedures*. Clark G ed. Williams and Wilkins, Baltimore, 39-103.
- King, G.J., Macpherson, J.W. (1966). Boar semen studies. II. Laboratory and fertility of a method for deep freezing. *Can. J. Comp. Med.*, 31. 46.
- Kojima Y., Iida I., Bamba K., Kobayashi S. (1967). Studies on deep freezing of boar semen. Additional effects of DMSO as a cryoprotective agent. *Japan J. Anim. Reprod.*, 13. 149-155.
- Kovács, A., Foote, R.H. (1992). Viability and acrosome staining of bull, boar, and rabbit spermatozoa. *Biotech. And Histochem.*, 67. 119-124.
- Larson, E.V., Graham, E.F. (1973). Measurements of cooling rates and cell survival different points within a sphere. *Cryobiology*, 10. 515.
- Larson, J.L., Miller, D.J. (1999). Simple histochemical stain for acrosomes on sperm from several species. *Mol. Reprod. Dev.* 52. 445-449.
- Larsson, K., Einarsson, S. (1976). Fertility of deep frozen boar spermatozoa. Influence of thaw diluents and of boars. *Acta Vvet. Scand.*, 17. 43-62.

- Larsson, K., Einarsson, S., Bane, A. (1976). The fertility of boar semen frozen by two different methods. Proc. VIIIth Int. Congr. Anim. Reprod. & A.I. Cracow, 4. 1024-1026.
- Larsson, K., Einarsson, S., Swensson, T. (1977). The development of a practicable method for freezing of boar spermatozoa. Nord. Vet. Med., 29. 113-118.
- Lasley, J.F., Easley, G.T., McKenzie, F.F. (1942). A staining method for the differentiation of live and dead spermatozoa. I. Applicability to the staining of ram spermatozoa. Anat. Rec., 82. 167-173.
- Mantegazza, P.: Sullo sperma umano. Rc. Inst. Lomb. Sci. Lett. 1866, 13, 183-196. Cited by Watson, P.F. (1979). The preservation of semen in mammal. In: Oxford Reviews of Reproductive Biology. Ed. Finn CA. Clarendon, Press, Oxford, 1. 283-350.
- Mazur, P. (1977). The role of intracellular freezing in the death of cells cooled at supraoptimal rates. Cryobiology. 14. 251-272.
- Medrano, A., Watson, P.F., Holt, W.V. (2002). Importance of cooling rate and animal variability for boar sperm cryopreservation: insights from the cryomicroscope. Reprod., 123. 315-322.
- Nagy, Sz., Jansen, J., Topper, E.K., Gadella, B.M. (2002). A triple-stain flow cytometric method to assess plasma- and acrosome membran integrity of cryopreserved bovine sperm immediately after thawing in presence of egg-yolk particles. Biol Repr., 68. 1828-1835.
- Nagase, H., Niwa, T. (1963). Studies on the deep freezing technique for bull semen. III. Deep freezing of bull semen in pellet form. Japan J. Anim. Reprod., 9. 73-77.
- Nagy, Sz., Házás, G., Bali Papp, Á., Iváncsics, J., Szász, F., Szász, F. Jr., Kovács, A., Foote, R.H. (1999). Evaluation of sperm tail membrane integrity by light microscopy. Theriogenology. 52. 1153-1159.
- Narendra, P., Ralph, S., Stephens, E. (1986). A novel technique for viable cell determinations. Stains technology. 61. 315-318.
- Obando, H., Tamayo, T., Alvaro, C. (1984). Evaluation of some factors affecting swine spermatozoa during freezing. Proc. Xth Int. Congr. Anim. Reprod. A.I. Urbana, 2. 193.
- Oetlér, E.E. (1986). Using a new acrosome stain to evaluate sperm morphology. Food Animal Practice. 263-266.
- Osinowo, O., Salamon, S. (1976). Examination of some processing methods for freezing boar semen. Aust. J. Biol. Sci., 29. 325-333.
- Paquignon, M, du Mesnil du Buisson, F. (1973). Fertilité et proloficite de truies inseminees avec du sperme congele. Comparaison de deux diluurs. J. Rech. Porcine en France. 49-57.
- Paquignon, M., Courot, M. (1976). Fertilizing capacity of frozen boar spermatozoa. Proc. VIIIth Int. Congr. Anim. Reprod. & A.I, Cracow, 4. 1041-1044.
- Park, H.K., Kim, S.H., Kim, K.J., Choi, K.M. (1977). Studies on the frozen boar semen. I. Studies on the development of diluents for freezing of boar semen. Korean J. Anim. Sci., 19. 260-266.
- Pavelko, M.K., Crabo, B.G. (1976). Possible importance of some sperm coating proteins and their behaviour during preservation of boar spermatozoa. Proc. VIIIth Int. Congr. Anim. Reprod. & A.I., Cracow, 4. 1045-1048.
- Polge, C. (1956). Artificial Insemination in Pigs. Vet. Rec., 68. 62-76.
- Polge, C. (1976). The fertilizing capacity of boar spermatozoa following freezing and thawing. Proc. VIIIth Int. Congr. Anim. Reprod. & A.I, Cracow, 4. 1061-1064.
- Polge, C., Salamon, S., Wilmut, I. (1970). Fertilizing capacity of frozen boar semen following surgical insemination Vet. Rec., 87. 424-428.

- Polge, C., Smith, A.U., Parkes, A.S. (1949). Revival of spermatozoa after vitrification and dehydration at low temperature. *Nature*. 164. 666.
- Pontbriand, D., Howard, J.G., Schiewe, M.C., Stuart, L.D., Wildt, D.E.(1989): Effect of cryoprotective diluent and method of freeze-thawing on survival and acrosomal integrity of ram spermatozoa. *Cryobiology*. 26. 341-354.
- Pursel, V.G., Johnson, L.A. (1971a). Procedures for the preservation of of boar spermatozoa by freezing. *U.S. Dept. Agric.*, 44. 227.
- Pursel, V.G., Johnson, L.A. (1971b). Fertilizing capacity of frozen boar spermatozoa. *J. Anim. Sci.*, 33. 1162.
- Pursel, V.G., Johnson, L.A., Schulman, L.L. (1972). Interaction of extender composition and incubation period on cold shock susceptibility os boar spermatozoa. *J. Anim. Sci.* 35. 580-584.
- Pursel, V.G., Johnson, L.A. (1975). Freezing of boar spermatozoa. Fertilizing capacity with concentrated semen and a new thawning procedure. *J. Anim. Sci.*, 40. 99-102.
- Pursel, V.G., Johnson, L.A. (1976). Frozen boar spermatozoa: Methods of thawning pellets. *J. Anim. Sci.*, 42. 927-931.
- Pursel, V.G., Schulman, L.L., Johnson, L.A. (1978). Effect of Orvus ES paste on acrosome morphology, motility and fertilizing capacity of frozen-thawed boar sperm. *J. Anim. Sci.*, 47. 198-202.
- Pursel, V.G., Parks, C.S. (1985). Freezing and thawing procedures for boar spermatozoa. In: L.A. Johnson, K. Larsson. eds. "Deep Freezing of Boar Semen." Uppsala, Sweeden. Swedish University of Agricultural Science. 147-166.
- Rauhaus, H. (1990): Untersuchungen zur Morphologie und Lebend-Tot-Färbung von Spermien einiger Haustierarten. Inaugural-Dissertation, München,
- Renard, P., Drenou, B., Griveau, J.F., Le Lannou, D. (1995). Assessment of acrosome-reacted boar spermatozoa using monoclonal antibody GB 24 and propidium iodide. *Theriogenology*. 43. 927-938.
- Richter, L., Liedicke, A. (1972). Method of deep freezing of boar semen. *Proc. VIIth Int. Congr. Anim. Reprod. & A.I. Munich*. 2. 1617-1621.
- Roca, J., Carvajal, G., Lucas, X., Va'zquez, J.M., Marty'nez, E.A. (2003). Fertility of weaned sows after deep intrauterine insemination with a reduced number of frozen-thawed spermatozoa. *Therio*. 60. 77-87.
- Rodriguez-Martinez, H., Ericsson, B., Lundeheim, I. (1996). Freezing boar semen in flat plastic bags. Membrane integrity and fertility. III. *Proc. 3rd Int. Conf. Deep Freezing Boar Semen. Reprod. Dom. Anim.* 31 Blackwell, Berlin, 161-168.
- Rohloff, D. (1967). Tiefgefrierung von Ebersperma in pelletform bei -196°C. *Zuchtyg.* 2. 75-77.
- Salamon, S., Visser, D. (1972). Insemination with frozen boar semen. *Proc. VIIth Int Congr. Anim. Reprod. & A.I. Munich*, 2. 1645-1646.
- Salamon, S., Wilmut, I., Polge, C. (1973). Deep freezing of boar semen. I. Effects of diluent composition, protective agents and method of thawning on survival of spermatozoa. *Aust. J. Biol. Sci.*, 26. 219-230.
- Saravia, F., Wallgren, M., Nagy, S., Johannisson, A., Rodriguez-Martinez, H. (2005). Deep freezing of concentrated boar semen for intrauterine insemination: effects on sperm viability. *Therio*. 63. 1320-33.
- Sarhaddi, F., Iváncsics, J., Farkas, Á. (1995). Evaluation of the effect of sedimentation magnetic field on acrosome status of ram spermatozoa. *Acta Agronomica Óváriensis*. 37. 2. 185-191.

