



*A kép illusztráció / Picture is for illustration only
Fotó/Photo: Shutterstock*

Varga László¹

Érkezett: 2017. január – Elfogadva: 2017. április

A tej és a tejgazdálkodás történelmi szerepe az európai társadalmak formálásában

Kulcsszavak: tejgazdálkodás, laktózintolerancia, laktázperzisztencia, gén-kultúra koevolúció

1. Összefoglalás

Főként az utóbbi években napvilágot látott kutatási eredményekre alapozva, a szerző rövid szemle cikkében bemutatja, hogy a tejgazdálkodás a szarvasmarha, a kecske és a juh őseinek 10.500-11.000 évvel ezelőtti házasítását követően néhány évezred leforgása alatt miként vált az emberiség alapvető tevékenységévé. Noha a mai Törökország észak-nyugati részén már mintegy 8500 éve a tejfogyasztás mindennapos volt, tejcukorbontó képesség (laktáz enzim) hiányában ez kellemetlen tünetek (felfúvódás, hasi görcsök, hasmenés) kialakulásához vezethetett. A laktóz-intoleranciából eredő problémák áthidalását nagymértékben elősegítette a tej kezdetleges feldolgozása, pl. fermentálása. Régészeti leletek tanúsága szerint a jelenlegi Lengyelország északi, középső részén már 6800-7400 évvel ezelőtt készítették sajtokat. Fontos felismerés, hogy az európaiak laktáz-perzisztenciájáért felelős allél pozitív természetes szelekciója nagyjából ugyanebben az időszakban kezdődött meg Közép-Európában. A laktázperzisztencia biológiai evolúciója és a tejgazdálkodás kulturális evolúciója évezredek keresztül egymással szoros kölcsönhatásban, ún. gén-kultúra koevolúciós folyamat keretében zajlott, és minden bizonnyal jelentős befolyást gyakorolt Európa lakosságának evolúciójára, genetikai összetételének alakulására.

2. A tej és a tejgazdálkodás történelmi szerepe

Hozzávetőleg 11.700 évvel ezelőtt, a legutóbbi glaciális periódus ("jégkorszak") elmúltával és az újkőkor (neolitikum) beköszöntével, a Közel-Kelet termékeny félholdnak nevezett részén, valamint Anatóliában a középső kőkorszakban (mezolitikum) jellemző vadászó-gyűjtögető életmódot lassan felváltotta a tudatos mezőgazdálkodási tevékenység, majd onnét fokozatosan áterjedt a Közép-Keletre, a Kaukázus vidékére, Európába és Afrikába [18].

Tejfogyasztásra akkor nyílt először lehetőség, amikor megtörtént a juh (*Ovis aries*), a kecske (*Capra hircus*) és a szarvasmarha (*Bos taurus*) őseinek házasítása a Zagrosz- és a Torosz-hegység közötti területen – valószínűleg az Eufrátesz középső szakaszának völgyében –, a kecske és a juh esetében 11.000, a szarvasmarhánál pedig 10.500 évvel ezelőtt. Egyes kutatók egyenesen azt állítják, hogy a bezoárkecske

(*Capra aegagrus*), az ázsiai muflon (*Ovis orientalis*) és az őstulok (*Bos primigenius*) házasításának célja a rendszeres tejfogyasztás lehetőségének megteremtése volt [18], [27].

Mintegy 1500-2000 esztendő elmúltával a házasított állatfajok már nagy egyedszámban voltak jelen a Közel-Keleten, illetve Anatóliában, ahonnan 8400 évvel ezelőtt áterjedtek a mai Görögország és a Balkán területére. Innen a további térfoglalás két útvonalon zajlott: egy tengerparti és egy kontinentális úton. Előbbi az Egei-, az Adriai- és a Tírrén-tenger környékét jelentette, utóbbi pedig a Duna vonalát és a Balkánt, egészen Közép-Európáig [18], [26].

