



A mikrohullámú pasztörözés hatása a tej összetételére I. Aminosav-összetétel, szabadaminosav-tartalom, biológiai érték

**Albert¹ Cs., Lányi¹ Sz., Salamon¹ Sz., Lóki² K., Csapóné Kiss² Zs.,
Csapó^{1,2} J.**

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

²Kaposvári Egyetem, Állattudományi Kar, 7400 Kaposvár, Guba S. u. 40.

ÖSSZEFOGLALÁS

A szerzők egy Hargita megyei Tejipari Vállalatnál különböző hőkezelési eljárással pasztörözött tejminták szabadaminosav- és összesaminosav-tartalmát vizsgálták OPA/2-merkaptó-etanol származékképzés után HPLC segítségével. Elemezték a mikrohullámú kezelés hatását az aminosavakra, a szabadaminosav-tartalomra és a biológiai értékre a hagyományos hőkezelési technológiához hasonlítva. Az összes esszenciális aminosav mennyisége teljes mértékben megegyezett függetlenül attól, hogy kezeletlen nyers tejről vagy különböző módon hőkezelt tejről volt szó. Az oxidációra és a hő hatására rendkívül érzékeny kéntartalmú aminosavak és a tirozin, valamint a treonin minimális módon változott. Ugyanezt tapasztalták a valin- az izoleucin-, a leucin- és a fenilalanintartalomban, és nem tapasztaltak változást a nem esszenciális aminosavaknál sem a hőkezelés során. Az általuk alkalmazott kétféle hőkezelés gyakorlatilag semmiféle változást nem okozott a tejfehérje aminosav-összetételében sem az esszenciális, sem a nem esszenciális aminosavak tekintetében. A nyerstej összes szabadaminosav-tartalmát 20,67 mg/100 g tejnek mérték, ami a hagyományos módon pasztörözött tejben 8,02 mg aminosav/100 g tejre, a mikrohullámmal pasztörözött tejben pedig 8,96 mg aminosav/100 g tejre csökkent. Az arginin kivételével mindegyik esszenciális szabad aminosav mennyisége lényeges mértékben csökkent a hőkezelés során. Legszembetűnőbb a csökkenés a fenilalanin, a leucin, a lizin, a valin és a tirozin esetében. A csökkenés feltehetően a technológiai beavatkozás következménye. Jelentős eltérést kaptak tehát a nyerstej és a különböző módon hőkezelt tejminták között a szabad aminosavakat illetően; a két hőkezelési mód között azonban a szabad aminosavak tekintetében nem tudtak különbséget tenni, tehát e tekintetben is a két hőkezelési módszer azonos értékűnek mondható.

(Kulcsszavak: tej, hagyományos pasztörözés, mikrohullámú hőkezelés, aminosav-összetétel, szabadaminosav-tartalom)

ABSTRACT

The effect of microwave pasteurization on the composition of milk. I.

Amino acid composition, free amino acid content, biological value

Cs. Albert¹, Sz. Lányi¹, Sz. Salamon¹, K. Lóki², Zs. Csapó-Kiss², 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 examined free amino acid and total amino acid content of milk samples pasteurized using different heat treatment procedures at a Dairy Company of Hargita

county, using HPLC after derivatization with OPA/2-mercaptoethanol. They analyzed the effect of microwave treatment on the amino acids, free amino acid content and biological value compared to the conventional heat treatment technology. The amount of total essential amino acids was fully identical irrespective of whether it was about untreated raw milk or milk heat treated in different ways. Sulfur amino acids extremely sensitive to oxidation and heat, tyrosine as well as threonine changed minimally. The same was experienced for valine, isoleucine, leucine and phenylalanine content and no change was experienced for the non-essential amino acids, either, during the heat treatment. The two applied heat treatments caused practically no change in the amino acid composition of the milk protein neither in case of the essential nor in the case of the non-essential amino acids. Total free amino acid content of the raw milk was measured to be 20.67 mg/100 g milk, which reduced in the milk pasteurized in the traditional way to 8.02 mg amino acid/100 g milk, whereas in the microwave pasteurized milk to 8.96 mg amino acid/100 g milk. With the exception of arginine, the amount of each essential free amino acid decreased substantially during the heat treatment. The most striking is this decrease for phenylalanine, leucine, lysine, valine and tyrosine. The decrease is presumably a result of the technological intervention. Thus, significant difference was obtained between the raw milk and the milk samples heat treated in different ways regarding the free amino acids; no distinction could be drawn between the two heat treatment methods in the respect of free amino acids, however, consequently, the two heat treatment methods can be considered as being of same value also in this respect. (Keywords: milk, conventional pasteurization, microwave heat treatment, amino acid composition, free amino acid content)

BEVEZETÉS

Az emberi fogyasztás előtt – egyes speciális tejtermékek kivételével – a tejet pasztörözni kell, melynek során elpusztítják a kórokozó mikroorganizmusokat és azok csíráit. A pasztörözés úgy kell megoldani, hogy az a lehető legkisebb befolyással legyen a nyerstej összetételére és annak organoleptikus tulajdonságaira. A hagyományos pasztörözési eljárások mellett az utóbbi időben a mikrohullámú kezelést elkezdték alkalmazni a tej pasztörözésére. Szinte semmit sem tudunk azonban az így előállított tej tulajdonságairól, a mikrohullám hatásáról a tej tulajdonságaira. Ezért feladatunk tűztük ki annak vizsgálatát, hogy a mikrohullámú kezelés milyen hatással van a tej fehérjetartalmára és a szabadaminosav-összetételére. Vizsgálatainkat az „érzékeny” aminosavakra (Tyr, Lys, Met, Cys) koncentráltunk nézve azt, hogy a mikrohullámú kezelés hatására történt-e jelentős változás ezen aminosavak esetében a hagyományos technológiához hasonlítva.