- Senegacnik, J., Vengust, M., Bajt, G. (1980). The influence of some freezing and thawing buffers on vitality of thawed boar spermatozoa. Proc. IXth Int. Congr. Anim. Reprod. & A.I. Madrid, 445-448.
- Settergren, I. (1958). Experiments on the Deep-freezing of Boar Semen at -79 C. Proc. VIIIth Nord. Vet. Congr. Helsingfors, 705-707.
- Shaffer, H.E., Almquist, J.O. (1948). Vital staining of bovine spermatozoa with an ezoin-aniline blue staining mixture. J. Dairy Sci., 31. 677-678.
- Simmet, C. (1993). Kältephysikalische Aspekte der Gefrierkonservierung von Ebersperma in ihrer Auswirkung auf Samenqualität und Befruchtungsrate, Thesis, Hannover Veterinary College.
- Spallanzani, L. (1776). Opuscoli di fisca animale e vegetabile. Opuscolo II. Osservazioni e sperienze intorno ai vermicelli spermatici dell' homo e degli animali. Moderna. Cited by Watson, P.F. (1979), in this reference list.
- Talbot, P., Chacon, R.S. (1981). A triple-stain technique for evaluating normal acrosome reactions of human sperm. J. Exp. Zool., 215. 201-208.
- Tuli, R.K., Schmidt-Baulain, R., Holtz, W. (1992). Computer-assisted motility assessment of spermatozoa from fresh and frozen-thawed semen of the bull, boar and goat. Theriogenology. 38. 487-490.
- De Valcarcel, A., las Heras, M.A., Perez, L.J., Moses, D.F., Baldassarre, H. (1994). Fluorescent staining as a method of assessing membrane damage and post thaw survival of ram spermatozoa. Theriogenology. 41. 483-489.
- Verheyen, G., Pletincx, I., VanSteirteghem, A. (1993). Effect of freezing method, thawing temperature and post-thaw dilution/washing on motility (CASA) and morphology characteristics of high-quality human sperm. Hum. Reprod., 8. 1678-1684.
- Vincente, A. (1972). Technology of freezing boar semen. In: Proc. VIIth Int. Congr. Anim. Reprod. & A.I. Munich, 2. 1623-1628.
- Visser, D., Salamon, S. (1974). Effect of composition of Tris-based diluent on survival of boar spermatozoa following deep freezing. Aust. J. Biol. Sci., 27. 485-497.
- Watson, P.F. (1975). Use of a Giemsa stain to detect changes in acrosomes of frozen ram spermatozoa. Vet. Rec., 97. 12-15.
- Watson, P.F. (1981). The Effects of cold shock on sperm cell membranes. In: Effects of Low Temperatures on Biological Membranes. Ed. Morris GJ, Ciarke A. Academic Press, London, 189-218.
- Weitze, K.F, Fazano, F., Rath, D. (1985). Deep freezing of boar semen in macro- and minitubes. In: Deep Freezing of Boar Semen. Ed. Johnson LA, Larsson K. Swedish Univ. Agric. Sci. Uppsala, 268-269.
- Weitze, K.F., Rath, D., Baron, G. (1987). Nene Aspekte der Tiefgefrierkonservierung von Ebersperma in Plastikröhren. Deutsch. Tierarzt. Wochensch., 94. 485-488.
- Weitze, K.F., Rath, D., Leps, H. (1988). Influence of volume/surface ratio of plastic packages upon freeze-thaw rate and fertility of boar semen. Proc. 11th Int. Cong. Anim. Reprod. Insem., Dublin, 3. 312.
- Wells, M.E., Awa, O.A. (1970). New technique for assessing acrosomal characteristics of spermatozoa. J. Dairy Sci., 53. 2. 227-232.
- Westendorf, P., Richter, L., Trew, H. (1975). Für Tiefgefrierung von Ebersperma. Deutsch. Tierarz. Wochenschr., 83. 251-30.
- Westendorf, P., Richter, L., Treu, H. (1975). Zur tiefgefrierung von Ebersperma Labor- und Besamungsergebnisse mit dem Hulsenberger Pailletten-Verfahren. Dtsch. Tierärztl. Wochenschr., 82, 261-300.

- Wilmut, I., Polge, C. (1972). The freezing of boar spermatozoa. Proc. VIIth Int Congr. Anim. Reprod. & A.I. Munich, 2. 1611-1615.
- Wilmut, I., Polge, C. (1977a). The low temperature preservation of boar spermatozoa. I. The motility and morphology of boar spermatozoa frozen and thawed in the presence of permeating protective agents. Cryobiology. 14, 471-478.
- Wilmut, I., Polge, C. (1977b). The low temperature preservation of boar spermatozoa. II. The motility and morphology of boar spermatozoa frozen and thawed in diluent which contained only sugar and egg yolk. Cryobiology. 14. 479-482.
- Wilmut, I., Salamon, S., Polge, C. (1973).: Deep of boar semen. II. Effects of method of dilution, glycerol concentration, and time of semen-glycerol contact on survival of spermatozoa. Aust. J. Biol. Sci., 26. 231.

Levelezési cím (*Corresponding author*):

Makkosné Petz Brigitta

H-9211 Feketeerdő, Dózsa György u. 1.

e-mail: insulin_hu@yahoo.de



Az erdei szalonka (*Scolopax rusticola* L.) szaporodásbiológiai jellemzőinek vizsgálata

Elblinger¹ E., Fluck² D., Szász¹ S., Nemes³ Cs.

¹Kaposvári Egyetem, Állattudományi Kar, 7400 Kaposvár, Guba Sándor út 40.

²Ganz Transelektro Közlekedési Rt., 1065 Budapest, Király utca 16

³OAI Kaposvári Állategészségügyi Intézet, 7400 Kaposvár, Cseri u. 18.

