



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, laktóztolerancia, 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 háziasítását 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 átterjedt a Közep-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 háziasítása 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*) háziasításának célja a rendszeres tejfogyasztás lehetőségének megteremtése volt [18], [27].

Mintegy 1500-2000 esztendő elmúltával a háziasított állatfajok már nagy egyedszámban voltak jelen a Közel-Keleten, illetve Anatóliában, ahonnan 8400 évvel ezelőtt átterjedtek 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 Tirrén-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 házasított 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 házasítását 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 kiskérdő-eredetű tejsír-maradványokat és lipid-hőbomlási termékeket tartalmazó, kb. 7500 (± 400) éves kerámiaedény-darabok Ecsefgfalva (Békés megye) és Schela Cladovei (Románia) területéről is előkerültek [6].

Túlzás 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 szezonálisitása 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 sajtalvadék 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 kiskérdőzöknek (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 allélja a laktázaktivitás gátlását, T allélja 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) léte re derült fény kelet-afrikai állattenyésztő népekben [25]. Ezek evolúciója az európai alléléhoz 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 allél 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 kiskérdőzök jelentőségé-



A kép illusztráció / Picture is for illustration only
Foto/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 szelektációs 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., Schmöcke, U., Schulting, R.J., Stephan, E., Uerpmann, 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., Bıçakçı, 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.



Tejipari termékek

Látogasson el honlapjukra: <http://www.biomerieux-industry.com/food-safety-solutions-dairy-industries>

Szabadítsa fel a termékeket gyorsabban az **Ultra Gyors Mikrobiológiai Megoldással**

- Baktériumok, élesztők és penészek detektálására
- Érzékenység: egy mikroorganizmus
- Legalább 5-7 nap megtakarítás
- 25 vagy 50 minta tételként

Gyártásközi ellenőrzés

- Alapanyagok
- Gyártáshoz használt víz
- Félkész termékek tesztelése
- Hőkezelés ellenőrzése

Késztermékek ellenőrzése

- Joghurtok, fermentált tejtermékek
- Görög joghurtok
- Friss sajtok
- Tejalapú desszertek
- UHT tejek
- Növényi tejek
- Gyümölcs készítmények



László Varga¹

Received: 2017. January – Accepted: 2017. April

The historical role of milk and dairying in shaping European societies

Keywords: dairy farming, lactose intolerance, lactase persistence, gene-culture coevolution

1. Summary

Based on results recently published in the scientific literature, the author briefly outlines in this mini-review how dairying has become, over thousands of years, a basic activity of humankind. Following the domestication of cattle, goats and sheep, which had begun approximately 10,500 to 11,000 years ago in the Middle East, milk was already in use in northwestern Anatolia by the seventh millennium BC. In lack of lactase, however, milk consumption resulted in unpleasant outcomes (e.g., flatulence, cramps, diarrhea, etc.) in the vast majority of prehistoric farmers. The negative symptoms associated with lactose intolerance were later considerably alleviated by the introduction of simple milk processing techniques such as fermentation. Thus, for instance, Neolithic farming communities in north-central Poland started producing cheese between 6800 and 7400 years ago. Intriguingly, the ability to digest lactose in adulthood, termed lactase persistence (LP), emerged as a result of a genetic mutation at about the same time in central Europe, and the LP allele has been subject to strong positive selection afterwards. As the so-called gene-culture coevolutionary model suggests, the cultural evolution of dairy farming tightly entwined with the biological evolution of LP over millennia, and these processes are likely to have profoundly influenced the genetic composition of European populations.

2. Historical role of milk and dairying

Approximately 11,700 years ago, after the last glacial period (“Ice age”), and the beginning of the New Stone Age (Neolithic), in the region of the Middle East called the Fertile Crescent and also in Anatolia, the hunting-gathering lifestyle characteristic of the Middle Stone Age (Mesolithic) was slowly replaced by conscious agricultural activities, and then it gradually spread to other parts of the Middle East, the Caucasus region, Europe and Africa [18].

The first opportunity for milk consumption came when the ancestors of sheep (*Ovis aries*), goat (*Capra hircus*) and cattle (*Bos taurus*) were domesticated in the area between the Zagros and Taurus Mountains, probably in the middle Euphrates valley, 11,000 years ago in the case of goats and sheep, and 10,500 years ago in the case of cattle. Some researchers even argue that the aim of the domestication of the wild goat (*Capra aegagrus*), the wild sheep (*Ovis orientalis*) and

the aurochs (*Bos primigenius*) was to establish an opportunity for regular milk consumption [18], [27].

