



RÉGÉSZET: A TEJ FORRADALMA I. RÉSZ

Írta: Andrew Curry
Fordította: dr. Kenéz Árpád

Megjelent:
Nature, 2013. július 31.

Amikor egy genetikai mutáció lehetővé tette az ősi európai népesség számára a tejfogyasztást, felbolydult a kontinentális szintér.



Az 1970-es években Peter Bogucki régész éppen egy kőkori lelőhelyet tárt fel a Lengyel-Alföldön, amikor páratlan leletek kerültek napvilágra. A mintegy 7000 évvel ezelőtt itt élt közösség tagjai az első európai gazdálkodók közé tartoztak, és olyan kerámiatöredéket hagytak maguk után, amelyeken apró, pontszerű lyukak voltak. Vörös agyagból készült, és szalmaszárakat dugtak át rajta, majd kiégették. A vonatkozó régészeti irodalom tanulmányozásakor Bogucki további olyan kerámialeleteket talált, amelyek valamilyen módon perforálva voltak. „Ezek a szokatlan megjelenésük miatt mindig bekerültek a különböző publikációkba,” meséli Bogucki, aki jelenleg a New Jersey Princeton Egyetemen dolgozik. Egyszer azonban egy barátjánál látott valami nagyon hasonló edényt, amelyet a sajt préselésénél használtak. Ekkor kapcsolta össze először a kerámialeletet a sajt készítésével, de kísérletekkel egyelőre

nem tudta alátámasztani elképzelését.

A titokzatos kerámiák egészen 2011-ig egy raktárban pihentek, amikor is Mélanie Roffet-Salque, az angliai Bristol Egyetem geokémikusa újra elővette őket, és zsírmaradványok után kutatott azok felületén. Sikerral, ugyanis bőségesen talált tejszír maradványokat, amelyek tehát egyértelmű bizonyítékai annak, hogy az első gazdálkodó közösség használt szűrőket a zsíros tej szárazanyagának és savójának elkülönítésére, így a lengyel kerámiatöredék a világ legrégebbi bizonyítéka a sajt készítés tekintetében.

Roffet-Salque nyomozómunkája egy nagy kutatási hullám része, mely célja a tej európai történelmének felfedezése volt. Több eredmény egy 2009-ben indult, 3,3 millió eurós (4,4 millió USA dollár) kutatási projekt keretében látott napvilágot, amelyet régészek, kémikusok és genetikusok bevonásával hívtak életre. A kutatócsoport által feltárt információk rávilágítanak arra, hogy a tejtermékek milyen módon befolyásolták az emberi megtelepedést a kontinensen.

A legutóbbi jégkorszakban a tej a felnőttek számára (a gyerekekkel ellentétben) lényegében toxikus hatással bírt, ugyanis nem rendelkeztek a tejcukrot lebontó laktáz enzimmel. Ám amikor a Közel-Keleten mintegy 11.000 évvel ezelőtt a gazdálkodás leváltotta a vadászó-gyűjtögető életmódot, a szarvasmarhatartók megtanulták, hogy az olyan fermentált tejtermékekben, mint a sajt vagy joghurt,

már tolerálható mértékűre csökken a laktóztartalom. Néhány ezer évvel később egy genetikai mutáció terjedt el Európában, amely lehetővé tette az emberek számára a laktáz enzim termelését, így a tej fogyasztását. Ez az alkalmazkodó képesség új tápanyagforráshoz segítette az embereket, amely akkor is lehetővé tette egy-egy közösség fennmaradását, ha esetleg a betakarítás nem volt sikeres.