Csontokból kinyert mitokondriális DNS-minták szekvencia-analíziséből kiderült, hogy Közép-Európa első földművesei – a mai Nyugat-Magyarország és Délnyugat-Szlovákia területén kialakult vonaldíszes kerámia kultúra tagjai – nem a vadászó-gyűjtögető

¹ Széchenyi István Egyetem, Mezőgazdaság- és Élelmiszer-tudományi Kar, Élelmiszer-tudományi Tanszék

életmódot folytató őslakosok leszármazottai voltak, hanem bevándorlók, akik az újkőkor kezdetén nagy létszámban érkeztek Közép-Európába a neolitikus kultúra kialakulásának központjához közeli, délnyugat-ázsiai területekről. Ezek a beáramló népcsoportok – legalábbis a kezdeti időkben – nem keveredtek az őslakosokkal [3]. Hasonlóképpen, a Közel-Keleten háziasított szarvasmarha az első mezőgazdálkodó népcsoportokkal került be Európába. Az ember felügyelete alatt álló, törekeny testfelépítésű szarvasmarhák gulyái élesen elkülönültek az őshonos, vad, robusztus őstulok csoportjaitól, genetikailag nem keveredtek velük, és fokozatosan ki is szorították azokat [9].

A tejelő állatok háziasítását és az agyagedények használatba vételét követően viszonylag rövid időn belül megkezdődött a tej hasznosítása. Több mint kétezer agyagedény-darabon talált tejmaradvány zsírsav-összetételének vizsgálata alapján Evershed és munkatársai [11] megállapították, hogy a mai Törökország észak-nyugati részén, a Márvány-tenger környékén, 8500 évvel ezelőtt már mindennapos volt a tejfogyasztás. Az állati csontok vizsgálata arra is fényt derített, hogy ebben a régióban a szarvasmarha volt a fő tejtermelő állatfaj. Elsősorban kiskérődző-eredetű tejsír-maradványokat és lipid-hőbomlási termékeket tartalmazó, kb. 7500 (± 400) éves kerámiaedény-darabok Ecsefalva (Békés megye) és Schela Cladovei (Románia) területéről is előkerültek [6].

Tűzhasználat nélkül állítható, hogy a tejtermelő gazdálkodás bevezetése nagy jelentőségű újítás volt, mert az értékes állatállomány leölése nélkül, fenntartható módon szolgáltatott élelmet elődeinknek [2], [21]. Az évszaktól függetlenül rendelkezésre álló tej biztos táplálékforrást jelentett a tejcukrot emészteni képes egyének számára, nagyfokú védelmet nyújtva a növénytermesztés szezonális és az időjárás kiszámíthatatlansága folytán időszakosan kialakuló élelmiszerhiánnyal szemben [12], [23]. Észak felé haladva egyre nőtt a tej szerepe az éhínség elleni védekezésben, és még az eltarthatósága is meghosszabbodott [7].

Miközben tehát egyes kora újkőkori népcsoportok tejtermelő tevékenységet folytattak, laktáz enzim hiányában nem tudták kellemetlen következmények (felfúvódás, hasi görcsök, hasmenés) nélkül elfogyasztani a tejet. Hamarosan rájöttek azonban, hogy ebből az emésztési kellemetlenségeket okozó, ámde értékes alapanyagból könnyebben emészthető élelmiszereket (sajtot, joghurtot, vaját és egyéb, csökkentett laktóztartalmú tejtermékeket) lehet előállítani, amelyek ráadásul jobban tárolhatóak és szállíthatók, mint a romlékony tej [18].

A sajtgyártásra utaló legrégebbi leletek a mai Lengyelország észak-középső részén található Kujávia területéről kerültek elő [21]. Ezek olyan, 2-3 mm átmérőjű lyukakkal sűrűn ellátott, kb. 7100 (± 300) éves agyagedény-darabok, amelyekről a rajtuk lévő zsír-





A kép illusztráció / Picture is for illustration only
Fotó/Photo: Shutterstock

savak összetételének elemzése alapján bebizonyosodott, hogy szűrőként szolgáltak a sajtolvadék és a savó elválasztására. A cserépdarabok a kelet-európai vonaldíszes kerámia kultúra idejéből és elterjedési területéről származnak. Az azonos időszakból előkerült állati csontok elemzése arra is fényt derített, hogy a tejtermelő állatfajok között a szarvasmarha dominált (68-80%), ezzel szemben a kiskérődzőknek (13-18%) lényegesen szerényebb szerep jutott az állattenyésztésben és a tejtermelésben [21].