About 1,500 to 2,000 years later, domesticated animal species were already present in large numbers in the Middle East and Anatolia, and from there they spread to the area of present-day Greece and the Balkans 8,400 years ago. From here, further penetration took place via two routes: a seaside and a continental route. The former meant the area of the Aegean, Adriatic and Tyrrhenian Seas, while the latter meant the Danube line and the Balkans, all the way to Central Europe [18], [26].

Sequence analysis of mitochondrial DNA samples obtained from bones revealed that the first farmers in Central Europe, members of the linear pottery culture that evolved in the area of present-day western Hungary and southwest Slovakia, were not descendants of the indigenous people following a hunting-gathering lifestyle, but immigrants who arrived in Central Europe in large

numbers at the beginning of the New Stone Age from southwestern Asian areas close to the center of evolution of the Neolithic culture. These incoming groups, at least in the beginning, did not mix with the indigenous people [3]. Likewise, cattle, domesticated in the Middle East, came to Europe with the first farming communities. Herds of cattle with fragile bodies and under human control, were sharply distinct from groups of indigenous, wild and robust aurochs; they did not mix genetically with them, and gradually displaced them [9].

Following the domestication of dairy animals and the start of the use of clay pots, utilisation of milk has begun within a relatively short period of time. Based on the fatty acid composition analysis of milk residues from more than two thousand clay pot fragments, Evershed et al. [11] found that in the northwestern part of present-day Turkey, around the Sea of Marmara, milk consumption was already an everyday occurrence 8,500 years ago. Examination of animal bones also revealed that, in this region, the main milk-producing species was cattle. Roughly 7,500 (±400) years old ceramic pot fragments containing primarily milk fat residues and lipid thermal degradation products of small ruminant origin were found in Ecsegfalva (Békés county) and in Schela Cladovei (Romania) [6].

It is not an overstatement to say that the introduction of dairy farming was a major innovation, because it provided food to our ancestors in a sustainable way, i.e., without the need to slaughter valuable livestock [2], [21]. Milk, available regardless of the season, was a safe food source for people who could digest lactose, providing a high degree of protection against periodic food shortages due to the seasonality of crop production and the unpredictability of weather [12], [23]. Towards the north, the role of milk in the fight against famine further increased, and its shelf-life also extended [7].

So, although certain early Neolithic populations were engaged in dairy farming activities, in the absence of lactase enzyme they could not consume milk without having unpleasant consequences (bloating, abdominal cramps, diarrhea). However, they soon realized that more digestible foods (cheese, yogurt, butter and other dairy products with reduced lactose contents) could be produced from this valuable raw material causing digestion problems and, in addition, these products could be stored and transported more easily than milk which spoils readily [18].

The oldest evidence indicating cheese production was found in the Kuyavia region in the northern-central part of present-day Poland [21]. These are roughly 7,100 (±300) years old clay pot fragments, densely perforated by holes of 2 to 3 mm diameter, about which it was revealed by the composition of fatty acids found on them, that they served as filters to separate cheese curd from whey. The clay fragments come from the time of Eastern European linear pottery culture and from the region of its origin.

Analysis of animal bones from the same period also revealed that cattle dominated among milk producing animal species (68-80%), whereas small ruminants played a significantly smaller role (13-18%) in livestock breeding and milk production [21].

This means that the practice of milk production and dairy processing developed when, when the occurrence of the ability to digest lactose in adulthood, i.e., lactase persistence was negligible (practically zero).

It has become clear over the last decade and a half that, in Europeans, lactase persistence is closely related to a single-nucleotide polymorphism in the regulatory region upstream of the lactase gene, called -13,910 C/T, the C allele of which causes the inhibition of lactase activity, whereas the T allele causes its persistence [10]. Positive natural selection of the -13,910 T allele started roughly 7,500 (±1200) years ago in the northern part of the Balkans and in Central Europe [16], probably in parallel with the above-mentioned evolution and initial spreading of the linear pottery culture [18]. In addition to the -13,910 T allele of Central European origin, three additional polymorphisms (-14,010 G/C, -13,915 T/G, -13,907 C/G), responsible for lactase persistence were found in East African livestock herding tribes [25]. The evolution of these took place similarly to but independently of the European allele over the last 3 to 7 thousand years [4], [15].