Ez a kétlépcsős tejforradalom volt az egyik elsődleges faktora annak a folyamatnak, amely lehetővé tette, hogy a gazdálkodó, állattartó népek déli irányból indulva Európa

szerte kiszorítsák a már ezer éve itt élő vadászó-gyűjtögető kultúrákat. „Régészeti szempontból nagyon gyorsan jutottak el Észak-Európába” mondja Mark Thomas a londoni University College populációgenetikusa. Ez a migrációs hullám olyan mély nyomott hagyott Európában, hogy itt, a világ nagyon sok régiójával ellentétben, a lakosság nagy része a mai napig is nehézségek nélkül fogyasztja a tejet. „Lehetséges, hogy az európaiak nagy része az első európai laktóz-perzisztens tejtermelők leszármazottai” mondja Thomas.

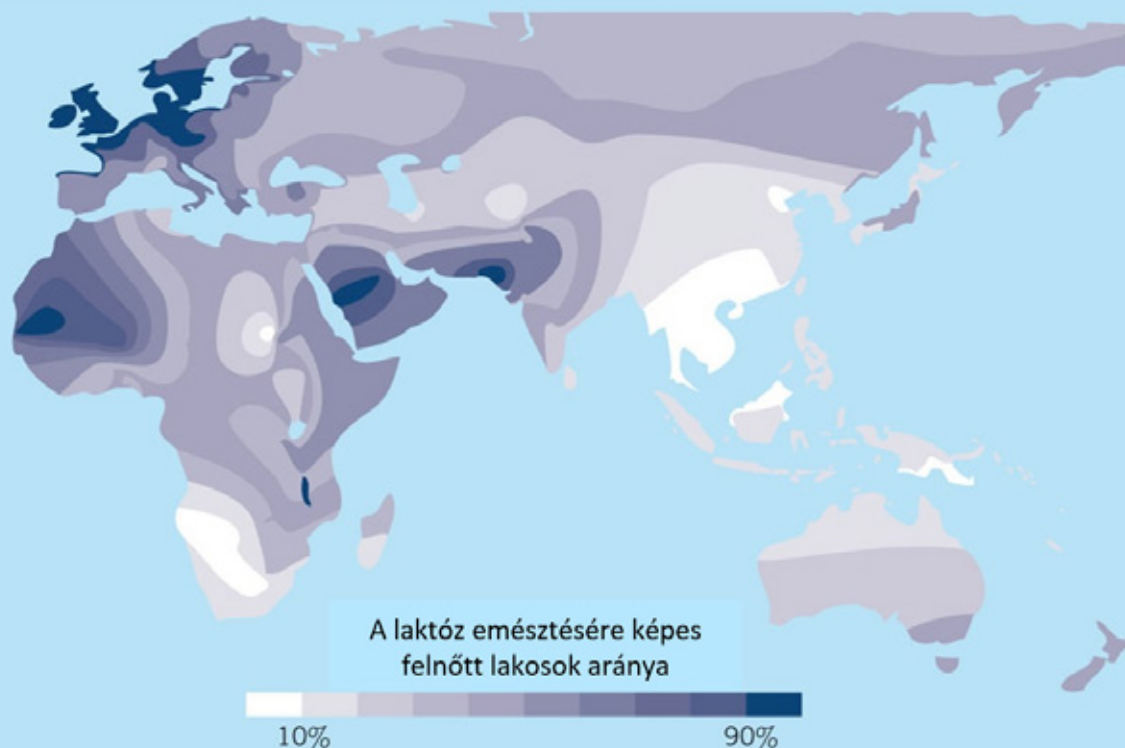
ERŐS GYOMROK

Szinte majdnem minden kisgyermek szervezete termel laktáz enzimet, amely segítségével bontani tudják az anyatejben található laktózt, de ahogy idősebbek lesznek, a laktázt termelő gén „kikapcsolódik”, ennek köszönhetően 7-8 éves kor felett az emberiség mindössze 35%-a képes a laktóz megemésztésére. „Ha laktózérzékeny vagy, és

megiszol fél pint tejet (1 pint=0,568 ml), nagyon beteg leszel. Puffadással járó hasmenés jelentkezik, ami lényegében vérhas.” mondja Oliver Craig, az angliai Yorki Egyetem régésze. „Nem azt mondom, hogy halálos, de meglehetősen kellemetlen.”

