

# **ZSÍRGOLYÓCSKÁK MÉRETELOSZLÁSÁNAK VIZSGÁLATA TEHÉN-, ÉS KECSKETEJEBEN**

**CSANÁDI JÓZSEF<sup>A</sup>, H. HORVÁTH ZSUZSANNA<sup>B</sup>, FENYVESSY JÓZSEF<sup>A</sup>, HODÚR CECÍLIA<sup>B</sup>**

Szegedi Tudományegyetem Mérnöki Kar, Élelmiszermérnöki Intézet<sup>A</sup>, Gépészeti és Folyamatmérnöki Intézet<sup>B</sup>, H-6725 Szeged, Moszkvai krt. 5-7.

<sup>a</sup>Department of Food Engineering, <sup>b</sup>Department of Technical and Process Engineering, Faculty of Engineering, University of Szeged, H-6725, Szeged, Moszkvai krt 5-7., Hungary; email: [csanadi@mk.u-szeged.hu](mailto:csanadi@mk.u-szeged.hu)

## **ABSTRACT**

Production of goat milk comes to the front nowadays again, however slowly, but various goat milk products are being increased, which are more favourable according to physiological viewpoint than the products made from cow milk. One of these advantages is the smaller diameter of fat globules in goat milk than in cow milk, published in the literature.

The size distributions of goat and cow bulk milk samples were investigated in autumn and in spring seasons. We explored significant difference related average fat globules diameter between goat and cow milk. The average diameter of fat globules are 2.75  $\mu\text{m}$  in goat milk, while 3.62  $\mu\text{m}$  and in cow milk calculated from all data. Our results confirm the statements in literature that fat globules in goat milk are smaller than in cow milk. We also found a little difference between in the average diameter of fat globules in samples from both species in autumn and spring but it was not significant in cow milk. Average diameter of fat globules was greater in spring goat milk, whereas in autumn cow milk.

The size distribution was not normal so we use medians in the evaluation. These were 2.51  $\mu\text{m}$  in goat milk and 3.41  $\mu\text{m}$  in cow milk samples calculated from all data. Considering the average diameters, the surface of fat globules in goat milk is 1.3 fold greater than in cow milk. This finding (considering the size distribution) stands close data related the summarized fat globule surface in the literature. T

This result suggests further differences in the physiological value (digestibility), in lipase activity, processing of milk e.g. in the separation, in the fermentation or renneting of milk.

Keywords: fat globule, goat milk, cow milk

## BEVEZETÉS

A tejszír előnyös élettani hatásainak egyik magyarázata a zsírgolyócskák diszpergált állapotában és igen kis méretében keresendőe. Egyszerűen fogalmazva, a kisebb zsírgolyócska méret előnyösebb a szervezet számára, mert hatásosabb a zsír metabolizmusa, és így javul az emészthetőség (Park 1994, Mehaia 1995)

Viszonylag kevés irodalmi forrás lelhető fel különböző állatfajok zsírgolyócska-átmérőjének eltéréseiről, és alig találni adatot a kecsketej zsírgolyócskáinak méretéről, méreteloszlásáról. Hazai szerzők közül Balatoni (1978) tehéntej zsírgolyócskáinak mérettartományát 0,1-20  $\mu\text{m}$ -nek adja meg. Az átlagos átmérőre Balatoni Ketting (1981) 3  $\mu\text{m}$ , Szakály (2001) 3-4  $\mu\text{m}$ , Csapó és Csapóné (2002) 3-6  $\mu\text{m}$ , míg Bíró (1999) 3-5  $\mu\text{m}$ , Fenyvessy és Csanádi (2007) 4-6  $\mu\text{m}$ -t ad meg. A mikrohullámú kezelés hatásának vizsgálata közben Lakatos (2006) a kontroll homogénezetlen fogyasztói tejben 3,65  $\mu\text{m}$ -ben, míg hűtött, kezeletlen, nyers elegytejben 6,87  $\mu\text{m}$ -ben állapította meg az átlagos zsírgolyócska átmérőt.