A természetes élelmiszer alapanyagok, mint amilyen a tej, nyers állapotban nem tartalmaznak jelentős mennyiségben D-aminosavakat, a fogyasztásra való előkészítés folyamán azonban gyakran vannak olyan körülményeknek kitéve, amelyek racemizációt okozhatnak. A hővel történő kezelés során kapott D-aminosavak rontják a minőséget, a kezelt élelmiszer biztonságos felhasználhatóságát. A D-aminosavak jelenléte a fehérjében csökkenti az emészthetőséget és a többi aminosav hozzáférhetőségét, ezért vizsgáltuk a nyerstej alapanyag, a hagyományos módon pasztörözött, valamint a mikrohullámmal pasztörözött tej szabadaminosav-, szabad D-aminosav- és fehérjetartalmát. A vizsgálatok során szeretnénk volna megállapítani a szabad aminosavak változását, a tejfehérje esetleges károsodását, a D-aminosavak kialakulását a hagyományos és a mikrohullámú hőkezelés hatására, valamint összehasonlítani a két pasztörözési eljárás hatékonyságát a tejfehérje minőségének megtartása szempontjából.

A mikrohullámú kezelés elvi alapjai

A mikrohullámú sugárzásnak a 300 MHz–300 GHz frekvencia tartományba eső elektromágneses hullámokat nevezzük (Pozar és David, 1993). A mikrohullámú tartomány az alábbiakat tartalmazza:

- ultra-magas frekvencia: ultra-high frequency (UHF) (0,3–3 GHz),
- szuper-magas frekvencia: super high frequency (SHF) (3–30 GHz),
- extrém-magas frekvencia: extremely high frequency (EHF) (30–300 GHz) jeleket.

Az élelmiszeripari gyakorlatban a mikrohullámú technika másik alkalmazási területe a termékek mikrobiológiai biztonságának növelése, elsősorban a pasztörözési eljárásokkal. Pozar és David (1993) leírják, hogy a mikrohullámú eljárások során elsősorban a 2450 MHz, illetve néhány esetben a 915 MHz-es frekvenciát használták. Rajkó és mtsai. (1996) szerint a mikrohullámok energiája a molekulák kötéseinek felbontására nem elegendő, bizonyos körülmények között azonban képes a biológiai szerkezetek módosítására, sejtmembránok, molekulák közötti kötések elroncsolására a termikus műveletek (pl. sterilizés, főzés, tartósítás, ipari sejtbtontás, fermentálás, enzim-átalakítás stb.) során. A mikrohullámú melegítés alapja az, hogy az elektromos tér erőt fejt ki a töltött, vagy elektromos térben polarizálható, dipólussal rendelkező részecskére (Barótfi, 2001). A mikrohullámú sütőben elektromágneses tér rezeg igen nagy frekvenciával. A víz (H–O–H) poláros molekula, ezért a víz és a nagy víztartalmú anyagok igen gyorsan melegednek a mikrohullámú sütőben. A vízmolekula töltéeloszlását tekintve elektromos dipólus. A nagyfrekvenciájú térben az elektromos mező polaritásával összhangban a dipólusos molekulák olyan gyorsan forognak, hogy a súrlódásuk hőmérsékletemelkedéshez vezet. A kezelt anyag hőmérsékletemelkedése függ a kezelés időtartamától, az anyag méretétől és térbeli elhelyezkedésétől (Szabó, 1991).

A mikrohullámú energiaközlés természete miatt lényeges különbség van a mikrohullámú és a hagyományos hőkezelés során kialakuló hőmérsékleteloszlási profilok között is. A hagyományos hőkezelés során a hő konvekcióval terjed, ami viszonylag lassú hőkiegyenlítődést eredményez. Ezzel szemben a mikrohullámú hőkezelés során az energia elnyelődése egyenletesebb az anyagban, így a hőkiegyenlítődés is gyorsabban játszódik le. A mikrohullámú hőkezelés számos előnye a belső hőkeltéssel kapcsolatos, melynek köszönhető, hogy mikrohullámú hőkezelés, szárítás esetén jelentéktelen a hőveszteség, mert nem a környezet, hanem az anyag melegszik teljes térfogatában. A melegítő hatás függ az elektromos térerősségtől, a frekvenciától, az élelmiszer dielektromos állandójától. A mikrohullámú sütők működési frekvenciája 2450 MHz, azaz a hullámhossza 12 cm. A mikrohullámú hőkezelés során a hullámok az élelmiszer felületétől a belseje felé haladnak, miközben az élelmiszerben rezgő vízmolekula a súrlódásból származó hőenergiájának egy részét átadja a környezetének (Sieber és mtsai., 1999).

Valero (2000) szerint az élelmiszer külső felületén a melegítő hatás intenzívebb, mint a belső rétegekben. A 2450 MHz-es frekvencián az energia az anyag belseje irányában 19 mm-enként feleződik.

A mikrohullámú készülékek és működésük

A mikrohullámú készülékekben az élelmiszerek hőkezelése 100 °C-on lehetséges, addig, amíg az élelmiszernek van víztartalma. Ha az anyagban nincs víz vagy már elpárolgott, olyan magas hőmérséklet is keletkezhet, hogy az anyag szénné ég. Ezért a mikrohullámú készülékben csak melegíteni és főzni lehet. A sütéshez, illetve felületi kérgesítéshez (pirítás) külön erre a célra alkalmas fűtőtesteket vagy edényeket kell alkalmazni

(barnító edény). Mivel a mikrohullámú sütők általában kevesebb hővel működnek, mint a hagyományos főzési módszerek, és rövidebb idő is szükséges az ételek elkészítéséhez, ezért ezek a sütők a legkíméletesebbek a tápanyagtartalom megőrzése szempontjából (DeLorenzo, 1994).

A mikrohullámú hőkezelés alkalmazása az ételkészítési eljárások során

A mikrohullámú technika élelmiszeripari alkalmazásának ötlete a II. világháború idején a merült fel először (Decreau, 1985). Az első folyamatos mikrohullámú berendezést Hollandiában helyezték üzembe az 1960-as években, majd ezután egyre elterjedtebben alkalmazták az élelmiszeripar területén.