LAKTÁZ HOTSPOT-OK

A felnőtt lakosság egyharmada rendelkezik csak a tej fogyasztását lehetővé tevő laktáz enzimmel.



A legtöbb ember, aki rendelkezik a laktóz emésztésének képességével, európai gyökerekkel bír, ahol nagyon úgy tűnik, a tulajdonság egy olyan nukleotidhoz köthető, ahol a citozin timinre cserélődött a laktáz génhez egészen közeli genomikai régióban. Ám vannak más csoportok is Nyugat-Afrikában (lásd *Nature* 444, 994–996; 2006), Közél-Keleten és Dél-Ázsiában, amelyeknél viszont egy eltérő mutáció miatt alakulhatott ki a tejcukor bontásának képessége (lásd Laktáz Hotspot ábra).

A fent említett, egyszerű nukleotid kicserélődés relatíve nem túl régen történt meg Európában. Thomas és kollégái egy számítógépes program segítségével a modern populáció genetikai változatosságát figyelembe véve modellezték le, hogy ez a genetikai mutáció hogyan terjedt szét az ősi populációk között. Azt feltételezik, hogy a laktóz-perzisztencia tulajdonsága, amelyet LP allélnak neveznek, kb. 7500 évvel ezelőtt alakult ki a jelenlegi Magyarország nagyalföldi régiójában.



RÉGÉSZET: A TEJ FORRADALMA II. RÉSZ

Írta: Andrew Curry
Fordította: dr. Kenéz Árpád

Megjelent:
Nature, 2013. július 31.

Amikor egy genetikai mutáció lehetővé tette az ősi európai népesség számára a tejfogyasztást, felbolydult a kontinentális szintér.

ERŐS GÉNEK

Miután megjelent az LP allél, jelentős szelekciós előnyt is nyújtott. Egy 2004-es tanulmányban a kutatók úgy becsülték, hogy azok az emberek, aki rendelkeznek ezzel az allállal, legalább 19%-kal több termékeny utódot nemzettek, mint azok, akikből hiányzik ez a tulajdonság. A kutatók a szelekció ezen fokát a következő módon írják le: „az egész genom legerősebb génje”.

Tehát néhány száz év generációit figyelembe véve ez a tulajdonság lehetővé tette egy populáció számára, hogy elfoglaljon egy egész kontinenst. De ez csak úgy érvényes, ha az adott populáció tejtermeléssel is foglalkozik és nyers tejet is fogyaszt, mondja Thomas. Ez lényegében a gének és a kultúra koevolúciója. A két dolog egymásra épül.

Annak érdekében, hogy felkutassák ezen interakció történelmi hátterét Thomas kutatócsapatot hozott létre Joachim Burger paleogenetikussal a németországi Mainzi Egyetemről, valamint Matthew Collins bioarcheológussal a Yorki Egyetemről. Életre keltették a LeCHE (Lactase Persistence in the early Cultural History of Europe) multidiszciplináris projektet, amelyben végül egy tucat, feltörekvő európai kutató dolgozott együtt. Az LeCHE kutatói abban reménykedtek, hogy a humánbiológia, a régészet, és a kerámiákon végzett

kémiai vizsgálatok kulcsfontosságú bizonyítékokkal szolgálnak majd a modern európai népesség származásával kapcsolatban. „Régóta fennálló kérdés a régészetben az, hogy közel-keleti gazdálkodóktól vagy őslakos vadászó-gyűjtögető ősöktől származunk-e?” mondja Thomas. A szakmai vita az evolúció és a kicserélődés között zajlik. A vadászó-gyűjtögető európai népesség megtanulta a növénytermesztést és az állattartást, vagy a beáramló gazdálkodó telepések a géneik és a technológiájuknak köszönhetően kiszorították őket?



A TEJTERMELÉS TERJEDÉSE

A tejtermeléshez szükséges tudás Közel-Keletről terjedt el Európa felé a neolitizáció során, amikor is a vadászó-gyűjtögető életmódot felváltotta a mezőgazdaság.