A zsírgolyócskák méretét, méreteloszlását tehéntejben több külföldi szerző is vizsgálta (Parkash és Jennes 1968, Walstra 1969, Mulder és Walstra 1975, Wiking és mtsai 2006) de a kecsketejre vonatkozó adat a külföldi irodalomban is igen kevés van.

Több szerző közli, hogy a kecske és juh tejében lévő zsírgolyócskák átlagos átmérője kisebb a tehéntejénél. Néhány tanulmány arról számol be, hogy legkisebb a juhtej zsírgolyócskáinak mérete (Scolozzi és mtsai 2003), majd ezt követi a kecske-, amelyben a zsírgolyócskák 65%-a kisebb, mint 3  $\mu\text{m}$  (Mens 1985) - majd a tehéntejé. Mehaia (1995) tanulmányában csökkenő sorrendben a tehén-, juh-, és kecsketej zsírgolyócskáit említi. Ezzel nem teljesen csengenek össze Anifantakis (1986) és Juarez és Ramos (1986) régebből származó eredményei. Park (2006) kecsketejben 3,49  $\mu\text{m}$ , tehéntejben 4,5  $\mu\text{m}$  átlagos zsírgolyócska átmérőt állapított meg. Attai és Richter (2000) francia alpesi kecske tejében 2,76  $\mu\text{m}$ -nek (tartomány 0,73-8,58  $\mu\text{m}$ ), míg holstein-fríz tehének tejében 3,55  $\mu\text{m}$ -nek (tartomány 0,92-15,75  $\mu\text{m}$ ) találta a zsírgolyócskák átlagos átmérőjét. Cano-Ruiz és mtsai (1997) összehasonlító vizsgálatukban a kecsketej zsírgolyócskáinak átlagos átmérőjét 2,76  $\mu\text{m}$ , míg a tehéntejét 3,51  $\mu\text{m}$ -ben állapították meg.

A kevés, kiskérődzőkre vonatkozó irodalom jelzi, hogy a téma még bőven rejt lehetőségeket. Munkánkban Holstein fríz tehének és Magyar fehér anyakecskék tejének zsírgolyócska méreteloszlását vizsgáltuk.

## ANYAGOK ÉS MÓDSZEREK

Tehéntej zsírgolyócska átmérőjének vizsgálatára a Csongrád megyei, gorszai tehéntelegen tartott tiszta Holstein fríz állománytól vett napi elegytej mintákat használtuk. A vizsgálatokat a tehéntej esetében 4 ill. 5 napig végeztük az őszi (november-december), és a tavaszi (április) időszakban. A mintákat a vizsgálatig hűtve tároltuk. A kecsketej mintákat egy Szeged-kiskundorozsmai tenyésztő Magyar fehér anyáitól vettük. A tehéntejtől eltérően, ebben az esetben a minták mindenkor csupán a reggeli fejből származtak. A mintákat tárolás, hűtés nélkül a fejés után azonnal

bevizsgáltuk. Az őszi időszakban 9, míg a tavaszi időszakban 5 nap vettünk mintákat. Az időszakok megegyeztek a tehéntej mintavételezési időszakával, annak érdekében, hogy az esetleges szezonális eltérések ne nehezítsék meg az eredmények értékelését.

30 ml tejmintához 0,5 g Nigrosin (fekete) porfestéket adtunk, majd óvatos keveréssel homogenizáltuk. A tejszírgolyócskák méret-meghatározásához Leica Q500MC fénymikroszkópot, a digitális kép készítéséhez és a méret értékeléséhez a mikroszkóphoz tartozó Qwin V01.02 szoftvert alkalmaztuk. A méréseket Szegedi Tudományegyetem Gyógyszertudományi Karának Gyógyszertechnológia Intézetében végeztük. Minden egyes mintában kb. 500 darab zsírgolyócska méreteit határoztuk meg. Így a kecsketej mintáknál összesen mintegy 6800, a tehéntej mintáknál mintegy 4500 adatot tudtunk feldolgozni.