A tejtermelés és a tejfeldolgozás gyakorlata tehát még akkor alakult ki, amikor a felnőttkori tejcukorbontó képesség, az ún. laktázperzisztencia előfordulási gyakorisága elenyésző (gyakorlatilag nulla) volt.

Az elmúlt másfél évtizedben vált egyértelművé, hogy a laktázperzisztencia az európaiak körében szoros összefüggésben áll egy, a laktázgén feletti szabályozó régióban létrejövő, báziscsere típusú, -13.910 C/T elnevezésű polimorfizmussal, amelynek C allélje a laktázaktivitás gátlását, T allélje pedig annak perzisztálását okozza [10]. A -13.910 T allél pozitív természetes szelekciója kb. 7500 (± 1200) évvel ezelőtt kezdődött a Balkán északi részén és Közép-Európában [16], valószínűsíthetően a már említett vonaldíszes kerámia kultúra kialakulásával és kezdeti terjedésével párhuzamosan [18]. A közép-európai eredetű -13.910 T allél mellett további három, laktázperzisztenciáért felelős polimorfizmus (-14.010 G/C, -13.915 T/G, -13.907 C/G) létre került fény kelet-afrikai állattenyésztő népekben [25]. Ezek evolúciója az európai alléléhez hasonlóan, de attól függetlenül valósult meg az elmúlt 3-7 ezer évben [4], [15].

Bebizonyosodott, hogy a tejhez való hozzáférés a laktázgénre olyan erős pozitív természetes szelekciós nyomást gyakorolt, ami szinte példa nélküli az emberiség genetikájának történetében [1], [5], [6], [11], [13], [14], [18], [27]. Bersaglieri és mtsai [1] számítása szerint a laktázperzisztenciát biztosító allél jelenlétéből fakadó szelekciós előny elérhette akár a 15-19%-ot is, azaz pl. Skandináviában a -13.910 T allélt hordozó egyének csaknem 20%-kal életképesebb és termékenyebb utódokat hozhattak létre, mint a laktózbontó képességgel nem rendelkezők. Ha egy ilyen mértékű előny több száz generáción keresztül érvényesülni tudott, könnyen hozzásegíthette a kiinduló populációt akár egy egész kontinens birtokba vételéhez is [7].

A laktázperzisztencia biológiai evolúciója és a tejtermelés, illetve a tejfeldolgozás kulturális evolúciója évezredekken keresztül egymással szoros kölcsönhatásban zajlott, ugyanis a laktózbontó képesség csak akkor jelentett szelekciós előnyt, ha állandóan rendelkezésre állt a friss tej, másik oldalról pedig a tejgazdálkodásból sokkal nagyobb hasznot húztak a laktázperzisztens egyének, mint a laktóztoleránsok [16], [18]. Ezt az ún. gén-kultúra koevolúciós folyamatot nagyban segítette a kiskérődzők jelentőségé-



*A kép illusztráció / Picture is for illustration only
Fotó/Photo: Shutterstock*

nek csökkenésével és a szarvasmarha-tartás fontosságának növekedésével járó, északnyugati irányú demográfiai terjeszkedés, melynek hatására Közép-, illetve Észak-Európában tehén- és kisebb részben kecsketejre alapozott, fejlett gazdaságú közösségek alakultak ki 6500 évvel ezelőtt [16].

