

# **Eltérően hőkezelt juhtej és juhtejből készült termékek szabad D-aminosav tartalmának vizsgálata**

**Csanádi J.; Fenyvessy J.;**

SZTE Szegedi Élelmiszeripari Főiskolai Kar Szeged, 6724 Mars tér 7.

## **ÖSSZEFOGLALÁS**

*A tej és tejtermékben igen jól tanulmányozhatjuk az élelmi nyersanyagok feldolgozása során keletkező D-aminosavak képződését. A D-aminosavak megítélése nem egyértelmű és jelenleg több hátrányos következményük ismert. Vizsgáltuk a juhtej, az eltérő hőmérsékleten hőkezelt juhtej és néhány juhtejből készült termék szabad D-aminosavtartalmát. A szabad D-aminosav tartalom minden vizsgált termékben jelentős volt. A szabad D-aszparaginsav 16,8-39,5%-ban, míg a szabad D-glutaminsav 13,3-27%-ban volt megtalálható a termékekben, az összes szabad aminosav százalékában. Minden vizsgált termékben megállapítottuk, hogy az aszparaginsav nagyobb mértékben racemizálódott, mint a glutaminsav. A savanyú tejtermékek nagyobb arányban tartalmazzák a vizsgált szabad D-aminosavakat, mint a sajtfélék. (Kulcsszavak: hőkezelt juhtej, juhtejből készült termékek, D-aminosav tartalom)*

## **ABSTRACT**

### **Investigation of D-Amino-acid content of sheep milk by different heat-treating and products from sheep milk**

**J. Csanádi, J. Fenyvessy,**

University of Szeged, College Faculty of Food Engineering Szeged, H-6724 Mars tér 7. Hungary

*Milk and dairy products provide very good examples of the occurrence of D-amino acids in the processing of raw foods. Although a consensus has not been reached on D-amino acids, at present their negative consequences outnumber their positive effects. We have studied the free D-amino acid content of sheep milk, heat-treated sheep milk at various temperatures and various products of sheep milk. All of the investigated products contained significant level of free D-amino acids. The free D-aspartic acid content of the products was 16,9-39,5%, while the free D-glutamic acid content was 13,3-27% in the percent of total free amino acids. The racemization of aspartic acid was higher, than at glutamic acid at every investigated products. The D-amino acid content of fermented milk products was higher than in the case of different cheeses.*

(keywords: sheep milk by different heat-treating, products from sheep milk, D-amino acid content)

## **BEVEZETÉS**

A szervezetbe kerülő D-aminosavak legfontosabb forrásai az élelmiszerek, ugyanis az élelmiszer fehérjék a főzés vagy a különböző élelmiszeripari feldolgozási folyamatok során kisebb-nagyobb mértékű racemizáción esnek át. Az eddigi kutatások szerint elsősorban a közeg pH-ja, a hőkezelés, az alkalikus behatás ideje és az egyes aminosavak szerkezete befolyásolja leginkább a racemizációt. A D-aminosavak rontják a termék minőségét és a kezelt élelmiszer biztonságos felhasználhatóságát.

A D-aminosavak jelenléte a fehérjében csökkenti az emészthetőséget és befolyásolja a többi aminosav felhasználhatóságát. Ez az esszenciális aminosavak L-enantiomerjei mennyiségének csökkenését eredményezheti, mivel a peptid kötések a normális úton nem tudnak szétszakadni. Néhány D-aminosav izomer toxikus hatással is rendelkezhet és módosíthatják a lizinoalanin biológiai hatását is. Másrészt viszont, bizonyos D-aminosavak hasznosak is lehetnek (pl. fájdalomcsillapítás), és a csökkent emészthetőségű D-aminosavakat tartalmazó fehérjék felhasználhatók pl. fogyókúráknál.