A mérések során kapott értékek matematikai statisztikai elemzése során meghatároztuk a minták legfontosabb statisztikai jellemzőit (átlag, szórás, medián, kvartilisek), eloszlásukat a ferdeségi együttható és box-plot ábra segítségével vizsgáltuk. Az átlagok összehasonlításánál t-próbát alkalmaztunk. A számításokat a STATISTICA 7.0 program segítségével végeztük.

## EREDMÉNYEK

A vizsgált kecsketejminták zsírgolyócskáinak mérete az őszi időszakban a 0,534  $\mu\text{m}$ -tól 10,876  $\mu\text{m}$ -ig terjedő tartományba esett (1. táblázat). A megállapított méretek matematikai átlaga összesen 2,653  $\mu\text{m}$ , míg tavasszal 2,858  $\mu\text{m}$  volt. Az átlagban talált csupán mintegy 0,2  $\mu\text{m}$ -es különbség azt sejteti, hogy az évszaktól függő takarmányozás igen kissé befolyásolja a tejben lévő zsírgolyócskák méretét. A két időszak átlaga (2,72  $\mu\text{m}$ ) szinte teljesen megegyezik Attaie és Richter (2000) ill. Cano-Ruiz és mtsai (1997) eredményével, akik 2,76  $\mu\text{m}$ -ben adják meg az átlagos átmérőt. A zsírgolyócska méretre közölt tartomány esetükben szűkebb volt. Park (2006) tanulmányában mintegy 0,7- $\mu\text{m}$ -el nagyobb átlagos átmérőt ad meg a kecsketej zsírgolyócskáira az általunk megállapítottnál.

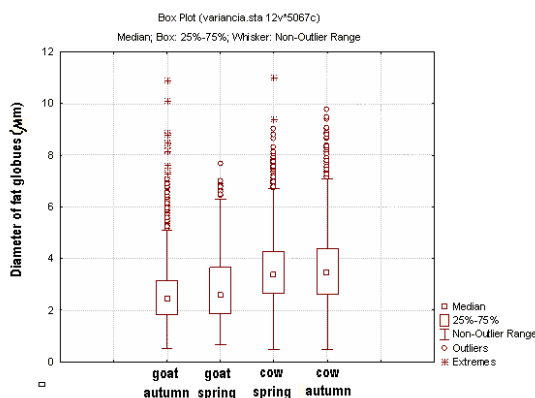
1. táblázat Kecske-, és tehéntej zsírgolyócska méretének statisztikai jellemzői

	Minta szám	Átlag	Medián	Min.	Max.	Alsó kvartilis	Felső kvartilis	Szórás	Ferdeség
<b>Kecske Ősz</b>	4559	2,653	2,437	0,534	10,876	1,842	3,150	1,034	1,427
<b>Kecske Tavasz</b>	2316	2,858	2,589	0,675	7,654	1,857	3,658	1,214	0,807
<b>Tehén Ősz</b>	2023	3,664	3,447	0,475	9,747	2,615	4,398	1,409	0,988
<b>Tehén Tavasz</b>	2492	3,575	3,377	0,475	10,976	2,645	4,277	1,291	1,023

A tavaszi és őszi időszak átlagai alig különböznek egymástól, azonban a tavaszi időszakban a mérettartomány jóval kisebbnek bizonyult. A legnagyobb méret tavasszal csupán 7,654  $\mu\text{m}$ , míg ősszel 10,876  $\mu\text{m}$  volt. A kecske és a tehéntej zsírgolyócskáinak

mérete között  $P < 0,05$  szinten szignifikáns különbséget találtunk mindkét időszakban (1. ábra).