Lau és Tang (2002) szerint a mikrohullámú pasztőrözés alkalmával a rövid hőkezelési és besugárzási idő következtében az élelmiszerek kevésbé károsodnak, ezért számos élelmiszer esetében alkalmazzák. A pasztőrözéssel kapcsolatos sikerek ellenére a mikrohullámú sterilizálás nem terjedt el a gyakorlatban, aminek az az oka, hogy a sterilizáláshoz szükséges mikrohullámú berendezések kialakítása igen drága, mivel a szükséges magas nyomás, illetve a kívánt egyenletes hőmérséklet elérése bonyolult és drága berendezések fejlesztését igényli (László és mtsai., 2005). Bár a mikrohullámú energiaközlés igen hatékony energiaközlési forma, a mikrohullámú energia előállításának hatékonysága csak kb. 50–70% körül van, ezért a mikrohullámú kutatások egyik kulcsfontosságú területe a nagy energiahatékonyságú mikrohullámú berendezések fejlesztése (Szabó 1991; Ku és mtsai., 2002; Cheng és mtsai., 2006). Az utóbbi években számos munka látott napvilágot, amelyek különböző élelmiszeripari anyagok mikrohullámú térben való viselkedésének modellezésével foglalkozott (Romano és mtsai., 2005; McMinn, 2006). A spenót a mikrosütőben szinte a teljes folsavtartalmát megőrzi, tűzhelyen főzve 77%-a elvész. A mikrohullámú kezelés a zöldségek vitamintartalmának megőrzése szempontjából kíméletesebb eljárás, mint a hagyományos főzés, és a szalonnában jelentősen alacsonyabb volt a rákkeltő nitrózaminok szintje, mint a hagyományos módon sültötben.

A mikrohullámú kezelésnek azonban káros hatásai is vannak. A mikrohullámú sütőben melegített, felengedett vagy főzött ennivaló a kísérleti alanyok vérében szignifikáns elváltozásokat okozott. Csökkent valamennyi hemoglobin érték, és a HDL és az LDL (koleszterin) aránya is. Ebben a kísérletben a mikrohullám hatásának kitett emberi táplálékok vizsgálata azt is igazolta, hogy fogyasztásuk az emberi szervezetben patogén folyamatok kezdetét váltja ki, így rákos elváltozásokat is előidézhetnek. Ma az az általános vélemény, hogy a mikrohullám káros az élő szervezetre, sejtekre, de ez a hatás a sütőn belül marad, s így a benne lévő étel nem jobb és nem rosszabb, mint a hagyományos módon sültöt, főzött étel.

A mikrohullámú pasztőrözés azért ígéretes módszer, mivel a tapasztalatok szerint a rövid hőkezelési és besugárzási idő következtében az élelmiszerek kevésbé károsodnak a mikrohullámú kezelés hatására, mint a hagyományos hőkezelés során (Rosenberg és Bogl, 1987; Lau és Tang, 2002; Wang és mtsai., 2003; Sun és mtsai., 2006). Sieber és mtsai. (1999) mikrohullámmal kezelve a tejet nem tudtak egészségkárosító hatást kimutatni. Özilgen és Özilgen (1991) az *Escherichia Coli* hőpusztulásának kinetikáját vizsgálva mikrohullámú pasztőrözéssel, áramlós csőreaktorban arra a következtetésre jutottak, hogy a mikrohullámú kezelés alacsonyabb hőmérsékleten alkalmazható mind pasztőrözés, mind sterilizálás esetében. A módszer egyik legnagyobb előnye a hagyományos hőkezeléssel szemben, hogy a termék a csomagolását, lezárását követően is kezelhető, így eltarthatósága lényegesen megnövelhető tartósítószer hozzáadása nélkül.

ANYAG ÉS MÓDSZER

A vizsgált tejminták

Vizsgált nyerstejet egy Hargita megyei tejipari vállalattól szereztük be. A normál pasztörözött tejet 72 °C-on 40 másodpercig történő hőkezeléssel nyertük. A mikrohullámmal pasztörözött tejmintáknál a tejet lemezes hőcserélővel 63 °C-ra előmelegítettük, majd 2,45 GHz-es, 12,2 cm hullámhosszú mikrohullámmal kezelve a nyerstejet 68 °C-ra felmelegítettük, majd 40 másodpercig ezen a hőfokon tartottuk. A kísérleti pasztöröző berendezést három ALASCA típusú háztartási mikrohullámú sütő sorba kötésével alakítottuk ki úgy, hogy a három készülék egymás fölött helyezkedett el. Mindhárom készülék belső üregébe egy-egy vízszintes tengelyű üvegspirált tettünk, amelyek az üreg hátsó falán távoztak a berendezésből. A spirál belső átmérője 18 cm, az üvegcső belső átmérője pedig 20 mm volt. A három spirálalakú üvegcső sorba kötését rugalmas csövekkel oldottuk meg, és a mikrohullámú pasztöröző berendezés 200 l/h kapacitással működött. Kísérleteinket háromszor ismételtük meg, és a párhuzamos kísérletből származó három-három tejminta analízisét végeztük el.