A tej és tejtermékek, mint alapélelmiszerek, igen jó példák az eredeti nyersanyag aminosav összetételének megváltozására. Bár a kereskedelemben (elsősorban külföldön) nyers tej (hőkezeletlen) is kapható, a legtöbb tejterméket először különböző módon pasztörözik, majd homogénezik, de sűrítetik és alvaszthatják is, így megadva a konkrét termék jellegét, mint pl. a fogyasztói tej, a joghurt vagy a különböző sajtok. Ez utóbbi két tejterméket baktériumok segítségével fermentálják, amely eljárás szintén D-aminosavak keletkezését előidézi elő. A tejben és tejtermékekben lévő D-aminosavak előfordulását eddig többen vizsgálták és arra a következtetésre jutottak, hogy elsősorban a D-Aszparaginsav, D-Alanin, és D-Glutaminsav-tartalom lehet jelentős ezekben a termékekben. Mivel a tejtermékek gyártásakor (kivéve a Na-kazeinát) lúgos kezelést nem alkalmaznak, így kijelenthetjük, hogy a tejtermékek esetében a hőkezelés és a bakteriális tevékenység idézi elő a D-aminosavak mennyiségének növekedését.

Több kutató vizsgálta a tej és különböző tejtermékek D-aminosav tartalmát és arra a következtetésre jutottak, hogy a technológia során jelentősen nőhet a D-aminosav tartalom. A szabad aminosavak racemizációját tanulmányozva *Bada* (1985) és *Steinberg et al.*, (1984) megállapították, hogy 100 °C-on 7 és 8 pH között a szerin racemizációs felezési ideje (az az idő, amikor a D/L arány eléri a 0.33-at) 3 nap, az aszparaginsavé 30 nap, az alaniné 120 nap, az izoleuciné pedig 300 nap. *Liardon & Lederman* (1986) szerint pH=9-nél 83 °C-on kazein esetében az előbbi 4 aminosav racemizációs felezési ideje: 16 óra, 19 óra, 11 nap, és 57 nap.

*Payan et al.* (1985) a tejkezelés hatására bekövetkező változásokat a D-aszparaginsav koncentrációjának mérésével tanulmányozták. (A következőkben a D-aminosavak koncentrációját a kérdéses aminosav teljes mennyiségére vonatkoztatva adjuk meg: %D-aminosav=  $(D/D+L)*100$ ). A nyers tej tartalmazta a legkevesebb (1,48%), D-aszparaginsavat, mennyisége pedig a kezelések növekvő számával együtt nőtt (acidofilusz tej: 2,05%, sovány tejpor: 2,15%, kefir: 2,44%, sűrített tej: 2,49%, joghurt: 3,12%, tejalapú csecsemőtápszerek: 4,95%). Legnagyobb a D-aszparaginsav aránya a csecsemőtápszerekben, amelyek olyan technológiai beavatkozásokon mennek keresztül, mint pl. a porlasztva szárítás vagy a sterilizálás (hővel).

*Gandolfi et al.* (1992) a hőkezelés és a baktériumok hatását vizsgálták a tej szabad és fehérjében kötött D-aminosav tartalmára. Megállapították, hogy a nyers tej szabad D-aminosav tartalma nem nőtt a pasztörözés, az ultrapasztörözés vagy a sterilizálás hatására. A vizsgált tejminták szabad D-alanin tartalmát 3-8% közöttinek, D-aszparaginsav tartalmát 2-5% közöttinek, D-glutaminsav tartalmát pedig, 2-4% közöttinek mérték. Ezzel szemben megállapították, hogy a nyers tejminták szabad D-aminosav tartalma jelentősen nőtt a 4 °C-on történő tárolás alatt, ezért a D-alanin tartalom kimutatását javasolták a tej bakteriális szennyezettségének ellenőrzésére.

*Palla et al.* (1989) a tejpor szabad D-aszparaginsav tartalmát 4-5%, D-alanin tartalmát pedig 8-12% közöttinek találták. A joghurt szabad D-alanin tartalmát 64-68%-nak, szabad D-aszparaginsav tartalmát 20-32%-nak, szabad D-glutaminsav tartalmát pedig 53-56%-nak mérték. Ugyanezek az értékek érett sajt esetében 20-45%, 8-35% és 5-22% között alakultak. Az érett sajt szabad D-fenilalanin tartalmát 2-13% közöttinek találták, és egy minimális mennyiségű D-leucint is ki tudtak mutatni az érett sajtból. Méréseik alapján felhívják a

figyelmet arra, hogy nem azok az élelmiszerek tartalmaznak sok D-aminosavat melyeket hosszabb ideig tartó hőkezelésnek tettek ki, hanem inkább azok, melyek mikrobiológiai fermentáción mentek keresztül.