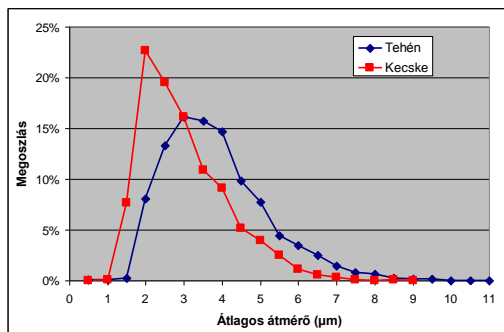
A tehéntejre vonatkozó eredményünk megegyezik Attaie és Richter (2000), Cano-Ruiz és mtsai (1997), Szakály (2001), valamint Zahar és mtsai (1995) eredményeivel, ugyanakkor mintegy 0,8-1,0  $\mu\text{m}$ -el elmaradnak a Park (2006), Wiking és mtsai (2006), Abeni és mtsai (2005) és különösen Lakatos (2006) eredményétől, utóbbiétól mintegy 3  $\mu\text{m}$ -el.



1. ábra Zsírgolyócskák átmérőjének eloszlása és kecske-, és tehéntejben (medián és kvartilisek a kiugró értékekkel)

A tehéntej esetében a tavaszi és őszi minták zsírgolyócska átmérői igen kis mértékben, de szignifikánsan különböztek ( $P < 0,05$ ). Az eloszlás ferdesége azonban itt is határértékhez közeli volt, így ezt az eredményünket a jövőben meg kell erősíteni.

Az eloszlási görbék (2. ábra) hasonlósága azt sugallja, hogy a kecske-, és tehéntej zsírgolyócska eloszlása között nincs szignifikáns különbség, ugyanakkor az eloszlás a Farrah és Rüegg (1991) által bemutatotthoz hasonlóan ferde.



2. ábra Kecse- és tehéntejminták zsírgolyócska méreteloszlása

Az évszak illetve ezen keresztül a takarmányozás zsírgolyócskák méretére gyakorolt hatásáról jelen pillanatban azt tudjuk elmondani, hogy az a tehén-, és kecsketej esetében ellentétes volt. A kecsketej zsírgolyóinak átlaga és mediánja tavasszal volt nagyobb, amikor a legelőre kilehetett hajtani az állományt. Ezzel szemben a tehéntej esetében ez fordítva volt, amit az is okozhatott, hogy a szarvasmarha tartása hazánkban (így az adott telepen is) silótakarmány bázison alapul, így a legeltetés igen

kis hatással lehet a zsírgolyócskák méretére. A feltárt igen kis különbségek tisztázását, magyarázatát további vizsgálatokkal lehet megkísérelni.

A tejszír a zsírgolyócskák kis méretéből következő igen nagy felülete miatt a legjobban emészthető zsiradék. A kisebb méret tehát jobb emészthetőséget, de lassabb természetes felfölöződést is eredményez, ami viszont a tej tárolása során előnyt jelenthet (2. táblázat).

A kecsketej egy  $\text{cm}^3$ -ében lévő zsírgolyócskák felülete mind a téli, mind a tavaszi időszakban mintegy  $100 \text{ cm}^2$ -rel nagyobb volt, mint a tehéntejben (az eloszlást figyelembe véve). Eredményünk szerint hogy a kecsketej zsírgolyóinak összes felülete 1,22-szer nagyobb a tehéntejhez képest. Táplálkozás-élettani, és a zsír emészthetőségének szempontjából ennek alapján a kecsketej előnyösebbnek tekinthető.

2. táblázat Egy  $\text{cm}^3$  tejben lévő zsírgolyócskák összes felülete ( $\text{cm}^2$ ; 3,8% zsírtartalom esetében)

	<b>Kecske ősz</b>	<b>Kecske tavasz</b>	<b>Tehén ősz</b>	<b>Tehén tavasz</b>
<b>A zsírgolyócska átmérő eloszlásának figyelembevételével számolt</b>	619.95	588.65	507.90	479.49
<b>Az átlagos zsírgolyócska átmérővel számolt</b>	859.10	797.62	635.78	637.64

A felületre vonatkozó eredményeink némileg elmaradnak a szakirodalomban közölt értékektől ( $700-1000 \text{ cm}^2$ ), melynek oka a már említett, kisebb méretű zsírgolyócska frakció mérésének hiánya is lehet. További magyarázat lehet a számítási módszer lehetséges eltérése. Ezt jól szemléltetik az átlagos zsírgolyócska átmérők felhasználásával kapott lényegesen nagyobb eredmények (2. táblázat utolsó sor). Véleményünk szerint azonban az eloszlást is figyelembe vevő számításunk tekinthető pontosabbnak.