ÖSSZEFOGLALÁS

Az erdei szalonka (*Scolopax rusticola* L.) az eurázsiai kontinens azon belül Európa mérsékelt övi területeinek nagy részén elterjedt, és vadászható madárfaj. A jelenlegi feltételezések szerint európai állománya a jelentős vadászat ellenére is stabil. Az európai terítéket megközelítően 4 millió példány teszi ki, melynek kevesebb, mint 0,3%- át adja a magyar teríték. A magyarországi lesvadászatának nagy hagyománya van, március 1. és április 10. között napi négy darab lőhető vadászónként, melyet igen ritkán érnek el. Az Európai Unió Madárvédelmi Irányelvek szerint tilos a vonuló madarakat a fészkelő területeikre való vonulásuk közben vadászni. Ennek értelmében az EU-hoz történt csatlakozásunk után kérdésessé vált a tavaszi szalonkavadászat lehetősége. Magyarország derogációt kapott erre vonatkozólag, amennyiben a vadászati hatóság folyamatosan megfigyelés alatt tartja a vonuló populációt és adatokat szolgáltat az illetékes minisztériumok felé. Vizsgálataink során választ kerestünk arra, hogy a Magyarországon márciusban és április elején átvonuló szalonkák ivarilag aktív szakaszban vannak-e? Mindezt az ivarszervek szövettani vizsgálatának segítségével végeztük el. A vizsgálat során 2003-as és 2004-es vadászati szezonokban véletlenszerű mintavételezéssel, az ország 19 pontjáról, szalonkavadászok segítségével gyűjtöttük az elejtett madarakat. Az ivarszerveket 10%-os formalinban tartósítottuk. Ezekből a későbbiek során szövettani metszetek készültek az ivari aktivitás megállapítására. Az ivari aktivitás mikroszkópos vizsgálatai kimutatták mind a tojók, mind a kakasok esetében, hogy azok ivari aktivitásuk kezdeti stádiumában vannak. A szövettani metszeteket vizsgálva a petefészkeken fejlődő tüszőket találtunk és csak kis hányadukban volt látható a levált petesejt visszamaradt tokja. Képződő tojásokat nem találtunk a tojásképző szervrendszerben. A vizsgált herecsatornácskák üregében részben képződő spermiumokat, kisebb számban levált spermatogóniumokat találtunk.

(Kulcsszavak: erdei szalonka, ivari aktivitás, petefészek, here)

ABSTRACT

Analysis of the reproduction biology characteristics of the woodcock (*Scolopax rusticola* L.)

E. Elblinger¹, D. Fluck², S. Szász¹, Cs. Nemes³

¹Kaposvár University, Faculty of Animal Sciences, H-7400 Kaposvár, Guba Sándor út 40.

²Ganz Transelektro Ltd., H-1065 Budapest, Király utca 16

³Central Agricultural Office, Directorate of Veterinary Diagnostics, Kaposvár Unit, H-7400 Kaposvár, Cseri út 18.

Woodcock is a widespread and fair bird species in Eurasia, especially in the temperate zone of Europe. The population size in spite of the considerable hunting is steady. The

European population runs to roughly four million specimens and Hungary only gives its 0.3%. In Hungary hunting has a long tradition. Between 1 March and 10 April four woodcocks per day can be shot that is quite rarely achieved. According to The Enforcement of the Wild Birds Directive it is not allowed to hunt migratory birds while they migrate towards their nesting area. Accordingly - after joining the EU - the opportunity of spring hunting of woodcocks became uncertain. Hungary was given a derogation of this directive if the hunting authority constantly monitors the migratory population and gives data towards the competent ministries. During our research we were looking for the answer whether woodcocks migrating through Hungary in March and the beginning of April are sexually active. It was evaluated with the help of biopsy and histological investigation of the sexual organs. During the research in the hunting seasons of 2003 and 2004 we have collected samples with the aid of woodcock hunters from 19 different areas of the country by chance. The sexual organs were preserved in 10% formaldehyde. Histological segments were taken from them to point out sexual activity. The microscopic analyses showed that both males and females were in their early stage of sexual activity. Examining the histological cuts we found growing follicles in the ovaries and only in a few of them were seen the calix. Developing eggs were not found in the ovaries. In the cavity of the examined testicle channels sperms and spermatogony were found.

(Keywords: woodcocks, sexual activity, ovary, testicle)

BEVEZETÉS

Magyarországon nagyon fontos az erdei szalonka szaporodásbiológiájának kutatása, ugyanis az Európai Unióba történt belépésünkkel megkérdőjeleződött a hazánkban engedélyezett tavaszi vadászatának létjogosultsága. Az erdei szalonkát az EU Madárvédelmi Irányelvei is érintik, melyek tiltják a költőhelyeikre történő vonulás időszakában vonuló madarak vadászatát (Faragó, 2004). Az EU hatóságai a csatlakozásunkat követő 3 hónapban nem támadták meg az erdei szalonka tavaszi, húzáson történő vadászatát. A jelenlegi szabályozás szerint ez a vadászati mód megmaradhat, amennyiben az adott tagország illetékes minisztériumai értékelik a vadászatnak az állományra gyakorolt hatását, és a folyamatosan gyűjtött vizsgálati adatok alapján alakítják ki álláspontjukat (Elblinger, 2004). Ehhez kívántunk széles körű mintagyűjtéssel, azok diagnosztikai boncolásával és az ivarszervekből készített metszeteken elvégzett vizsgálatokkal és az adatok elemzésével hozzájárulni.

Az erdei szalonka gazdasági jelentősége, vadászata

Magyarországon az erdei szalonka jelenleg csak tavasszal, hajnali és alkonyati húzáson vadászható lesvadászat formájában, melynek ideje március 1- április 10-ig tart, ez idő alatt a teríték átlagosan 8000–10000 példányt tesz ki, és nem változik számottevően. (Faragó, 2004). A fajt érinti az EU Madárvédelmi Irányelvek II/1. melléklete, mely tiltja a felsorolt vadászható fajok vadászatát a költőhelyeikre történő vonulás alatt és III/2. melléklete, mely engedélyezi a felsorolt állatfajok kereskedelmét, amennyiben azok megszerzése legális és ha a tagállam előzetesen egyeztetett az Európai Bizottsággal (Faragó, 2002; Rakonczay, 1994). 2004. május 1. után eltelt 3 hónapon belül az EU nem támadta meg ezt a tradicionális vadászati módot, ezért a magyar illetékes minisztériumok hatáskörébe került -rendelkezésre álló adatok alapján- a döntés joga.

A FANBPO (Nyugati Félteke Palearktikus Régió Szalonkázóinak Nemzeti Szövetsége) nyolc tagországgal 2004-ben alakult meg, amelynek egyik alapító tagja a

magyar tagszervezet is. A nemzetközi szervezet az említetteken túl, a vadászok hivatalos álláspontját is képviselni tudja akár az EU szervezetekkel és hatóságokkal szemben is. Programjában szerepel a kedvezőtlen környezeti hatások, élőhely változások, a "vadászati nyomás" figyelése, a szalonkavadászat és kereskedelmének csökkentése, a vadorzás elleni küzdelem, esetleg rezervátumok létrehozása (*Elblinger*, 2004).