*Bruckner & Hausch* (1990) a tej, a fermentált tej, a friss sajt és a túró szabad D-aminosavait vizsgálva megállapították, hogy jelentős mennyiségű D-aminosav fordul elő mind a nyers tejben mind a belőle készített erjesztett tejtermékekben.

*Csapó és munkatársai* (1995; 1996; 1997a), az egészséges és a masztitiszos tőgyből fejt tehenétej, illetve egyes sajtfélék szabad D-aminosav tartalmát vizsgálták. Megállapították, hogy fejéskor mind az első tejsugarak, mind pedig a beteg tőgyből származó tej jelentős mennyiségben tartalmaz D-Asp-t, D-Glu-t, D-Ala-t és D-Ile-t. A felsorolt aminosavakon kívül a tőgygyulladásos tőgyből származó tejből még D-Ser-t, D-Pro-t, D-Val-t, D-Leu-t és D-Lys-t is ki tudtak mutatni. A D-aminosavak mennyisége és aránya a masztitisztes próba fokozatainak megfelelően nőtt a beteg tőgyből származó tejben. Vizsgálataik bizonyítják, hogy a tehenétejből gyártott fogyasztói tejfélék D-aminosav tartalmának mértékében az első tejsugarak, illetve a szubklinikai masztitiszben szenvedő tehenek teje lényeges szerepet játszik.

Különböző technológiával készült sajtok szabad D-aminosav tartalmát vizsgálva megállapították, hogy a szabad D-aminosavak közül a D-Asp átlagosan 58  $\mu\text{mol}/100\text{ g}$  (30,3%), a D-Glu 117  $\mu\text{mol}/100\text{ g}$  (15,8%), a D-Ala pedig 276  $\mu\text{mol}/100\text{ g}$  (37,2%) koncentrációban fordult elő a különböző sajtokban. A D-aminosavak mennyiségében jelentős volt a különbség az egyes sajtok között; a százalékos összetétel viszont a D-Asp esetében 13,9-46,3%, a D-Glu esetében 12,9-26,6%, a D-Ala esetében pedig 16,1-48,1% között változott. A három D-aminosavon kívül a többi D-aminosav csak nyomnyi koncentrációban, a kimutathatóság határán volt jelen a sajtokban. Nagyobb D-aminosav tartalmat mértek azoknál a cheddar sajtoknál, ahol *Lactobacillus*-okat is használtak az előállítás folyamán. *Csapó et. al* (1995; 1996; 1997a).

Kevesen vizsgálták a kiskérődzők, így a juh tejét, a belőle készített termékek D-aminosav tartalmát, valamint a hőkezelés mértékének hatását a juhtej D-aminosav tartalmára. Cikkünkben ezzel kapcsolatos eredményeinkről számolunk be.

## ANYAG ÉS MÓDSZEREK

### Kísérleti körülmények

Kísérleteinkhez a juhtej hőkezelése és a fermentált készítmény (joghurt) előállítása az SZTE SZÉF tejipari műhelycsarnokában történt. A tehenétejből készült joghurt élőflórás termék volt, mely kereskedelmi forgalomból származott, így a pontos gyártástechnológiai paramétereiket nem ismertük. A nyers juhtejet 60°C-on 15 perc hőntartással, 70, 80, 90°C-on 1 perc hőntartással, és 120 °C-on 10 perc hőntartással hőkezeltük. A joghurt előállításakor 75 °C-os pasztörözést alkalmaztunk 5 perc hőntartással, majd homogénezte a tejet. A fermentálást *Lactobacillus bulgaricus* - *Streptococcus thermophilus* kultúrával végeztük 45 °C-on, 4,6 pH-ig, amit 8°C-on történő érlelés követett 24 órán át. A sajtok szintén a kereskedelemből származtak, és mindegyik magyar termék volt.