Mintaelőkészítés

A tejminták előkészítése aminosav-analízisre

A mintaelőkészítést és az analitikai mérést a Sapientia EMTE Csíkszeredai Műszaki és Társadalomtudományi Karának Élelmiszer-tudományi Tanszékén végeztük. A tejmintákat, -25 °C-on tároltuk az analízisek megkezdéséig. A mélyhűtőpultban tárolt tejmintákat felolvasztottuk, 30 °C-ra történő felmelegítés után 15 percig 8000 g-n centrifugáltuk, melynek során eltávolítottuk a tej alakos elemeit, majd elvégeztük a tej zsírtalanítását is. Ezt követően 50 cm³ tejhez 50 cm³ 25%-os triklór-ecetsavat hozzáadva a keveréket 20 percig állni hagytuk, a kivált csapadékot 10 percig 10000 g-n centrifugáltuk. A kapott felülúszó pH-ját 4 M nátrium-hidroxiddal 7,0-re állítottuk be mind a szabadaminosav-, mind a szabad D-aminosav-tartalom meghatározásához. Az így kapott oldatokat liofilezővel 10 °C-os tálcáfűtést alkalmazva beszárítottuk, majd a szabadaminosav-tartalom meghatározásához a beszárított anyagot 10 cm³ pH=7,0 nátrium-acetát pufférben, a szabad D-aminosavak meghatározásakor pedig 1 cm³ bidesztillált vízben oldottuk fel. Az így előkészített mintákat -25 °C-on tároltuk az analízisek megkezdéséig.

Készülék és vegyszerek

A szabadaminosav- és a szabad D-aminosav-tartalom meghatározása során a származékképzést és az analízist Varian Pro Star HPLC berendezéssel végeztük. A mérési adatok gyűjtésére és kiértékelésére Varian Star 6.0 szoftvert használtunk. A mintaelőkészítéshez, származékképzéshez és analízishez felhasznált vegyszerek HPLC minőségűek voltak. Az OPA-t, a TATG-t a Sigmától (St. Louis, USA), a merkaptó-etanol pedig a MERCK cégtől (Darmstadt, Germany) vásároltuk. Az analízis során használt oldószereket (acetonitril, metanol) szintén a MERCK cégtől szereztük be. Az elúciós puffereket mono- és dinátrium-hidrogén-foszfátból, valamint nátrium-acetátból állítottuk elő, a pH-t 4 M nátrium-hidroxiddal állítottuk be.

A szabad aminosavak meghatározása

A származékképzés során az aminosavakból orto-ftáldaldehyddel (OPA) és 2-merkaptó-etanolal (MeOH) gyűrűs származékot képeztünk. A reakció körülményei: az automatikus mintaadagolás során 465 µl mintát 205 µl borátpufferben (0,4 M; pH=9,5)

összekevertük 105 µl reagenssel (100 mg OPA feloldottuk 9 cm³ metanolban, 1 cm³ borátpufferben, majd ehhez hozzáadtunk 100 µl 3 M 2-merkaptó-etanolt). Az így kapott oldatot 3 percig állni hagytuk. A keletkezett reakcióelegyből 20 µl-t injektáltunk az analitikai oszlopra. A keletkezett származékokat fluoreszcens detektorral detektáltuk (gerjesztési hullámhossz: 325 nm, emissziós hullámhossz: 420 nm). A szabad aminosavak szétválasztása fordított fázisú (150x4 mm belső átmérő, 5 µm részecske méret, Supelcosil (C18) töltet) analitikai oszlopon történt. A meghatározáshoz egy két komponensből (metanol–nátrium-acetát puffer) álló gradiens rendszert alkalmazunk. Az áramlás sebessége 1 cm³/perc volt.

A szabad D-aminosavak meghatározása

A származékképzés során az aminosav-enantiomerekből diasztereomer párokat képeztünk orto-ftáaldehiddel (OPA) és 2,3,4,6-tetra-O-acetil-1-tio-β-D-glükopiranoziddal (TATG). A reakció az 1,5 cm³-es ampullában ment végbe. A mintaadagolás során 465 µl mintát 205 µl borát pufferben (0,4 M; pH=9,5) összekevertük 25 µl reagenssel (8 mg OPA és 44 mg TATG feloldva 1 cm³ metanolban). Az így kapott oldatot 6 percig állni hagytuk. A keletkezett reakcióelegyből 20 µl-t injektáltunk az analitikai oszlopra. A származékokat fluoreszcens detektorral detektáltuk (gerjesztési hullámhossz: 325 nm, emissziós hullámhossz: 420 nm). Az enantiomerek szétválasztása fordított fázisú (125x4 mm belső átmérő, 4 µm részecske méret, Superspher (C8) töltet) analitikai oszlopon történt. A művelet végrehajtásához egy három komponensből (metanol–foszfát-puffer–acetonitril) álló gradiens rendszert alkalmaztunk. Az áramlás sebessége 1 cm³/perc volt.

EREDMÉNY ÉS ÉRTÉKELÉS

A tejminták összesaminosav-tartalma

A nyerstej, a hagyományos módon pasztőrözött tej (normál tej) és a mikrohullámmal pasztőrözött tej (MW tej) aminosav-tartalmát az 1. és a 2. táblázat tartalmazza. Az 1. táblázatban az esszenciális és féligesszenciális aminosavakat, a 2. táblázatban pedig a nem esszenciális aminosavakat foglaltuk össze.

Az 1. táblázat adataiból megállapítható, hogy az esszenciális aminosavak mennyisége gyakorlatilag teljes mértékben megegyezik függetlenül attól, hogy kezeletlen nyerstejről vagy különböző módon hőkezelt tejről van szó. Nem találunk különbséget az oxidációra érzékeny cisztintartalomban, melynek értéke 0,021 és 0,023% között, a metionintartalomban, melynek értéke 0,090 és 0,097% között változott. Ugyancsak minimális volt a különbség a hőkezelésre rendkívül érzékeny treonin- (0,118–0,124%) és tirozintartalomban (0,127–0,132%).

Az oxidációra és a hő hatására rendkívül bomlékony kéntartalmú aminosavak, és a tirozin és a treonin minimális módon történő megváltozása után nem meglepő, hogy a valin- (0,173–0,185%), az izoleucin- (0,140–0,154%), a leucin- (0,265–0,284%) és a fenilalanintartalomban (0,135–0,140%) sem tudunk a nyerstej, valamint a belőle hőkezeléssel készített pasztőrözött tejek között különbséget kimutatni. A lizintartalom a három tejmintánál 0,223–0,236, a hisztidintartalom 0,079–0,086, az arginintartalom pedig 0,070–0,078% között változott.