A madarak szaporodásbiológiájáról

A vizsgálatok alapját az adta, hogy az ivari aktivizálódás időszakában megállapítható az ivarszervek szöveti felépítésének megváltozása. Így az aktív herék 400-500-szor nagyobbak, mint a nyugalmi állapotban lévők (*Mödlinger* és *Kapocsy*, 1980), ez a jelenség főként az ivari ciklusban szezonalitást mutató vadon élő madarakban kifejezett (*Péczely*, 1987). Ezt igazolták a Franciaországban a téli időszakban vizsgált szalonkák esetében is a herék hossza 10 mm, átmérője 3–4 mm tömegük 0,4–0,5 g. Ugyanezek a biológiai paraméterek áprilisban a fészekrakási időszakban jelentős növekedést mutattak, mely szerint a here hossza 30–35 mm, átmérője 10 mm, tömege 2–2,5 g (*Boidot*, 2005). A madarak hím nemi szervei a páros heréből, mellékheréből és ondóvezetőből állnak. A hím madarak ivarmirigye a here, mely páros, bab alakú cytotogen és endokrin szerv. A vesék craniális lebenye felett helyeződnek, a hasüreg dorsális falához savós szalagok rögzítik. A működésükhöz szükséges optimális hőmérsékletet a mellettük lévő légzsákok biztosítják. A bal oldali here kevéssel nagyobb, mint a jobb oldali (*Fehér*, 1980; *Mödlinger* és *Kapocsy*, 1980; *Elliot és mtsai.*, 1992). A herék belsejében sűrűn elágazó herecsatornácskák találhatók, amelyekben a spermiumok képződnek a spermiogenezis során. Ez a folyamat a mérsékelt égövi madaraknál elhúzódik, vagy a többször költő fajoknál, mint az erdei szalonka, ciklikusan jelentkeznek (*Mödlinger* és *Kapocsy*, 1980). Az aktív herében osztódó spermatogóniumok felett a csatornácskák felé haladva, viszonylag szabályos rétegeket alkotva, az első-, és másodrendű spermatocyták, valamint a nagy, háromszög alakú Sertoli-sejtek közé csoportosult spermatidák, és fejlődő spermiumok figyelhetők meg. A nőivarú madár ivarkészüléke a petefészkekből és a petevezetőből áll, melyek eredetileg párosak, azonban a madarak többségében csak a baloldali alakulnak ki, ugyanis az embrionális fejlődés 7. napjától kezdődően az anti-Müller hormon hatására a jobboldali ivarszerv kezdemények hanyatlásnak indulnak, és nem alakulnak ki ezek származékai (*Táskai*, 2000; *Elliot et al.*, 1992). A madár petefészke a median síktól balra helyeződik (*Táskai*, 2000), savóshártya kettőzettel, és a hasi légzsák által fedett üregben található (*Péczely*, 1987). Felületét vékony kötőszövetes tok borítja, alatta egyrétegű csirahám van, mely kapcsolódik a laza rostos kötőszövetből álló, sok simaizomsejtet tartalmazó stromához (*Táskai*, 2000; *Péczely*, 1987), állományát kéreg- és velőállományra osztjuk (*Táskai*, 2000). *Péczely* (1987) ezen túl ismerteti, hogy a lebenyezett kéregállományban található a különböző fejlődési stádiumban lévő fehér- és sárga tüszők. A pubertás, illetve a szezonális érés eredményeként a potenciálisan ivarérett madarak petefészke működőképés állapotba kerül. Ezt a fajra jellemző számú tüszők megérését, illetve a petesejtek ovulációját jelenti (*Péczely*, 1987). A maturációs periódusban a sárga tüszők négy generációja van jelen: kis sárga- (F4), középnyag sárga- (F3), nagy sárga- (F2), és preovulációs (F1) tüszők. *Péczely* (1987) szerint ezek közül legnagyobb számban a 8–12 kis-, majd csökkenő sorrendben 4–6 középnyag-, 1–4 nagy-, és 1 preovulációs tüsző található. Az ovuláció során a tüsző fala felreped, a petesejt kiszabadul (*Táskai*, 2000). A granulosa sejtek a kehely alakú posztovulációs folliculusban (calix) maradnak vissza, amely rövid élettartamú, csökkenő méretű képlet. Az ovuláció után megfigyelhető a calix zsíros degenerációja, és a folyamat végén az autolitikus folyamatok eredményeként a calix fokozatosan eltűnik (*Péczely*, 1987).

ANYAG ÉS MÓDSZER

A mintavételezés módszere és a minták feldolgozása

A szövettani vizsgálatok a 2003-ban és 2004-ben gyűjtött 69 minta alapján történtek (1. táblázat). A vadászok által fagyasztással tartósított, elejtett madarat a vadászati szezon befejeztével gyűjtöttük össze (1. ábra). Az ivarszerveket eltávolítottuk a szalonkákból, majd 10%-os neutrális formalinban fixáltuk. A mikroszkopikus vizsgálatok az ivari aktivitás megfigyelésére irányultak, ehhez fagyasztva- vágás módszerével metszeteket készítettünk, melyeket hematoxilín- eozinnal festettünk.

1. táblázat

A vizsgálatba vont erdei szalonkák egyedszáma, tetem- tömege és kor szerinti eloszlása

Gyűjtés éve	Kakasok száma (db)	Kakasok tömege (g)	Kakasok kora (%)		Tojók száma (db)	Tojók tömege (g)	Tojók kora (%)	
			Juv.	Ad.			Juv.	Ad.
2003	70	303	91,2	8,8			8,8	91,2
2004	35	319	73,9	26,1	14	334	26,1	73,9
Évek átlaga		311	82,55	17,45		324	17,45	82,5

Table 1.: Number of analysed woodcocks dead weight and age distribution

EREDMÉNY ÉS ÉRTÉKELÉS

Az ivari aktivitás megállapítására diagnosztikai boncolással (1. és 2 ábra), valamint szövettani vizsgálatokkal történt.

1. ábra

Ivarilag aktív herék egy vizsgált erdei szalonkában *Bischof (2005)* nyomán

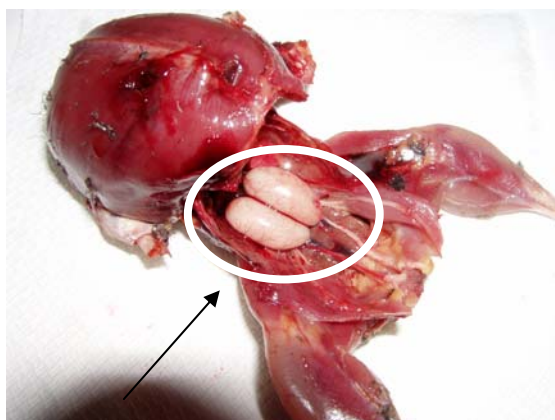


Figure 1. Sexually active testes of the woodcock (*Bischof, 2005*)

2. ábra

A tojó petefészke a boncolt madárban *Bischof* (2005) nyomán

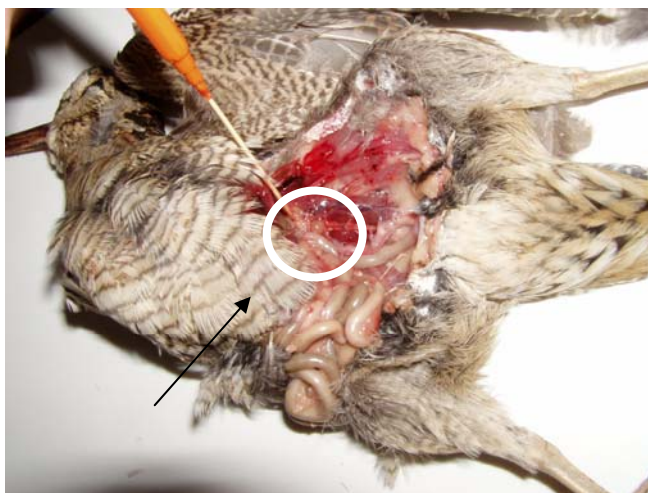


Figure 2. Ovaries of the disjointed woodcock (*Bischof*, 2005)

Ezek eredményei szerint a kakasoknál a vizsgált tavaszi időszakban herecsatornácskák közötti interstitialis réteg vékony, a herecsatornácskák egymáshoz fekszenek. A többrétegű a spermogén sejtek a Sertoli- sejtek között oszlopokba rendeződve láthatók. A csatornák üregében a részben képződött spermiumok, kisebb számban levált spermogén sejtek láthatók. Ezeket az eredményeket 22 kakasnál állapítottuk meg, arra engednek következtetni, hogy az erdei szalonka kakasai a tavaszi vonulás során ivarilag aktív szakaszban vannak.