Az előzőekben vázolt évezredes folyamatok eredőjeként, Európában meglehetősen elterjedt a laktázperzisztencia, amely azonban jóval gyakrabban fordul elő az észak-európai népekben (>90%), mint a közép- (≈60%), illetve dél-európaiakban (<40%). Ez arra utal, hogy a laktázgénre irányuló szelekciós nyomás Európa benépesítését követően kezdett érvényesülni. Másképpen fogalmazva: a -13.910 C/T polimorfizmus csak azután jött létre Közép-Európában, hogy az újkőkori mezőgazdálkodó népcsoportok egyik ága már letelepedett a kontinens déli régióiban [1]. Ami a globális helyzetet illeti, a világ jelenlegi felnőtt lakosságának csupán egyharmada laktázperzisztens [15], de az adatok területi eloszlása nagy egyenlőtlenségeket mutat, mert összefüggésben áll a tejgazdálkodásnak az egyes népcsoportok életében a történelem során betöltött szerepével [1], [17], [22], [24]. A magyar felnőtt lakosság körében 61-63% a laktázperzisztens egyének aránya [8], [19], [20].

Az elmondottakból kitűnik, hogy a tej jelentősége jóval nagyobb annál, mint ami a táplálkozásban jelenleg betöltött szerepéből következik, mert a tejtermelés és a tejfogyasztás óriási, Curry [7] szóhasználatával élve "forradalmi" szerepet játszott az elmúlt 5-10 ezer év során az európai népek evolúciójában, genetikai összetételük alakulásában. Könnyen elképzelhető, hogy Európa jelenlegi lakosainak nagy része az első laktázperzisztens tejtermelők leszármazottja.

3. Köszönetnyilvánítás

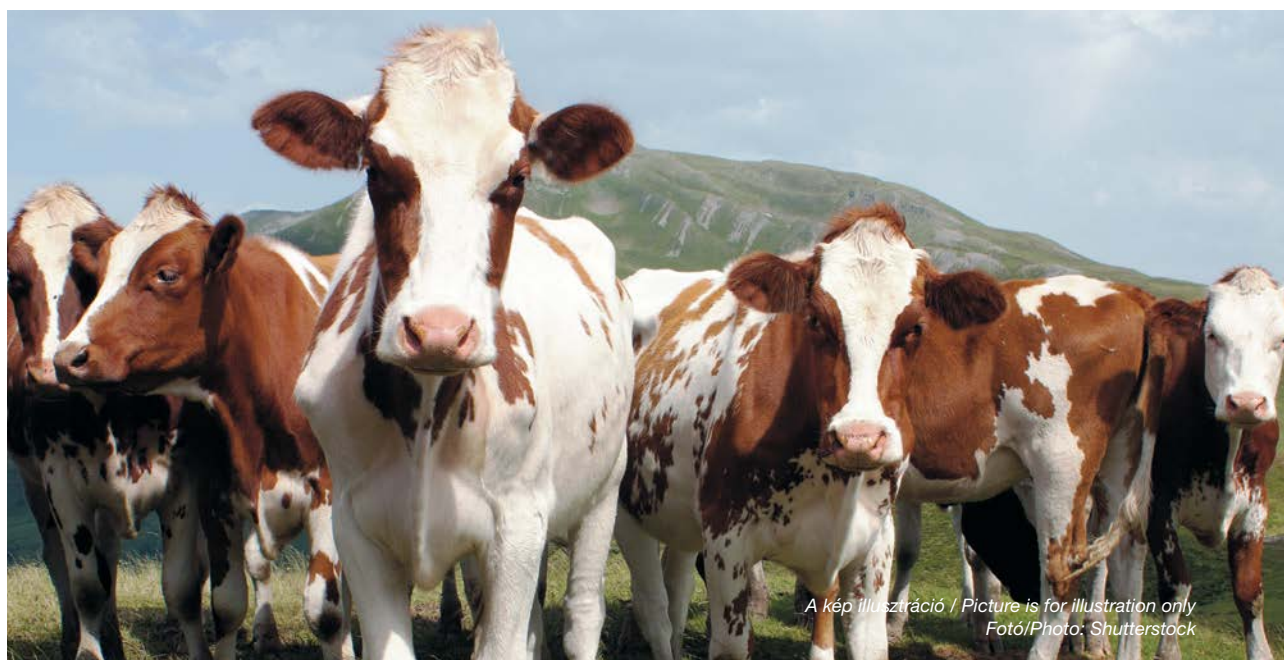
A szerző köszöni az EFOP-3.6.1-16-2016-00024 sz. kutatási projekt anyagi támogatását.