1. táblázat

A különböző módon kezelt tejminták esszenciális- és féligesszenciális aminosav-tartalma (g aminosav/100 g tej)

Aminosav (1)	Tejminta (2)		
	Nyerstej (3)	Normál pasztörözött tej (4)	Mikrohullámmal pasztörözött tej (5)
Treonin (6)	0,124	0,118	0,123
Cisztin (7)	0,021	0,022	0,023
Valin (8)	0,185	0,173	0,180
Metionin (9)	0,097	0,090	0,090
Izoleucin (10)	0,154	0,146	0,140
Leucin (11)	0,284	0,265	0,276
Tirozin (12)	0,130	0,127	0,132
Fenilalanin (13)	0,140	0,135	0,139
Lizin (14)	0,232	0,223	0,236
Hisztidin (15)	0,086	0,079	0,080
Arginin (16)	0,073	0,070	0,078

Table 1. Essential and semiessential amino acid content of milk samples heat treated by different manner (g amino acid/100 g milk)

Amino acid(1), Milk sample(2), Raw milk(3), Milk pasteurized by mild heat treatment(4), Milk pasteurized by microwave heat treatment(5), Threonine(6), Cystine(7), Valine(8), Methionine(9), Isoleucine(10), Leucine(11), Tyrosine(12), Phenylalanine(13), Lysine(14), Histidine(15,) Arginine(16)

2. táblázat

A különböző módon kezelt tejminták nemesszenciális aminosav-tartalma (g aminosav/100 g tej)

Aminosav (1)	Tejminta (2)		
	Nyerstej (3)	Normál pasztörözött tej (4)	Mikrohullámmal pasztörözött tej (5)
Aszparaginsav (6)	0,216	0,207	0,212
Szerin (7)	0,165	0,158	0,159
Glutaminsav (8)	0,694	0,650	0,669
Prolin (9)	0,376	0,343	0,356
Glicin (10)	0,058	0,055	0,058
Alanin (11)	0,101	0,098	0,100

Table 2. Non essential amino acid content of milk samples heat treated by different manner (g amino acid/100 g milk)

Amino acid(1), Milk sample(2), Raw milk(3), Milk pasteurized by mild heat treatment(4), Milk pasteurized by microwave heat treatment (5), Aspartic acid(6), Serine(7), Glutamic acid(8), Proline(9), Glycine(10), Alanine(11)

Az esszenciális aminosavakhoz hasonlóan nem tapasztaltunk változást a nem esszenciális aminosavaknál sem a hőkezelés hatására. A fehérje legnagyobb részét kitevő glutaminsav 21,6–21,8% között, a prolin 11,4–11,8% között, az aszparaginsav 6,8–6,9% között, a nem esszenciális aminosavak közül talán legérzékenyebb szerin 0,158–0,165% között, a glicin 0,055–0,058% között, az alanin pedig 0,098–0,101% között változott. Vizsgálatainkból levonhatjuk tehát azt a következtetést, hogy az általunk alkalmazott kétféle hőkezelés gyakorlatilag semmiféle változást nem okozott a tej aminosav-tartalmában sem az esszenciális, sem a nem esszenciális aminosavak tekintetében. Minimális volt az ammóniatartalomban történő változás is, hisz az ammóniatartalmat a hagyományos módon pasztörözött tejnél, 0,047%-nak, a mikrohullámmal pasztörözött tejnél pedig 0,048%-nak mértük, ami gyakorlatilag egybe esett a kontrollminta ammóniatartalmával.

A fehérje aminosav-összetétele

A 3. és 4. táblázatban az előzőekben elemzett minták eredményei láthatók g aminosav/100 g fehérje mértékegységre átszámolva. Ez a két táblázat a fehérje minőségéről ad felvilágosítást.

3. táblázat

A különböző módon kezelt tejminták esszenciális- és féligesszenciális aminosav-tartalma (g aminosav/100 g fehérje)

Aminosav (1)	Tejminta (2)		
	Nyerstej (3)	Normál pasztörözött tej (4)	Mikrohullámmal pasztörözött tej (5)
Treonin (6)	3,9	3,9	4,0
Cisztin (7)	0,7	0,7	0,7
Valin (8)	5,8	5,8	5,8
Metionin (9)	3,0	3,0	2,9
Izoleucin (10)	4,8	4,9	4,5
Leucin (11)	8,9	9,0	8,9
Tirozin (12)	4,1	4,2	4,3
Fenilalanin (13)	4,4	4,5	4,5
Lizin (14)	7,3	7,4	7,6
Hisztidin (15)	2,7	2,6	2,6
Arginin (16)	2,3	2,3	2,5

Table 3. Essential and semiessential amino acid content of milk samples heat treated by different manner (g amino acid/100 g protein)

Amino acid(1), Milk sample(2), Raw milk(3), Milk pasteurized by mild heat treatment(4), Milk pasteurized by microwave heat treatment (5), Threonine(6), Cystine(7), Valine(8), Methionine(9), Isoleucine(10), Leucine(11), Tyrosine(12), Phenylalanine(13), Lysine(14), Histidine(15), Arginine(16)

4. táblázat

**A különböző módon kezelt tejminták nemesszenciális aminosav-tartalma
(g aminosav/100 g fehérje)**

Aminosav (1)	Tejminta (2)		
	Nyerstej (3)	Normál pasztörözött tej (4)	Mikrohullámmal pasztörözött tej (5)
Aszparaginsav (6)	6,8	6,9	6,8
Szerin (7)	5,2	5,3	5,1
Glutaminsav (8)	21,8	21,6	21,6
Prolin (9)	11,8	11,4	11,5
Glicin (10)	1,8	1,8	1,9
Alanin (11)	3,2	3,3	3,2