A tojóknál a vizsgált petefészkekben megfigyelhető a tüszők hierarchiája. A petefészkek metszslapján főként növekvő kicsi- illetve középnagy tüszők láthatók. A petefészkekhez nyéllel kapcsolódó nagy tüszőket megfigyelni nem tudtunk. Feltételezésük szerint ezek a metszés során leszakadtak. Ezekre eredményekhez a hat petefészkek vizsgálata során jutottak.

Két petefészkek makroszkópos vizsgálatánál a petefészkek tokját elődomborító középnagy tüszők láthatók, a metszetben kicsi növekvő és középnagy tüszők láthatók. Másik három petefészkek makroszkópos vizsgálatánál az előbbieken túl levált érett tüszők visszamaradt tokjai találhatóak, melyek a metszeteken is jól láthatók. Ezek alapján megállapíthatjuk, hogy a tavaszi vonulási időszakban a szalonkatojók is ivarilag aktív szakaszban vannak. Azonban a rendelkezésre álló mintavételezési módszer nem tette lehetővé annak megállapítását, hogy a kakasok illetve a tojók ivari aktivitásában szakaszokat állapítsunk meg, ez alapján pontosabb képhez jussak a madarak biológiai státuszát illetően. Ennek eldöntésére mintavételezést már megkezdtük.

KÖVETKEZTETÉSEK

Az ivari aktivitás szövettani vizsgálata során megállapítottuk, hogy mind a kakasok, mind a tojók ivarszervei a szezonálisan mutatkozó ivari ciklus aktivizálódási

szakaszában vannak. Azonban a rendelkezésre álló mintavételezési módszer nem tette lehetővé annak megállapítását, hogy a kakasok illetve a tojók ivari aktivitásában szakaszokat állapítsunk meg, ez alapján pontosabb képhez jussunk a madarak biológiai státuszát illetően. Ennek megállapítására a további mintavételezést már megkezdtuk és egy újabb tudomásunkra jutott módszert kívánunk ennek megítélésére felhasználni.

A hazai szalonka vadászati szezon április 10.-én véget ér és a madarak a költést csak ezután, április második dekádjában kezdik meg a tőlünk északabbra elhelyezkedő fészkelő területeken. Hazánk nem tartozik az erdei szalonka jelentős költőterületei közé, hiszen becslések szerint a Magyarországon fészkelő állomány 40-100 tojóra becsülhető, a kakasok száma a poligámia miatt nehezen megállapítható. Feltételezhetően a Magyarországon lőtt szalonkák jelentős része a tőlünk északabbra, az európai költőterület centruma felé vonuló állományokból származik.

Megállapítottuk, hogy mivel a hazai vadászati idény nagyon rövid, a vadászati módnak köszönhetően nemzetközi összehasonlításban is nagyon kicsi a hazai teríték, a faj párválasztási viselkedése miatt csekély arányban esnek tojók, a kevesebb kakas a poligámia miatt nem veszélyezteti a szaporodás sikerét, a faj hazai tradicionális vadászati hasznosítását nem kell beszüntetni, ezzel régi vadász-hagyományokat lehet életben tartani.

IRODALOMJEGYZÉK

- Boidot, J. P. (2005): Migration et reproduction de la Bécasse des bois, www.salah.club.fr/reproa.htm
- Elblinger E. (2004). A hagyományainkat őrizve. Magyar Vadászlap. 9. 27-28.
- Elliott, A., Hoyo, J., Sargatal, J. (szerk.) (1992). Handbook of the birds of the world I. Lynx Edicions, Barcelona.
- Faragó S. (2002): Vadászati állattan, Mezőgazda Kiadó, Budapest
- Faragó S. (2004). Megtartható-e a tradíció? Magyar Vadászlap. 3. 8.
- Fehér Gy. (1980). A háziállatok funkcionális anatómiája III. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- Húsvéth F. (2000). A háziállatok élettana az anatómia alapjaival. Mezőgazda Kiadó, Budapest.
- Kőhalmi T. (szerk.) (1994). Vadászati lexikon. Mezőgazda Kiadó, Budapest.
- Mödlinger P., Kapocsy Gy. (1980). A madarak világa. Natura, Budapest.
- Péczely P. (1987). A madarak szaporodásbiológiája. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.

Levelezési cím (*Corresponding author*):

Elblinger Edit
2007. Kapos Kft.
H-7400 Kaposvár, Füredi u. 1.
Tel.: 36-20-511-55-24
e-mail: ed_it24@citromail.hu



Some factors affect of embryo-flushing in dairy cattle

**M. Szabari, Sz. Pinnyey¹, N. Boros², J. Sebestyén³, Z. Retter⁴,
G. Bakos⁵, Á. Bokor, J. Stefler**

University of Kaposvár, Faculty of Animal Science, H-7400, Kaposvár, Guba Sándor u. 40.

¹University of Szeged, College of Agriculture, H-6800 Hódmezővásárhely, Andrásy u. 15.

²University of Debrecen, Faculty of Agricultural Science, H-4032, Debrecen, Böszörményi u. 138.

³University of Kaposvár, Health Science Center, H-7400, Kaposvár, Guba Sándor u. 40.

⁴Alcsiszigeti Agricultural Corporation, H-5000, Szolnok, Keszeg u. 2.

⁵Alcsiszigeti Agricultural Company of Dalmand, H-7211 Dalmand, Felszabadulás u. 42.

ABSTRACT

The authors examined the factors affect of embryo-flushing (n=613) in field conditions. They searched interaction between age of donors (cow vs. heifer) and embryo quality and yield, sought correlation between the milk production of donors and the number of transferable embryos, degenerated embryos and oocytes. The other hand the effect of different kind of superovulation treatments on embryo production was examined. Results of the present study show that the age of donors was influenced for the efficiency of the embryo-flushing. Cow donors product significant ($P<0.001$) more eggs than heifers, but virgin heifers product better embryos than cows. Significant correlation ($r=-0.26$; $P<0.01$) was founded between milk production and embryo-quantity and there wasn't correlation ($r=0.08$) between milk production and flushed eggs (unfertilized oocytes and degenerate embryos). The treatment of superovulation determines the successfulness of ET.

(Keywords: cow donors, heifer donors, embryo-flushing, embryo-production, embryo quality, milk production, superovulation)

ÖSSZEFOGLALÁS

Az embrió-kinyerést befolyásoló néhány tényező tejelő tehenészetben

Szabari M., ¹Pinnyey Sz., ²Boros N., Sebestyén J., ³Retter Z., ⁵Bakos G.,
Bokor Á., Stefler J.

Kaposvári Egyetem, Állattudományi Kar, 7400 Kaposvár, Guba S. u. 40.