Egy kb. 7000 éves szűrőtöredék, amelyet sajt készítéshez használtak.

6500 ÉVVEL EZELEŐTT

Jól fejlett tejgazdaság Közép-Európában.

7500 ÉVVEL EZELEŐTT

A laktáz-perzisztencia, amely lehetővé teszi a tej felnőttkori fogyasztását, megjelenik Közép-Európában.

8000 ÉVVEL EZELEŐTT

A neolitikus kultúra eléri a Balkánt.

8400 ÉVVEL EZELEŐTT

A neolitikus kultúra elterjed Görögország területére.

11000 – 10000 ÉVVEL EZELEŐTT

Kialakul a neolitikus kultúra a Közel-Keleten. Ekkorra indult el a mezőgazdaság és feltehetően az állatok házasítása is.

A bizonyítékok egy részét a régészeti lelőhelyekről származó állatcsontok szolgáltatták. Ha a szarvasmarhát elsősorban tejtermelés miatt tartották, akkor a borjakat még az első életévük betöltése előtt levágták, hogy a teheneket fejhessék, ám, ha a húselőállítás volt a cél, akkor később: csak akkor vágták le őket, ha elérték a kifejlett méreteiket. (Ez a séma, persze az életkorok kivételével, nagyon hasonlóan működött a juhoknál és a kecskékénél is, amely fajok szintén részét képezték a tejtermelés forradalmának.)

A csontok növekedési tulajdonságai alapján a LeCHE projekt kutatója, Jean-Denis Vigne (a párizsi Természettudományi Múzeum archeozoológusa) arra következtet, hogy Közel-Keleten az állatok fejése már a domesztikációkor megindult, mintegy 10500 évvel ezelőtt. Ám ez csak akkor jöhetett létre, amikor is a Közel-Keletről induló neolitizáció során a vadászó-gyűjtögető életmódot felváltotta a mezőgazdaság. „A tejtermelés (fejés) az egyik olyan ok volt, amiért az emberiség elkezdte befogni és tartani az olyan kérődzőket, mint a szarvasmarha, juh és kecske”, mondja Roz Gillis a párizsi Múzeum egy másik archeozoológusa. (Lásd a Tejtermelés elterjedése című ábrát!).

A tejtermelés ezután a neolitizációval együtt szétterjedt, mondja Gillis, aki mintegy 150 európai és anatóliai (mai

Törökország) lelőhely csontanyagát vizsgálta meg. Tehát a tejtermelés a mezőgazdasághoz hasonlóan Anatóliából indulva jutott el Észak-Európába kb. két évezred alatt.

Csak a csontok növekedési mintázatából nem lehet megmondani, hogy Európában a neolitizáció evolúció vagy kicserélődés következtében jött-e létre, azonban a szarvasmarha csontok gyakran sok érdekes nyomot rejtenek magukban. Burger és néhány LeCHE résztvevő egy előzetes kutatás során azt állapították meg, hogy az európai neolit lelőhelyeken talált házasított szarvasmarhák közelebb álltak a Közel-Keleten élt szarvasmarhákhoz, mint az őshonos őstulokhoz. Ez egy erős jelzés arra vonatkozóan, hogy a beérkező állattartók magukkal hozták állataikat, nem pedig helyben házasították azokat. Hasonló történetet vázolnak fel az emberi DNS-kutatások néhány közép-európai lelőhellyel kapcsolatban, amelyekből az derül ki, hogy a neolit gazdálkodók nem azoktól a vadászó-gyűjtögetőktől származnak, akik korábban ott éltek.

Ezek az adatok együttesen segítenek meghatározni az első európai népesség eredetét. „A kontinentális európai régészet fő elmélete az volt, hogy a mezolitik vadászó-gyűjtögetőkből fejlődtek ki a neolit gazdálkodók,” mondja Burger. „Mi alapjaiban bizonyítottuk, hogy ők egészen mások voltak.”