### D-aminosavak meghatározása

A liofilezett minták D-aminosav tartalmát a Kaposvári Egyetem Állattudományi Karának Kémiai Intézetében, nagyhatékonyságú folyadékkromatográfiával fluorenil-etil-kloroformiáttal (*Csapó & Einarsson*, 1993) ill. o-ftálaldehid/tetra-O-acati- $\beta$ -D-glükopiranozid (*Folestadt et al.*, 1994) királis reagensekkel történő oszlop előtti származékképzéssel határoztuk meg. A fehérje hidrolízise során előforduló racemizáció

kiküszöbölésére magas hőmérsékleten rövid ideig végzett hidrolízis alkalmaztunk (*Csapó és munkatársai, 1997b*).

## EREDMÉNY ÉS ÉRTÉKELÉS

### A hőkezelés hatása a D-aminosavakra

Vizsgálataink szerint az összes hidrolizált minta D-aminosav tartalma igen csekély volt (0,0333 –0,232 mg/100 g minta). A minták D-aminosav tartalma, az összes aszparaginsav és glutaminsav mennyiségéhez viszonyítva egy esetben sem érte el a 0,01 % értéket. A szabad aminosavak esetében azonban lényegesen nagyobb D-enantiomer mennyiségeket találtunk, ezért a továbbiakban a szabad aminosavak eredményeit ismertetjük részletesen. A vizsgálatok eredményeit az 1. táblázat tartalmazza.

### 1. táblázat

A minták szabad aminosav tartalma (mg aminosav/100g minta)

A minta megnevezése (1)	L-Asp	D-Asp	D/L-Asp	L-Glu	D-Glu	D/L-Glu	Szár- anyag %	Nyers- fehérje %
Nyers juhtej (2)	0,397	0,025	0,062	4,598	0,124	0,027	96,3	31,3
<b>Hőkezelt juhtejminták (<i>Heat-treated sheep milk samples</i>)</b>								
60°C/15 min. (3)	0,432	0,031	0,071	5,481	0,175	0,032	96,0	31,5
70°C/1 min. (4)	0,458	0,032	0,070	7,148	0,293	0,041	96,3	31,6
80°C/1 min. (5)	0,609	0,046	0,075	7,323	0,337	0,046	95,9	31,3
120°C/10 min. (6)	0,645	0,055	0,083	8,144	0,456	0,056	96,1	31,1
<b>Tejtermékek (<i>Dairy products</i>)</b>								
Juhjoghurt (7)	3,314	2,167	0,654	9,427	3,497	0,371	91,1	31,2
Tehéntej joghurt (8)	3,639	1,972	0,542	10,491	2,864	0,273	88,4	25,4
Kashkaval sajt (9)	3,832	0,774	0,202	11,336	1,745	0,154	94,7	52,0
Krémfehér sajt (10)	4,831	1,657	0,343	15,901	4,754	0,299	96,4	30,0
Merinó félkemény sajt (11)	6,319	2,281	0,361	21,033	6,373	0,303	96,2	37,8

Table 2. The Free D-amino acid content of samples (Amino acid mg/100g sample)

Name of samples(1), Raw sheep milk(2), Heat treated sheep milk samples(3-6), Yoghurt from sheep milk(7), Yoghurt from cow's milk(8), Kashkaval cheese(9), Cream White cheese(10), Merino cheese(11.)

A D-aminosav tartalom hőkezelés hatására történő változását láthatjuk az 1. ábrán. Megállapítottuk, hogy a hőkezelés juhtej esetében is megnöveli a D-aszparaginsav és a D-glutaminsav mennyiségét.