Table 4. Non essential amino acid content of milk samples heat treated by different manner (g amino acid/100 g protein)

Amino acid(1), Milk sample(2), Raw milk(3), Milk pasteurized by mild heat treatment(4), Milk pasteurized by microwave heat treatment(5), Aspartic acid(6), Serine(7), Glutamic acid(8), Proline(9), Glycine(10), Alanine(11)

A 3. és a 4. táblázat tehát az összes aminosav arányát mutatja a tejfehérje százalékában. Mivel a gramm aminosav/100 g minta egységekben kifejezett aminosav-összetétel a különféle kezelések hatására alig változott, és az aminosavak összege mindhárom mintánál jól közelítette a nyersfehérje-tartalmat, ezért a fehérje aminosav-összetételében nem találtunk különbséget a három tejminta között. A legfontosabb esszenciális aminosavak egyike, a lizin értéke a fehérjében 7,3–7,6% között változott, a legnagyobb mennyiségben előforduló nem esszenciális glutaminsav százalékos aránya pedig 21,6 és 21,8% között alakult. Levonhatjuk tehát azt a következtetést, hogy az általunk alkalmazott hőkezelés nem befolyásolta a tej aminosav-tartalmát (gramm aminosav/100 g minta), és nem volt semmilyen hatással a fehérje aminosav-összetételére (gramm aminosav/100 g fehérje), ezen keresztül a fehérje biológiai értékére. *Morup és Olesen* (1976) szerint kiszámolva a tejfehérje biológiai értékét, a kontroll tej mintára 81,2, a hagyományos módon pasztörözött teje 80,9, a mikrohullámmal pasztörözött teje pedig 80,8 értéket kaptunk. Ezen eredmények bizonyítják, hogy az alkalmazott hőkezelés semmiféle hatással nem volt a tejfehérje biológiai értékére.

A tejminták szabadaminosav-tartalma

Az 5. és 6. táblázat a nyerstej és a különböző módon pasztörözött tejek szabadaminosav-tartalmát mutatja mg aminosav/100 g tej mértékegységben.

A szabad aminosavak mennyiségét vizsgálva egészen más megállapítások adódtak, mint amit a fehérje összesaminosav-tartalmának vizsgálatakor tettünk. A nyerstej összes szabadaminosav-tartalmát 20,67 mg/100 g tejnek mértük, mely érték a hagyományos módon pasztörözött tejben 8,02 mg aminosav/100 g teje, a mikrohullámmal pasztörözött tejben pedig 8,96 mg aminosav/100 g teje csökkent. Az egyes aminosavakon belül rendkívül nagymértékben csökkent a fenilalanin, a hisztidin, a leucin, a lizin, a metionin, a valin, az aszparaginsav, a prolin és a tirozin mennyisége, csekélyebb mértékben az izoleuciné, a treoniné, az alaniné, az argininé és a cisztiné, és

némi növekedést kaptunk a glicin és a szerin esetében. Egyenként értékelve az esszenciális aminosavakat megállapítottuk, hogy a treonin mennyisége 0,14 mg aminosav/100 g tej értékekről a hagyományos módon pasztörözött tejben 0,09, a mikrohullámmal pasztörözött tejben pedig 0,07 mg aminosav/100 g teje csökkent. (A továbbiakban az első helyen mindig a nyerstej, a második helyen a hagyományos módon pasztörözött tej, a harmadik helyen pedig a mikrohullámmal pasztörözött tej értékeit tárgyaljuk.)

A cisztintartalom 0,06-ről 0,01-re és 0,02-re, a valintartalom 1,04-ről 0,14 és 0,18-ra, a metionintartalom 0,27-ről 0,01-re és 0,03-ra, az izoleucintartalom 0,14-ről 0,05-re és 0,04-re, a leucintartalom 0,54-ről 0,04-re és 0,06-ra, a tirozintartalom 1,40-ről 0,07-re és 0,08-ra, a fenilalanintartalom 1,03-ről 0,08-ra és 0,08-ra, a lizintartalom 0,76-ről 0,20-ra és 0,20-ra, a hisztidintartalom 0,45-ről 0,14-re és 0,17-re csökkent, míg az arginintartalom mindhárom tejmintánál 0,10 mg aminosav/100 g tej volt. Leszűrhetjük tehát azt a következtetést, hogy az arginin kivételével mindegyik esszenciális szabad aminosav mennyisége lényeges mértékben csökkent a hőkezelés során. Legszembetűnőbb a csökkenést a fenilalanin, a leucin, a lizin, a valin és a tirozin esetében kaptunk.

5. táblázat

A különböző módon kezelt tejminták esszenciális- és féligesszenciális szabadaminosav-tartalma (mg aminosav/100 g tej)

Aminosav (1)	Tejminta (2)		
	Nyerstej (3)	Normál pasztörözött tej (4)	Mikrohullámmal pasztörözött tej (5)
Treonin (6)	0,14	0,09	0,07
Cisztin (7)	0,06	0,01	0,02
Valin (8)	1,04	0,14	0,18
Metionin (9)	0,27	0,01	0,03
Izoleucin (10)	0,14	0,05	0,04
Leucin (11)	0,54	0,04	0,06
Tirozin (12)	1,40	0,07	0,08
Fenilalanin (13)	1,03	0,08	0,08
Lizin (14)	0,76	0,20	0,20
Hisztidin (15)	0,45	0,14	0,17
Arginin (16)	0,10	0,10	0,10

Table 5. Essential and semiessential free amino acid content of milk samples heat treated by different manner (mg amino acid/100 g milk)

Amino acid(1), Milk sample(2), Raw milk(3), Milk pasteurized by mild heat treatment(4), Milk pasteurized by microwave heat treatment (5), Threonine(6), Cystine(7), Valine(8), Methionine(9), Isoleucine(10), Leucine(11), Tyrosine(12), Phenylalanine(13), Lysine(14), Histidine(15), Arginine(16)