RÉGÉSZET: A TEJ FORRADALMA III. RÉSZ

Írta: Andrew Curry
Fordította: dr. Kenéz Árpád

Megjelent:
Nature, 2013. július 31.

Amikor egy genetikai mutáció lehetővé tette az ősi európai népesség számára a tejfogyasztást, felbolydult a kontinentális szintér.

TEJ VAGY HÚS

Mivel a Közel-Keleten a tejtermelés több ezer évvel korábban kezdődött meg, minthogy az LP allél megjelent volna Európában, az első állattenyésztőknek meg kellett találnia azokat a megoldásokat, amelyekkel csökkenthették a tej laktóztartalmát. Úgy tűnik ezt a sajt- és joghurtkészítéssel oldották meg. (Az érlelt sajtok, mint a feta és a cheddar tartalmaznak valamennyi laktózt, de a parmezánhoz hasonló érettebb öreg sajtok, alig.) Hogy teszteljék ezt az elméletet, a LeCHE kutatói kémiai vizsgálatokat végeztek az ősi kerámiákon. A durva, porózus agyag elegendő maradványt tartalmazhat a kémikusok számára, hogy megállapíthassák, miből származik a főzés folyamán lerakódott zsír: húsból, tejből, olyan kérődzőkből, mint a szarvasmarha, juh vagy a kecske, esetleg más állattól. „Ez lehetőséget adott számunkra, hogy megállapíthassuk, hogy miket is főztek,” mondja Richard Evershed a Bristoli Egyetem kémikusa.

Evershed és a LeCHE kutatói tejsírt találtak olyan, a Termékeny Félhold területéről származó kerámián, amely kb. 8500 évvel ezelőttről származik, valamint

Roffet-Salque lengyel kerámiákon végzett vizsgálatai is egyértelmű bizonyítékot szolgáltatott arra vonatkozóan, hogy 6800-7400 éve az európai állattartók sajtot is készítettek, hogy azzal egészítsék ki étrendjüket. Tehát ezek alapján a tejtermelés alapvető összetevője lett a neolitikus táplálkozási szokásoknak, de nem volt még domináns eleme a gazdaságnak.

A következő lépésre lassabban került sor, és úgy tűnik, hogy ehhez elengedhetetlen volt a laktáz-perzisztencia elterjedése. Az LP allél a megjelenésétől számítva még egy ideig nem vált gyakorivá a népességben: Burger ősi emberi DNS-eket vizsgált a mutáció felkutatása érdekében, és a legrégebbi, amit talált, egy észak-német, 6500 éves minta.

Pascal Gerbault, a LeCHE résztvevője, valamint a Londoni Egyetem populációgenetikusa olyan modelleket készített, amelyek megmutatják, hogy e tulajdonság hogyan is terjedhetett szét. Amikor a közel-keleti neolitikus kultúrák megjelentek Európában, a gazdálkodási, állattartási technológiáik révén kiszorították a helyi

vadászó-gyűjtögető népeiséget. Amint a déliek elérték északot, az LP allél a migráció hullámain „szörfözve” terjedt el. Európa déli részein nehezebben tudta megvetni a lábát a laktáz-perzisztencia, hiszen már a mutáció kialakulása előtt telepedtek le itt neolitikus gazdálkodók, tehát az északra és nyugatra, új területekre terjedő gazdálkodó közösségek esetében a laktáz-perzisztencia által nyújtott előny nagyobb hatással bírt. „Ahogy a hullám következtében nő a

A SZARVASMARHA-HÓDÍTÁS

Mintegy 5000 évvel ezelőtt, a késő neolitikumban és a kora bronzkorban az LP allél Észak- és Közép-Európa területein már széles körben elterjedt volt, a szarvasmarhatartás pedig az egyik fő elemmé vált a kultúra számára. „Felfedezték tehát ezt az életmódot, és ha egyszer ez valóban táplálkozási előnyt jelentett, akkor növelhették és intenzívebbé tehették,” mondja Burger. Számos Közép- és Észak-Európában található késő neolitikus és kora bronzkori lelőhelyen az állatcsontok több mint kétharmadát a szarvasmarha csontok teszik ki.