4. Irodalom

- [1] Bersaglieri, T., Sabeti, P.C., Patterson, N., Vanderploeg, T., Schaffner, S.F., Drake, J.A., Rhodes, M., Reich, D.E., Hirschhorn, J.N. (2004): Genetic signatures of strong recent positive selection at the lactase gene. *American Journal of Human Genetics* 74, p. 1111–1120.
- [2] Bogucki, P.I. (1984): Ceramic sieves of the Linear Pottery culture and their economic implications. *Oxford Journal of Archaeology* 3, p. 15–30.
- [3] Bramanti, B., Thomas, M.G., Haak, W., Unterlaender, M., Jores, P., Tambets, K., Antanaitis-Jacobs, I., Haidle, M.N., Jankauskas, R., Kind, C.J., Lueth, F., Terberger, T., Hiller, J., Matsumura, S., Forster, P., Burger, J. (2009): Genetic discontinuity between local hunter-gatherers and central Europe's first farmers. *Science* 326, p. 137–140.

- [4] Check, E. (2007): How Africa learned to love the cow. *Nature* 444, p. 994–996.
- [5] Copley, M.S., Berstan, R., Dudd, S.N., Docherty, G., Mukherjee, A.J., Straker, V., Payne, S., Evershed, R.P. (2003): Direct chemical evidence for widespread dairying in prehistoric Britain. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 100, p. 1524–1529.
- [6] Craig, O.E., Chapman, J., Heron, C., Willis, L.H., Bartosiewicz, L., Taylor, G., Whittle, A., Collins, M. (2005): Did the first farmers of central and eastern Europe produce dairy foods? *Antiquity* 79, p. 882–894.
- [7] Curry, A. (2013): The milk revolution. *Nature* 500, p. 20–22.
- [8] Czeizel, A., Flatz, G., Flatz, S.D. (1983): Prevalence of primary adult lactose malabsorption in Hungary. *Human Genetics* 64, p. 398–401.
- [9] Edwards, C.J., Bollongino, R., Scheu, A., Chamberlain, A., Tresset, A., Vigne, J.D., Baird, J.F., Larson, G., Ho, S.Y.W., Heupink, T.H., Shapiro, B., Freeman, A.R., Thomas, M.G., Arbogast, R.M., Arndt, B., Bartosiewicz, L., Benecke, N., Budja, M., Chaix, L., Choyke, A.M., Coqueugniot, E., Döhle, H.J., Göldner, H., Hartz, S., Helmer, D., Herzig, B., Hongo, H., Mashkour, M., Özdoğan, M., Pucher, E., Roth, G., Schade-Lindig, S., Schmölcke, U., Schulting, R.J., Stephan, E., Uerpman, H.P., Vörös, I., Voytek, B., Bradley, D.G., Burger, J. (2007): Mitochondrial DNA analysis shows a Near Eastern Neolithic origin for domestic cattle and no indication of domestication of European aurochs. *Proceedings of the Royal Society B* 274, p. 1377–1385.
- [10] Enattah, N.S., Sahi, T., Savilahti, E., Terwilliger, J.D., Peltonen, L., Järvelä, I. (2002): Identification of a variant associated with adult-type hypolactasia. *Nature Genetics* 30, p. 233–237.
- [11] Evershed, R.P., Payne, S., Sherratt, A.G., Copley, M.S., Coolidge, J., Urem-Kotsu, D., Kotsakis, K., Özdoğan, M., Özdoğan, A.E., Nieuwenhuys, O., Akkermans, P.M.M.G., Bailey, D., Andeescu, R.R., Campbell, S., Farid, S., Hodder, I., Yalman, N., Özbaşaran, M., Biçakçı, E., Garfinkel, Y., Levy, T., Burton, M.M. (2008): Earliest date for milk use in the Near East and southeastern Europe linked to cattle herding. *Nature* 455, p. 528–531.
- [12] Gerbault, P., Roffet-Salque, M., Evershed, R.P., Thomas, M.G. (2013): How long have adult humans been consuming milk? *IUBMB Life* 65, p. 983–990.
- [13] Greenfield, H.J. (2010): The Secondary Products Revolution: the past, the present and the future. *World Archaeology* 42, p. 29–54.