It has been shown that access to milk had a strong positive natural selection pressure on the lactase gene, which is almost unprecedented in the history of human genetics [1], [5], [6], [11], [13], [14], [18], [27]. According to the calculations of Bersaglieri et al. [1], the selection advantage due to the presence of the allele ensuring lactase persistence could be as high as 15 to 19%, i.e., in Scandinavia, for example, the individuals carrying the -13,910 T allele could produce almost 20% more fertile offspring compared to those who lacked it. Prevailing through hundreds of generations, such an advantage may well have helped a starting population to take over an entire continent. [7].

The biological evolution of lactase persistence and the cultural evolution of milk production and dairying have been going on for millennia in a closely interlinked way, because the ability to digest lactose could only mean a selection advantage if fresh milk was always available and, on the other hand, individuals with lactase persistence benefited much more from dairying than did lactose intolerant people [16], [18]. This so-called gene-culture coevolution process was greatly assisted by a northwestern demographic expansion, accompanied by a decline in the significance of small ruminants and an increase in the importance of cattle breeding, as a result of which developed economies emerged in Central and Northern Europe 6,500 years ago, based on cow's, and partly on goat's milk [16].

¹ Széchenyi István University, Faculty of Agricultural and Food Sciences, Department of Food Science

As a result of the thousands of years long processes outlined above, lactase persistence in Europe has become fairly widespread; however, it is much more common in the people of Northern Europe (>90%), than it is in Central (~60%) and Southern Europeans (<40%). This suggests that the selection pressure on the lactase gene began to prevail after Neolithic farmers had settled in southern Europe. More specifically, the -13,910 C/T polymorphism developed in Central Europe after Neolithic farming communities had settled in the southern regions of the continent [1]. As far as the global situation is concerned, only one third of the world's current adult population is lactase persistent [15], but the spatial distribution of the data is very uneven, because it is related to the that dairying has played in the everyday life of different populations [1], [17], [22], [24]. Among the Hungarian adult population, the proportion of lactase persistent individuals is 61-63% [8], [19], [20].

It is apparent from the above that the significance of milk is far greater than what its current role in our diet would indicate, because milk production and milk consumption have played a huge or, in the words of Curry [7], a "revolutionary" role in the evolution of European peoples during the last 5 to 10 thousand years, and in the evolution in their genetic makeup. It is quite conceivable that most of Europe's current residents are descendants of the first lactase persistent milk producers.

3. Acknowledgement

The author would like to thank the financial support of research project EFOP-3.6.1-16-2016-00024.

4. References

- [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., Uerpmann, 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., Nieuwenhuyse, O., Akkermans, P.M.M.G., Bailey, D., Andeescu, R.R., Campbell, S., Farid, S., Hodder, I., Yalman, N., Özbaşaran, M., Bıçakçı, 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., Ghorji, 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.

MINŐSÉG MEGFIZETHETŐSÉG EGYSZERŰSÉG SZERVIZELHETŐSÉG

**SZOMATIKUS SEJTSZÁM
ÉS BAKTÉRIUM
SZÁMOLÁS**
BENTLEY MŰSZEREK

BELTARTALMI VIZSGÁLATOK
zsírtartalom, fehérje, laktóz,
szárazanyag, kazein, fagyáspont
BENTLEY MŰSZEREK

**SZERMARADVÁNY
ÉS TOXIN MEGHATÁROZÁS**
UNISENSOR GYORSTESZTEK
RANDOX TESZTEK

**ÁLLATDIAGNOSZTIKA,
DNA TESZTEK**
masztitisz, karbamid meghatározás
DNA DIAGNOSTIC TESZTEK
BENTLEY MŰSZEREK

**HIGIÉNYIA
ÉS ALLERGÉN VIZSGÁLATOK**
HYGIENA GYORSTESZTEK



Bentley Magyarország Kft.
8000 Székesfehérvár, Kálmos utca 2.
hungary@bentleyinstruments.com
Tel.: +36 22 414 100

www.bentleyhungary.hu



DNA DIAGNOSTIC



unisensor
DIAGNOSTIC ENGINEERING



RANDOX
FOOD DIAGNOSTICS



hygiene