A LeCHE kutatói még mindig nem tudják pontosan, hogy az említett régiókban a tej problémamentes emésztésének képessége miért is jelent olyan nagy előnyt. Thomas feltételezi, hogy mikor az emberek északra vándoroltak, a tej jó biztosíték volt az éhínség elkerülésére. A tejtermékek hideg klimatikus körülmények között jobban eltarthatók, és értékes, kalóriában gazdag tápanyagforrások voltak függetlenül a szezonról vagy a rosszul sikerült betakarításoktól.

Mások úgy vélik, hogy a tej, különösen északon a relatíve magas D-vitamin tartalma miatt volt nagy segítség az emberek számára. Egy tápanyag, amely segít elkerülni a betegségeket, különösen az angolkórt. Az ember képes D-vitamint előállítani a napfény segítségével, amely különösen nehéz az északiak számára, főként a téli hónapokban. Ugyanakkor a laktáz-perzisztencia gyökeret vert a napsütötte Spanyolország területén is, megkérdőjelezve így a D-vitamin szintézisben játszott szerepét.

A LeCHE projekt tehát egy olyan modellt kínálhat, amely megmutathatja, hogyan válaszolhatók meg a régészeti vonatkozású kérdések különféle diszciplínák és eszközök által. „Sokféle csáppal tapogatóztak –

populáció, úgy jelenhet meg nagyobb gyakorisággal az allél,” mondja Gerbault.

E mintázat maradványai napjainkban is láthatók. Dél-Európában relatíve ritka a laktáz-perzisztencia – Görögországban és Törökországban kevesebb, mint 40%. Ezzel szemben Nagy-Britanniában és Skandináviában 90% felett van azon felnőttek száma, akik képesek megemészteni a tejet.

régészet, ősembertan, ősi DNS és modern DNS, kémiai vizsgálatok – viszont mind egy fő kérdésre fókuszált,” mondja Ian Barnes a londoni Royal Holloway Egyetem paleogenetikusa, aki egyébként nem vett részt a projektben. „Sok olyan változás akad a táplálkozási szokásokban, amelyek csak ily módon vizsgálhatók.”

Az ilyen irányú megközelítések segíthetnek például a keményítő lebontásában szerepet játszó amiláz eredetének felkutatásában is. A kutatók azt feltételezik, hogy az enzim kialakulását követte – vagy annak hatására – a gabonák arányának megnövekedése az étrendben, amely együtt járt a mezőgazdaság fejlődésével is. A kutatók szintén szeretnék kinyomozni az alkohol-dehidrogenáz evolúcióját, amely nagy jelentőséggel bír az alkohol lebontásában, és segíthet fényt deríteni az emberiség alkoholos italok iránti érdeklődésének eredetére.

Néhány LeCHE résztvevő az úgynevezett BEAN projekt (Brigding the European and Anatolian Neolithic) keretében szeretne még korábbra visszamenni az időben, hogy kiderítsék azt, hogy az első gazdálkodók hogyan jutottak el Európába. Burger, Thomas és a BEAN projektben résztvevők ezen a nyáron Törökországba utaznak annak reményében, hogy számítógépes modellek és ősi DNS vizsgálatok segítségével jobban megérthessék a neolitikus kultúra eredetét, kik voltak az első gazdálkodók, és pontosan mikor érkeztek Európába.

Útjuk során találkozni fognak majd a beyaz peynirrel, azzal a sós juhsajttal, amely majd minden török reggeli során az asztalra kerül. Ez a sajt talán ahhoz hasonlít, amelyet a neolitikus gazdálkodók 8000 éve fogyasztottak, jóval azelőtt, hogy elterjedt volna a nyers tej fogyasztásának képessége, a laktáz-perzisztencia.