- [14] Holden, C., Mace, R. (1997): Phylogenetic analysis of the evolution of lactose digestion in adults. *Human Biology* 69, p. 605–628.
- [15] Itan, Y., Jones, B.L., Ingram, C.J.E., Swallow, D.M., Thomas, M.G. (2010): A worldwide correlation of lactase persistence phenotype and genotypes. *BMC Evolutionary Biology* 10, 36. pp. 11
- [16] Itan, Y., Powell, A., Beaumont, M.A., Burger, J., Thomas, M.G. (2009): The origins of lactase persistence in Europe. *PLoS Computational Biology* 5 (8), e1000491. pp. 13.
- [17] Kretchmer, N. (1971): Lactose and lactase: a historical perspective. *Gastroenterology* 61, p. 805–813.
- [18] Leonardi, M., Gerbault, P., Thomas, M.G., Burger, J. (2012): The evolution of lactase persistence in Europe. A synthesis of archaeological and genetic evidence. *International Dairy Journal* 22, p. 88–97.
- [19] Nagy, D. (2012): Genetic testing of adult-type hypolactasia in present-day and ancient samples.
- [20] Nagy, D., Bogácsi-Szabó, E., Várkonyi, Á., Csányi, B., Czibula, Á., Bede, O., Tari, B., Raskó, I. (2009): Prevalence of adult-type hypolactasia as diagnosed with genetic and lactose hydrogen breath tests in Hungarians. *European Journal of Clinical Nutrition* 63, p. 909–912.
- [21] Salque, M., Bogucki, P.I., Pyzel, J., Sobkowiak-Tabaka, I., Grygiel, R., Szmyt, M., Evershed, R.P. (2013): Earliest evidence for cheese making in the sixth millennium BC in northern Europe. *Nature* 493, p. 522–525.
- [22] Scrimshaw, N.S., Murray, E.B. (1988): The acceptability of milk and milk products in populations with a high prevalence of lactose intolerance. *American Journal of Clinical Nutrition* 48, p. 1142–1159.
- [23] Shennan, S., Downey, S.S., Timpson, A., Edinborough, K., Colledge, S., Kerig, T., Manning, K., Thomas, M.G. (2013): Regional population collapse followed initial agriculture booms in mid-Holocene Europe. *Nature Communications* 4, 2486. pp. 8.
- [24] Simoons, F.J. (1969): Primary adult lactose intolerance and the milking habit: a problem in biological and cultural interrelations. I. Review of the medical research. *American Journal of Digestive Diseases* 14, p. 819–836.
- [25] Tishkoff, S.A., Reed, F.A., Ranciaro, A., Voight, B.F., Babbitt, C.C., Silverman, J.S., Powell, K., Mortensen, H.M., Hirbo, J.B., Osman, M., Ibrahim, M., Omar, S.A., Lema, G., Nyambo, T.B., Gori, J., Bumpstead, S., Pritchard, J.K., Wray, G.A., Deloukas, P. (2006): Convergent adaptation of human lactase persistence in Africa and Europe. *Nature Genetics* 39, p. 31–40.
- [26] Tresset, A., Vigne, J.D. (2007): Substitution of species, techniques and symbols at the Mesolithic-Neolithic transition in western Europe. In: Whittle, A., Cummings, V. (Eds), *Going Over: The Mesolithic-Neolithic Transition in the North-West Europe*. Oxford University Press, Oxford, UK. pp. 189–210.
- [27] Vigne, J.D., Helmer, D. (2007): Was milk a “secondary product” in the Old World Neolithisation process? Its role in the domestication of cattle, sheep and goats. *Anthropozoologica* 42 (2), pp. 9–40.



A kép illusztráció / Picture is for illustration only
Fotó/Photo: Shutterstock