## KÖVETKEZTETÉSEK

Fénymikroszkóppal végzett vizsgálataink alapján a zsírgolyócskák átmérőinek matematikai átlaga kecsketejben  $2,75 \mu\text{m}$ , míg tehéntejben  $3,62 \mu\text{m}$  volt. A különbség  $P < 0,05$  szinten szignifikáns volt. Mindkét faj esetében, igen kis különbséget találtunk a tavaszi és őszi időszakokra vonatkozó értékek között, azonban a trend ellentétes volt a két fajnál. Ezen felül, bár ez különbség a tehéntej esetében szintén szignifikáns volt, a méreteloszlás vizsgálata arra derített fényt, hogy az eloszlás nem szabályos. Az őszi kecsketejmintákra vonatkozó eloszlás egyértelmű ferdesége miatt, a korrektebbnek tekinthető medián értékeket is felhasználtuk az értékelésben. Így a mediánok mintegy  $0,2 \mu\text{m}$ -rel kisebbnek bizonyultak, de a két faj értékei közötti különbség továbbra is  $0,9 \mu\text{m}$  maradt. A takarmány zsírgolyócska-méretre gyakorolt hatását kísérletünkben nem tudtuk alátámasztani, melynek oka lehet a  $0,5 \mu\text{m}$ -nél kisebb zsírgolyócskák hiányos vizsgálata, illetve a tehéntej esetében a takarmány lényegtelen mértékű változása (silótakarmány bázis).

Az eloszlást is figyelembe véve az 1 cm<sup>3</sup> tejben lévő zsírgolyócskák felülete kisebbnek bizonyult (tavasz és őszi együtt, kecske: 604,30 cm<sup>2</sup>; tehén: 493,69 cm<sup>2</sup>), mint a szakirodalmi közlések, illetve az átlagokkal számolt érték, de az eloszlás figyelembevétele mindenképpen pontosabb eredményt ad. A zsírgolyócskák méretét és felületét tekintve táplálkozás-élettani szempontból a kecsketej előnyösebbnek tekinthető, ugyanakkor a későbbiekben célszerű vizsgálni a technológiai vonatkozásokat, mint a felfölöződésre, a fölözésre, a homogénezésre, a tárolhatóságra, az alvadási folyamatra, az alvadékszilárdságra és az sajtalvadék zsírviasszintartására gyakorolt hatás.