¹Szegedi Tudományegyetem Mezőgazdasági Főiskolai Kar, 6800 Hódmezővásárhely, Andrásy u. 15.

²Debreceni Egyetem, Agrártudományi Centrum, Debrecen, Böszörményi u. 138.

³Kaposvári Egyetem, EC-Szarvaságazat, 7400 Kaposvár, Guba S. u. 40.

⁴Alcsiszigeti Mg. Rt. Szolnok, Keszeg u. 2.

⁵Dalmandi Mg ZRT, Dalmad, Felszabadulás u. 42.

A szerzők az embrió-átültetést rutinszerűen alkalmazó gazdaságban értékelték az embrió-kinyerések (n=613) eredményességét. Összefüggést kerestek a donorok kora (tehen illetve üsző) illetve a nyerhető embriók mennyisége - minősége illetve a donorok tejtermelési színvonala és az embrió-produkciója illetve az egyéb (petesejt, degenerált) képlet között. Ezen kívül különböző superovulációs kezeléseknek (csökkenő vs. fix dózis) ez embrió-produkcióra gyakorolt hatását vizsgálták. A donor korának szignifikáns ($P<0.001$) hatása van a nyerhető embriók számára, illetve a minőségére. A donorok tejtermelése és az embrió-produkciója között statisztikailag igazolt negatív összefüggést

($r=-0.26$; $P<0.01$) állapították meg. A tejtermelés és az egyéb kinyert képletek esetében az összefüggés nem volt számottevő ($r=0.08$). A szuperovulációs kezelés szintén befolyásolja az ET eredményességét.

(Kulcsszavak: tehén donor, üsző donor, embrió-nyerés, embrió-mennyiség, embrió-minőség, tejtermelés, szuperovuláció)

INTRODUCTION

Over the past 20–25 years the biotechnology in cattle breeding has improved much. The first calf born from embryo transfer (ET) in 1978 in Hungary and the first successfully transfer using frozen embryo had done in 1983 (*Cseh and Dohy, 2003*). Embryo transfer is that when the embryo is removed by flushing from the horn of the uterus before implantation and transferred into the horn of the uterus of synchronized recipient (*Haraszi and Zöldág, 1993*). The methods of the ET were made to possibility to use the potential oocytes of female. Embryo technologies use in cattle breeding has been to increase the number of progeny and top genotypes (*Galli et al., 2003*). Increase the reproductive rate of the dairy cattle with ET has made it possible to predict accurately the genetic development through higher intensities of selection and shorter generation intervals and more female progenies (*Dohy, 1999*).

The complex process of the embryo transfer stands two parts. One of the embryo flushing, and the other is the embryo transfer. The successfully of the flushing can be measured by the number of embryos and eggs. The effects of the flushing are the seasonality, age of donors, superovulation methods. Cows product more usable embryos than heifers under some conditions. The point of view of donor's condition has an effect on number of transferable embryos (*Hasler et al., 1987*). Although a number of new technologies have been adopted within the ET industry in the last decade, the basic procedure of superovulation of donor cattle has undergone little improvement over the last 20 years. The greatest problem in the embryo transfer industry is unreliability of superovulatory response. This wide variability creates greatly increase costs. FSH (*Follicle Stimulating Hormone*) and eCG (*Equine Chorionic Gonadotropin*) can generate superovulation (*Lopes da Costa et al., 2001*). Superovulation can be generated with the help of PMSG also (*Haraszi and Zöldág, 1993*). The most famous treatment uses FSH. *Elsden et al. (1979)* showed that a higher ovulatory response was obtained with the use of FSH than with PMSG. *Goulding et al. (1996)* suggested that day 9 or 10 of the oestrous cycle is more appropriate to start the superovulatory treatment. The generally treatment consist of 8 injections, contain decreased amount FSH. Prostaglandin treatment is accompanied by the 5. FSH injection. This causes the oestrus in the donor with the help of luteolyse of the *corpus luteum* (*Haraszi and Zöldág, 1993*). *Kanitz et al. (2002)* showed increasing amount of FSH, the number of ovulations increases significantly until a plateau was reached for the parameter, but it is not possible to increase ovulation number with further increasing FSH doses. The superovulation treatment produces more embryos than if we use BST (*bovine somatotrophin*) (*Gong et al., 1993*). As long as mean embryo production remains at less than 6, with a range of (0 to >60), with 20% of donors producing 0 embryos, superovulation will remain an expensive, inefficient procedure (*Hasler, 2003*). The age of donor has an affect on embryo quality. Milking cows produces poor quality embryos (*Leroy et al., 2005*). The embryo quality has a significant affect on the pregnancy rate (*Szabari et al., 2007*), but there is no interaction between the development of the embryo and pregnancy rate (*Bényei et al.,*

2006). It can be flushed less embryos from heifers than from cows (*Ax et al.*, 2005). Otherwise the keeping and feeding technology of the donor have great influence on the number and quality of embryos.

The aim of this study were examined the factors affect of embryo-flushing in field conditions. Interaction was searched between age of donors (cow vs. heifer) and embryo quality and yield, sought correlation between the milk production of donors and the number of transferable embryos, degenerated embryos and oocytes and different kind of superovulation treatments on embryo production was examined.

MATERIAL AND METHOD

The donors cows had an outstanding production, and the donor heifers had an excellent pedigree or come from ET. Holstein cows (n=386) and heifers (n=227) were superovulated using FSH (OVAGEN, ICPbio). The superovulation was induced by a total dose of 8.8 mg to 17.6 mg FSH via intramuscular, twice a day, during four days, in the mid-luteal phase of the oestrous cycle (8-11 day), and a dose of PGF₂£ analogous intramuscularly 48 hours later. Three methods of superovulation were applied. Two of these protocols used standard amount FSH (2.5 ml/injection, sum 17.6 mg FSH; 2 ml/injection, sum 14.08 mg FSH) and the other applied falling (-0.5 ml/day, sum 8.8 mg FSH) FSH doses during the 4 days. The donors were artificially inseminated 12 and 24 hours after the onset of oestrus. Embryos were collected non-surgically at day 7 post-insemination. Embryos were classified with stereomicroscope. All embryos were assigned a developmental stage and quality grade according to standards set forth by the International Embryo Transfer Society. Zona pellucida damaged embryos were not used.

Individual embryos were loaded into the centre of 0.25ml straws. Straws were frozen by using a controlled slow freezing method, in ethylene glycol (*Voelkel and Hu*, 1992; *Hasler et al.*, 1997). The straws were transferred to a precooled liquid nitrogen freezer (EUROTHERM). After the straws were cooled to -30 °C at a rate of 0.3 °C per minute, before plunging into liquid nitrogen (*Dochi et al.*, 1998). Frozen straw was thawed in a water bath (37 °C, 12 sec.). The fresh and frozen embryos were transferred directly into synchronised recipients. The recipients were synchronised using with prostaglandin (ESTRUMATE). Heat was detected with rectal control in 3 days after synchronised. Results of embryo-transfer were controlled with rectal palpation in 40–50. days after transfer.

Data were evaluated by T-test and Chi-square test using the *SAS* 9.1 (2004) statistical software package.