A nem esszenciális aminosavakat tekintve az aszparaginsav 1,66-ről 0,41 és 0,46 mg aminosav/100 g teje csökkent. A szabad szerintartalom 0,07-ről 0,16 illetve 0,08 mg aminosav/100 g tej értékre nőtt. A glutaminsavtartalom 7,07-ről 4,75-re és 5,15-re, a

prolintartalom pedig 4,23-ról 0,14-re és 0,23-ra csökkent. A glicintartalom 0,33-ról 0,74-re és 1,01-re nőtt, az alanintartalom pedig 0,50-ről 0,28-ra és 0,37-re csökkent. A nem esszenciális aminosavaknál a legszembetűnőbb a csökkenést a prolin és az aszparaginsav esetében tapasztaltunk, arányaiban viszont elhanyagolható a változás a legnagyobb mennyiségben lévő szabad aminosav, a glutaminsav esetében. Összességében elmondható tehát, hogy a nyerstej esszenciális szabadaminosav-tartalma az arginin kivételével jelentős mértékben csökken, és a nem esszenciális aminosavak is, a glicin és a szerin kivételével, csökkennek a hőkezelés hatására.

6. táblázat

A különböző módon kezelt tejminták nemesszenciális szabadaminosav-tartalma (mg aminosav/100 g tej)

Aminosav (1)	Tejminta (2)		
	Nyerstej (3)	Normál pasztörözött tej (4)	Mikrohullámmal pasztörözött tej (5)
Aszparaginsav (6)	1,66	0,41	0,46
Szerin (7)	0,07	0,16	0,08
Glutaminsav (8)	7,07	4,75	5,15
Prolin (9)	4,23	0,14	0,23
Glicin (10)	0,33	0,74	1,01
Alanin (11)	0,50	0,28	0,37

Table 6. Non essential free amino acid content of milk samples heat treated by different manner (mg amino acid/100 g milk)

Amino acid(1), Milk sample(2), Raw milk(3), Milk pasteurized by mild heat treatment(4), Milk pasteurized by microwave heat treatment(5), Aspartic acid(6), Serine(7), Glutamic acid(8), Proline(9), Glycine(10), Alanine(11)

Mivel magyarázható ez a csökkenés? Mivel a nyerstej mintát azonnal mélyhűtő szekrényben fagyasztottuk a különböző módon hőkezelt mintákkal együtt, ezért kizártuk annak a lehetőségét, hogy a nyerstej savanyodásának indulása, a Laktobacillusok elszaporodása és az élettevékenységük következtében lenne magasabb a szabadaminosav-tartalom a nyerstej mintában. Mivel a mintavételi szabályokat betartottuk és a nyerstejet a hőkezelt mintákkal együtt azonnal fagyasztottuk, ezért a szabad aminosav mennyiségben észlelt nagymérvű csökkenés csak a technológiai beavatkozás következménye lehet. Kétfajta lehetőséggel kellene számolni a hőkezelés során mutatkozó változásokat illetően. Lehetséges, hogy mivel a szabad aminosavak lényegesen reakcióképesebbek, mint a peptidláncban kötöttek, ezért a hőkezelés során reakcióba léptek a tejcukorral Maillard-reakciótermékeket eredményezve. Erre egyetlen bizonyítékunk, hogy egy másik kísérlet során mérve a hasznosítható lizin-tartalmat, hőkezelés hatására mintegy 4–5%-os csökkenést tapasztaltunk. Ez a minimális csökkenés elképzelhetően a szabad lizin átalakulásának következménye, és nem a tejfehérjében kötötté. Az összes többi aminosav esetében kísérleti bizonyítékkal nem rendelkezünk elképzelésünk alátámasztására.

A másik lehetőség talán az, hogy a hőkezelés során koagulálódott savófehérjék felületükön meg tudták kötni a szabad aminosavakat, és ez a kötés oly erős volt, hogy az

általunk alkalmazott meghatározás során a felületről a szabad aminosavakat nem tudtuk eltávolítani. Valójában ez utóbbi lehetőség lenne a gyakorlat számára a legjobb, hisz ilyenkor a szabad aminosavak a tejtermékek készítése során nem maradnának benn a savóban, hanem a fehérje felületéhez adszorpcióval kötődve növelnék a tejtermék biológiai értékét.

A szabad aminosavak százalékos részaránya

A 7. és a 8. táblázat a szabad aminosavak százalékos részarányát és annak alakulását mutatja a hőkezelés során.

7. táblázat

A különböző módon kezelt tejminták esszenciális és féligesszenciális szabadaminosav-tartalmának aránya (%)

Aminosav (1)	Tejminta (2)		
	Nyerstej (3)	Normál pasztőrözött tej (4)	Mikrohullámmal pasztőrözött tej (5)
Treonin (6)	0,7	1,1	0,8
Cisztin (7)	0,3	0,1	0,2
Valin (8)	5,0	1,7	2,0
Metionin (9)	1,3	0,1	0,3
Izoleucin (10)	0,7	0,6	0,4
Leucin (11)	2,6	0,5	0,7
Tirozin (12)	6,8	0,9	0,9
Fenilalanin (13)	5,0	1,0	0,9
Lizin (14)	3,7	2,5	2,2
Hisztidin (15)	2,2	1,7	1,9
Arginin (16)	0,5	1,2	1,1

Table 7. Ratio of essential and semiessential free amino acids of milk samples heat treated by different manner (%)

Amino acid(1), Milk sample(2), Raw milk(3), Milk pasteurized by mild heat treatment(4), Milk pasteurized by microwave heat treatment (5), Threonine(6), Cystine(7), Valine(8), Methionine(9), Isoleucine(10), Leucine(11), Tyrosine(12), Phenylalanine(13), Lysine(14), Histidine(15), Arginine(16)

A legtöbb esszenciális aminosavnál az arányok is a kezeletlen mintánál a nagyobbak, mely megállapítás alól csak a treonin és az arginin képez kivételt. Meglepően nagy változás található a szabad glutaminsav esetében az arányokat illetően.