## IRODALOMJEGYZÉK

- Abeni, F., Degano, L., Calza, F., Giangiacomo, R., Pirlo G. (2005): Milk Quality and Automatic Milking: Fat Globule Size, Natural Creaming, and Lipolysis *J. Dairy Sci.* 88. p. 3519–3529.
- Anifantakis, E.M., (1986): Comparison of the physico-chemical properties of ewe's and cow's milk. In: International Dairy Federation (Ed.), Proceedings of the IDF Seminar Production and Utilization of Ewe's and Goat's Milk, Bulletin No. 202. Athens, Greece, p. 42–53.
- Attaie, R., Richter R. L. (2000): Size Distribution of Fat Globules in Goat Milk. *J. of Dairy Sci* 83. p. 940–944.
- Balatoni, M. (1978): Tejipari táblázatok. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, p. 47.
- Balatoni, M., Ketting , F. (1981): Tejipari Kézikönyv. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest p. 98.
- Bíró, G. (1999): Élelmiszer-higiéniá. Agroinform Kiadó. Budapest p. 125.
- Cano-Ruiz M.E., Richter L.R. (1997): Effect of Homogenization Pressure on the Milk Fat Globule Membrane Proteins *J. of Dairy Sci* 1997 80. p. 2732-2739.
- Csapó, J.; Csapóné, K. Zs. (2002): Tej és tejtermékek a táplálkozásban. Mezőgazda Kiadó. Budapest p. 78.
- Farrah, Z, Rüegg, M. (1991): The Creaming Properties and Size Distribution of Fat Globules in Camel Milk. 1991 *J Dairy Sci* 74. p. 2901-2904.
- Fenyvessy, J., Csanádi, J. (2007): Tejipari technológia. Jegyzet, Universitas Kiadó, Szeged p. 34.
- Juarez, M., Ramos, M., (1986): Physico-chemical characteristics of goat milk as distinct from those of cow milk. In: International Dairy Federation (Ed.), Proceedings of the IDF Seminar Production and Utilization of Ewe's and Goat's Milk, Bulletin No. 202. Athens, Greece, p. 54–67.
- Lakatos E. (2006): Folyékony élelmiszerek kezelése, különös tekintettel a mikrohullám teje gyakorolt hatására. PhD disszertáció, Nyugat-magyarországi Egyetem, Mosonmagyaróvár, p. 105, 108.
- Mehaia, M.A., (1995): The fat globule size distribution in camel, goat, ewe and cow milk. *Milchwissenschaft* 50, p. 260–263. In: Y.W. Park, M. Juárez, M. Ramos, G.F.W. Haenlein (2007): Physico-chemical characteristics of goat and sheep milk *Small Ruminant Research*, 68., Issues 1-2, March 2007, p. 88-113.
- Mens, P.L., (1985): Propriétés physico-chimiques nutritionnelles et chimiques (physico-chemical nutritional and chemical properties). In: Luquet, F.M. (Ed.), *Laits et Produits Laitiers. Vache. Brevis. Chevre (Milk and Milk Products from Cows, Sheep and Goats)*, vol. I. Apria, Paris, p. 349–367. In: Y.W. Park, M. Juárez, M. Ramos, G.F.W. Haenlein (2007): Physico-chemical characteristics of goat and sheep milk *Small Ruminant Research*, 68. Issues 1-2, March 2007, p. 88-113.
- Mulder, H., and P. Walstra. (1974): Pages in *The Milk Fat Globule—Emulsion Science as Applied to Milk Products and Comparable Foods*. Wageningen Commonw. Agric. Bur., Buckinghamshire, England p. 56–58, 61.

- Park, Y.W., (1994): Hypo-allergenic and therapeutic significance of goat milk. *Small Rumin. Res.* 14, p.151–161.
- Park, Y.W., (2006): Goat milk - Chemistry and Nutrition. In: Park,Y.W., Haenlein, G.F.W. (Eds.), *Handbook of Milk of Non-bovine Mammals*. Blackwell Publishing Professional, Oxford, UK/Ames, Iowa, p. 34–58.
- Parkash, S., and R. Jenness. (1968): The composition and characteristics of goats' milk: A review. *J. of Dairy Sci. Abstr.* 30 (2) p. 67–87.
- Scolozzi, C., Martini, M., Abramo, F., (2003): A method for identification and characterization of ewe's milk fat globules. *Milchwissensch* 58, p. 490–493.
- Szakály, S. (1994): *Tejgazdaságtan*. Pannon Agrártudományi Egyetem, Állattenyésztési Kar Kaposvár. Egyetemi jegyzet.
- Szakály, S. (2001): *Tejgazdaságtan*, Mezőgazdasági Kiadó, Budapest p. 65.
- Walstra, P., H. Oortwijn, and J. J. De Graaf. (1969) Studies on milk fat dispersion. I. Methods for determining globule-size distribution. *Netherlands Milk Dairy Journal* 23 p.12.
- Wiking, L. H., Nielsen, J., Bavius, A-K., Edvardsson, A., Svennersten-Sjaunja K. (2006): Impact of Milking Frequencies on the Level of Free Fatty Acids in Milk, Fat Globule Size, and Fatty Acid Composition *J. Dairy Sci.* 89 p. 1004–1009.
- Zahar, D. E. Smith, and F. Martin (1995): Vitamin A Distribution Among Fat Globule Core, Fat Globule Membrane, and Serum Fraction in Milk *J. of Dairy Sci.* 1995 78 p. 498-505.