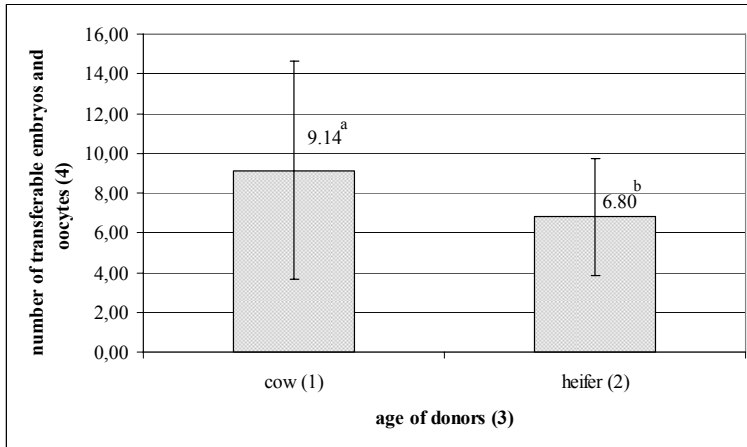
RESULTS AND DISCUSSION

The donors were cows and heifers. The rate of heifer donors from the examined flushing (n=613) was 37.03%. The average number of eggs (transferable embryo + oocyte) per flushing was 8.63. Comparing the effect of the age on the number of flushed eggs (9.14 vs. 6.8) with T-test, the result was significant (P<0.01) (*Figure 1*).

More than 2 eggs (2.9) from cows were obtained per flushing than from heifers, which means one more transferable embryo. On the average 7.8 embryos were flushed per donors by *Ax et al.* (2004) which meant 1 more embryo than in our job. The quality of flushed embryo from heifers was significantly better (*Figure 2*).

Figure 1

The effect of age (cow vs. heifer) on number of transferable embryo and oocyte



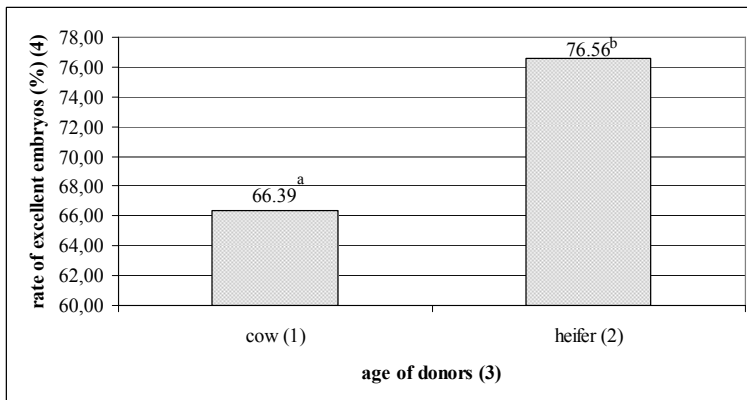
Different letters mean significant differences ($P < 0.001$) (A különböző betűk a szignifikancia különbségét jelentik $P < 0,001$)

1. ábra: A kor (tehén vs. üsző) hatása az átültethető embriók és petesejtek számára

Tehén(1), Üsző(2), Donorok kora(3), Átültethető embriók és petesejtek száma(4)

Figure 2.

The rate of excellent embryo quality in various (cow vs. heifer) donors



See Figure 1 (Lásd 1. ábra.)

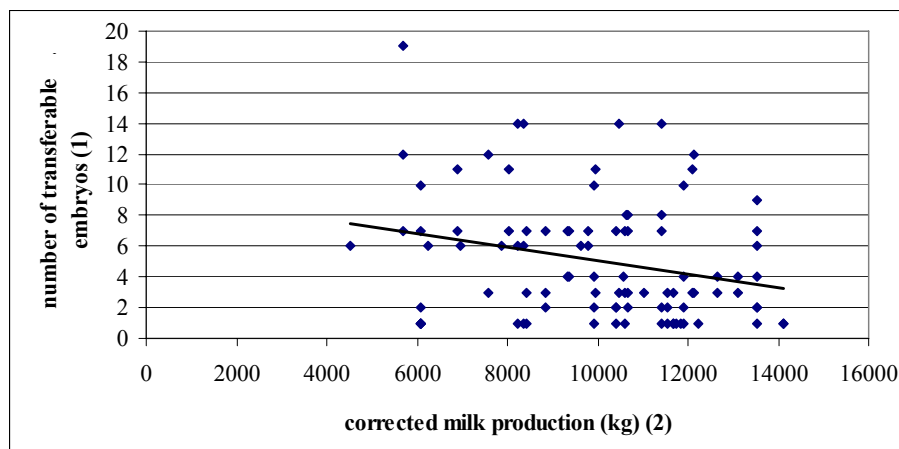
2. ábra: Különböző donorkorcsoportok embrióprodukciónak első osztályú embrióinak aránya

Tehén(1), Üsző(2), Donorok kora(3), Első osztályú embriók aránya(4)

The age of donors and the quality of flushed embryos were compared with Chi-square. The proportion of first class, intact embryos from heifers is statistically higher than from cows. The milk production has an influence on donor selection. In this case the authors examined the corrected milk yield (305d) of donors and the number of embryo (Figure 3).

Figure 3.

The correlation between corrected milk production and the number of transferable embryos



$r = -0.26, P < 0.001; y = -0.0004x + 9.5026$

3. ábra: A tejtermelés és az ültethető embriók számának az összefüggése

Ültethető embriók száma (1), Tejtermelés (2)

In our experiment we found statistically negative correlation between the two variables ($r = -0.26; P < 0.01$). Cows with higher milk production were able to produce less embryo. Because the ET is in a tight interaction with production, so this negative antagonism is not surprising. *Novotny et al.* (2005) found the same correlation ($r = -0.35$) between the milk and embryo production.

According to our study the establishment of *Seidel and Seidel* (1981) is true and also the general assumption that the high milk production goes with poor fertility because of hormonal affect. And on the other hand, the selection for milk production causes less embryo yield.

There was no correlation ($r = 0.08$) between 305d corrected milk and the number of unfertilized oocytes and degenerated embryos.

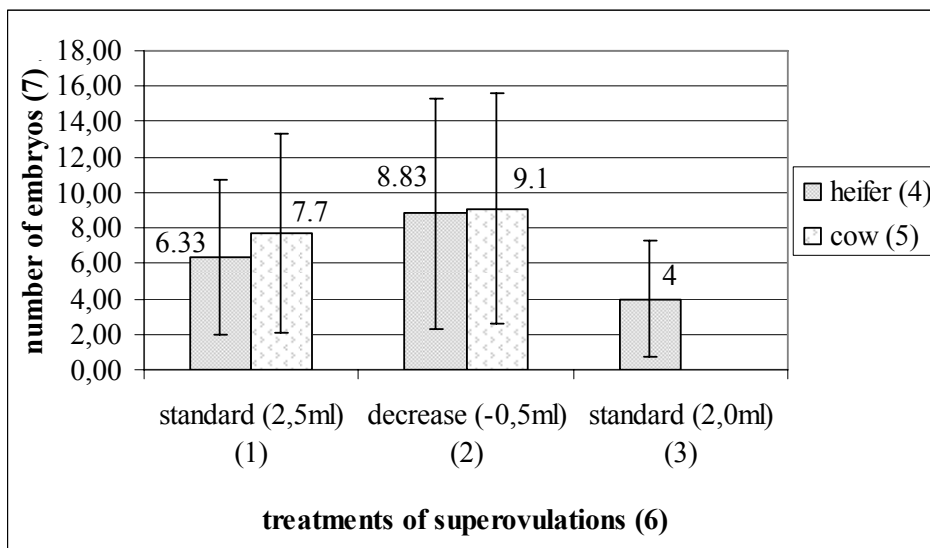
The higher milk production does not cause increasing number of unfertilized oocytes and degenerated embryos, but *Novotny et al.* (2005) determined strong positive correlation ($r = 0.58$) between the two variables. Under these circumstances the knowledge of other factors is very important. With the help of this knowledge the negative effect of milk production could be compensable.