A nyers minta szabad glutaminsav aránya a legkisebb, míg a két hőkezelt minta szabad glutaminsav aránya 57–59% között alakult, ami annyit jelent, hogy a hőkezelt minta szabad aminosavainak több mint felét a glutaminsav teszi ki. A glicin és a szerin esetében is a nyerstej minta tartalmazta arányaiban a legkevesebb szabad aminosavat; ezeket az eredményeket jelenlegi tudásunk alapján nem tudjuk magyarázni.

8. táblázat

A különböző módon kezelt tejminták nem esszenciális szabadaminosav-tartalmának aránya (%)

Aminosav (1)	Tejminta (2)		
	Nyerstej (3)	Normál pasztörözött tej (4)	Mikrohullámmal pasztörözött tej (5)
Aszparaginsav (6)	8,0	5,1	5,1
Szerin (7)	0,3	2,0	0,9
Glutaminsav (8)	34,2	59,2	57,4
Prolin (9)	20,5	1,7	2,6
Glicin (10)	1,6	9,2	11,3
Alanin (11)	2,4	3,5	4,1

Table 8. Ratio of non essential free amino acid of milk samples heat treated by different manner (%)

Amino acid(1), Milk sample(2), Raw milk(3), Milk pasteurized by mild heat treatment(4), Milk pasteurized by microwave heat treatment (5), Aspartic acid(6), Serine(7), Glutamic acid(8), Proline(9), Glycine(10), Alanine(11)

Összességében tehát megállapítható, hogy jelentős eltérést kaptunk a szabad aminosavakat illetően a nyerstej és a különböző módon hőkezelt tejminták között. A két hőkezelési mód között azonban a szabad aminosavak tekintetében nem tudunk különbséget tenni, tehát a szabad aminosavak alapján úgy tűnik, hogy a két hőkezelési módszer azonos értékűnek mondható.

IRODALOM

- Barótfi I. (2001). Szolgáltatástechnika. A mikrohullámú sütők. Mezőgazda Kiadó, Budapest. 786.
- Cheng, W.M., Raghavan, G.S.V., Ngadi, M., Wang, N. (2006). Microwave power control strategies on the drying process I. Development and evaluation of new microwave drying system. Journal of Food Engineering. 76. 2. 188-194.
- Decreau, R. (1985). Microwaves in the Food Processing Industry. Academic Press, New York.
- Ku, H.S., Siores, E., Taube, A., Ball, J.A.R. (2002). Productivity improvement through the use of industrial microwave technologies. Computers & Industrial Engineering. 42. 281-290.
- László Zs., Simon E., Hodúr C., Fenyvessy J. (2005). Mikrohullámú technika alkalmazásának újabb lehetőségei az élelmiszer- és környezetiparban. Szeged. Agrártudományi Közlemények. 18. 29-34.
- Lau, M.H., Tang, J. (2002). Pasteurization of pickled asparagus using 915 MHz microwaves. Journal of Food Engineering. 51. 4. 283-290.
- McMinn, W.A.M. (2006). Thin-layer modelling of the convective, microwave, microwave-convective and microwave-vacuum drying of lactose powder. Journal of Food Engineering. 72. 2. 113-123.

- Özilgen, S., Özilgen, M. (1991). Food Engineering Department, Middle East Technical University, Ankara, Turkey Enzyme and Microbial Technology. 13. 5. 419-423.
- Pozar, D.M. (1993). Microwave Engineering. Addison-Wesley Publishing Company.
- Rajkó R., Szabó G., Kovács E., Papp G-né, Hotya L-né (1996): Szójabab tripszinhátróaktívításának csökentése mikrohullámú kezeléssel. Élelmiszeripari Főiskola, Tudományos Közlemények. 18. 45-57.
- Romano, V.R., Marra, F., Tamaro, U. (2005). Modelling of microwave heating of foodstuff: study on the influence of sample dimensions with a FEM approach. Journal of Food Engineering. 71. 3. 233-241.
- Morup K., Olesen E.S. (1976). New method for prediction of protein value from essential amino acid pattern. Nutrition Reports International. 13. 355-365.
- DeLorenzo, R. (1994). Heating Food and Eliminating Air Pollution with Microwaves Dewey 'Understanding Chemistry, An Introduction', West Publishing Company, 220.
- Rosenberg, U., Bogl, W. (1987). Microwave pasteurization, sterilization, blanching, and pest control in the food industry. Food Technol., 41. 92-99.
- Szabó G. (1991). A mikrohullámú technika alkalmazása az élelmiszeripari és biotechnológiai gyakorlatban. Szeszipar. 4. 124-127.
- Sieber, R., Eberhard, P., Gallmann, P.U. (1999). Heat treatment of milk in domestic microwave ovens. International Dairy Journal. 6. 3. 231-246.
- Sun, T., Tang, J., Powers, J.R. (2006). Antioxidant activity and quality of asparagus affected by microwave-circulated water combination and conventional sterilization. Food Chemistry. 2007. 100. 2. 813-819.
- Valero, E. (2000). Chemical and sensorial changes in milk pasteurized by microwave and conventional systems during cold storage. Food Chemistry. 70. 1. 77-81.
- Wang, Y., Wig, T.D., Tang, J., Hallberg, L.M. (2003). Dielectric properties of foods relevant to RF and microwave pasteurization and sterilization. Journal of Food Engineering. 57. 3. 257-268.

Levelezési cím (*Corresponding author*):

Csapó János

Kaposvári Egyetem, Állattudományi Kar
7401 Kaposvár, Pf. 16.

*University of Kaposvár, Faculty of Animal Science
H-7401 Kaposvár, P.O.Box 16.*

Tel.: 36-82-314-155, Fax: 36-82-321-749

e-mail: csapo.janos@ke.hu