The superovulation of donors has undergone little improvement over the last 20 years. This causes the wide variability of the number of transferable embryos. This is why, it

is necessary to know which treatment products more embryos, and which effects should be hindered to reach maximal result, decreasing the great variance. Different kind of treatments causes different numbers of embryos (Figure 4).

Figure 4.

**The effect on different treatments of superovulation in different age of donors
(cow vs. heifer)**



4. ábra: Különböző szuperovulációs kezelés hatása tehén és üsző donorok esetében

Standard mennyiség(2,5ml)(1), Csökkenő mennyiség(2), Standard mennyiség (2,0ml)(3), Üsző(4), Tehén(5), Szuperovulációs kezelés módja(6), Embriók száma(7)

The standard injections cause only 7, 5-8 while the decreasing doses produce more than 9 eggs in cows. The differences between the 2 treatments were not significant because the variation. In the case of heifers the decreasing with 0,5 ml doses (total 8,8 mg FSH) gave the best results against the standard doses (17,6 mg and 14,08 mg FSH). Although these differences were not significant. The authors established that the hormonal treatment of superovulation has an affect on the efficacy of ET.

CONCLUSIONS

Applying of the ET in the Hungarian cattle breeding has reached minimal level (<1%) since 1990. This is behind from the countries which have developed cattle breeding and also from our possibilities. The widespread of ET is hindered by financial state of agricultural companies.

The efficiency of ET is influenced by the biological properties of females and environmental factors.

According to our studies more embryos could be obtained from cows donors statistically than heifers. In the case of heifers the rate of excellent quality of embryos was significantly higher.

The appropriate selection of donors is also very important because, the authors find statistically negative correlation between milk production and number of transferable embryos. There was no correlation between milk production and other flushed structures.

The accurately chosen treatment of superovulation determines the successfulness of ET.

Finally we can assess, that the benefits of ET are not applied maximally. The appropriate selection of donors, the higher rate of donors of heifers, more recipients tightly corporation between the participants could be necessary to improve the ET in Hungary.

The ET is not a magic method, because it is not able to compensate the deficiency of management, but it might be an effective tool to increase genetic improvement.

REFERENCES

- Ax, R.L., Armbrust, S., Tappan, R., Gilbert, G., Oyarzo, J.N., Bellin, M.E., Selner, D., McCauley, T.C. (2005). Superovulation and embryo recovery from peripubertal Holstein heifers. *Anim. Reprod. Sci.*, 85. 71-80.
- Bényei, B., Komlósi, I., Pécsi, A., Pollott, G., Marcos, C.H., de Oliveira Campos, A., Lemes, M.P. (2006). The effect of internal and external factors on bovine embryo transfer results in a tropical environment. *Anim. Reprod. Sci.*, 93. 268-79.
- Cseh S., Dohy J. (2003). Asszisztált reprodukciós technikák (art) a hazai állattenyésztési gyakorlatban Történeti áttekintés. *Állatteny. és Tak.*, 1. 3-15.
- Dochi, O., Yamamoto, Y., Saga, H., Yoshiba, N., Kano, N., Maeda, J., Miyata, K., Yamauchi, A., Tominaga, K., Oda, Y., Nakashima, T., Inohae, S. (1998). Direct transfer of bovine embryos frozen-thawed in presence of propylene glycol or ethylene glycol under on-farm conditions in an integrated embryo transfer program. *Theriogen.* 49. 1051-1058.
- Dohy J. (1999). *Genetika állattenyésztőknek.* Mezőgazda Kiadó, Budapest.
- Elsden, R.P., Nelson, L.D., JR. Seidel, G.E. (1979). Embryo transfer in fertile and infertile cows. *Theriogen.* 11. 17-25.
- Galli, C., Duchi, R., Crotti, G., Turini, P., Ponderato, N., Colleoni, S., Lagutina, I., Lazzari, G. (2003). Bovine embryo technologies. *Theriogen.* 59. 599-616.
- Gong, J.G., Bramley, T.A., Wilmut, I., Webb, R. (1993). Effect of Recombinant Bovine Somatotropin on the Superovulatory Response to Pregnant Mare Serum Gonadotropin in Heifers *Bio. Rep.*, 48. 1141-1149.
- Goulding, D., Williams, D.H., Roche, J.F., Boland, M.P. (1996). Factors affecting superovulation in heifers treated with PMSG. *Theriogen.* 45. 765-773.
- Haraszti J., Zöldág L. (1993). *A háziállatok szülészete és szaporodásbiológiája.* Mezőgazdasági. Kiadó, Budapest.
- Hasler, J.F., McCauley, A.D., Lathrop, W.F., Foote, R.H. (1987). Effect of donor-embryo-recipient interactions on pregnancy rate in a large-scale bovine embryo transfer program. *Theriogen.* 27. 139-168.
- Hasler, J.F., Hurtgen, P.J., Jin, Z.Q., Stokes, J.E. (1997). Survival of IVF-derived bovine embryos frozen in glycerol or ethylene glycol. *Theriogen.* 48. 563-579.

- Hasler, J.F. (2003). The current status and future of commercial embryo transfer in cattle. *Anim. Reprod. Sci.*, 79. 245-264.
- Kanitz, W., Becker, F., Schneider, F., Kanitz, E., Leiding, C., Nohner, H.P., Pöhland, (2002). Superovulation in cattle: practical aspects of gonadotropin treatment and insemination. *Reprod. Nutr. Dev.*, 42. 587-99.
- Leroy, J.L., Opsomer, G., De Vliegher, S., Van Hoder, T., Goosens, L., Geldhof, A., Bols, P.E., De Kruif, A., Van Soom, A. (2005). Comparison of embryo quality in high-yielding dairy cows, in dairy heifers and in beef cows. *Theriogen*. 64. 2022-2036.
- Lopes Da Costa, L., Chagas, E., Silva, J., Robalo Silva, J. (2001). Superovulatory response, embryo quality and fertility after treatment with different gonadotrophins in native cattle. *Theriogen*. 56. 65-77.
- Novotný, F., Lazar, G., Valocký, I., Macák, V., Pošivák, J., Hornáková, L. (2005). Relationship between milk production in donor cows and the yield and quality of embryos. *Bull Vet Inst Pulawy*. 49. 303-305.
- SAS Institute Inc. (2004) SAS/STAT® User's Guide, Vers. 9.1. SAS Institute Inc., Cary, NC
- Seidel JR. G.E., Seidel S.M. (1981). The embryo transfer industry. *In: New Technologies in Animal Breeding*. (eds. B.G. Brackett, G.E. Seidel, Jr., and S. M. Seidel.) Academic Press, New York. 41-80.
- Szabari M., Pinyey Sz., Boros N., Sebestyén J., Retter Z. (2007). Az embrió minőségének hatása az embrió-átültetés eredményességére üzemi körülmények között. *Acta Agraria Kaposvárensis*. 3. 69-74.
- Voelkel, S.A., Hu, Y.X. (1992). Use of ethylene-glycol as a cryoprotectant for bovine embryos allowing direct transfer of frozen-thawed embryos to recipient females. *Theriogen*. 37. 687-697.

Corresponding author (*Levelezési cím*):

Miklós Szabari

University of Kaposvár, Faculty of Animal Science
Department of Breeding and Production of Ruminants
H-7401 Kaposvár, P.O.Box 16.
Kaposvári Egyetem, Állattudományi Kar
7401 Kaposvár, Pf. 16.
Tel.: 36-82-314-155, Fax: 36-82-320-175
e-mail: szabari.miklos@ke.hu