## 1. ábra

**Nyers juhtej és eltérő hőmérsékleten hőkezelt juhtej szabad D-aszparaginsav és szabad D-glutaminsav tartalma (az összes szabad aszparaginsav ill. glutaminsavban) %**

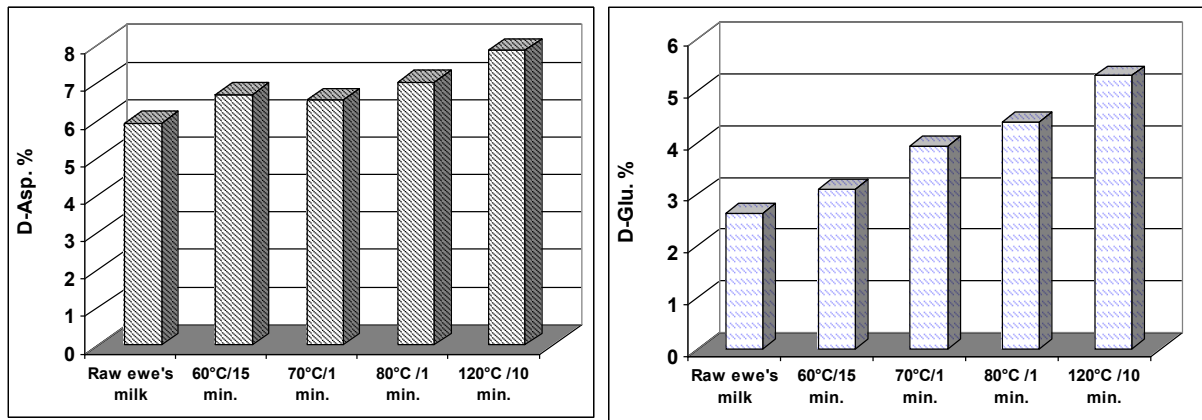


Figure 1: The free D-asparagine and free D-glutamine content of raw sheep milk and sheep milk heat-treated at various temperatures (all data for total free Asp and Glu in %)

Úgy tűnik azonban, hogy a két aminosav hőérzékenysége eltérő. Az aszparaginsav esetében a 60 és 70°C-os hőkezelés közel azonos D-aszparaginsav tartalom-növekedést idézett elő, majd 80°C-tól egyértelműen nőtt a D-aszparaginsav tartalom. A D-glutaminsav tartalom növekedése viszont az emelkedő hőlépcsőben szignifikáns és folyamatos volt.

Mindkét aminosav esetében a legnagyobb hőterhelés okozta a legmagasabb D-aminosav tartalmat. Az eltérő hőérzékenységet bizonyítja azonban az a tény, hogy a nyers tej esetében a a D-aszparaginsav javára meglévő 3,3% különbség a 120°C-os hőkezelés után 2,5%-ra csökkent.

Az adatok alapján kijelenthetjük, hogy önmagában a hőkezelés nem okoz nagy arányú növekedést a juhtej szabad D-aminosav tartalmában (a összes szabad aszparaginsavra és glutaminsavra vonatkoztatva max.: 7,8% D-aszparaginsav, 5,3% D-glutaminsav).

Az egyes hőkezelések hatásának mértékét a nyers tejhez képest mutatjuk be az 1. táblázatban.

## 2. táblázat

**A különböző hőkezelési módok hatására bekövetkező szabad D-aminosav tartalom növekedés mértéke, % (nyers juhtej értéke=100%)**

Aminosav (1)	Hőkezelés (2)			
	60°C°15 min	70°C° 1 min	80°C 1 min	120°C 10 min
D-aszparaginsav	113,0	110,2	119,0	132,6
D-glutaminsav	117,8	149,9	167,5	201,9

Table 2. The growth rate (%) of free D-amino acid content resulting from various heat treatments (Value of raw sheep milk=100%)

Amino acid(1), Parameters of heat treatment(2).

A 60°C-os hőkezelés kb. egyforma változást eredményezett a két aminosavban, ám 70°C-nál már lényegesen nagyobb arányú volt a növekedés a glutaminsavban. A 120°C-os hőkezelés

(sterilizálás) hatására a D-aszparaginsav tartalom 32%-al, míg a D-glutaminsav tartalom mintegy 102%-al nőtt (kb. duplázódott). A 70 és 80 °C-on végzett hőkezelés eredménye alapján elmondhatjuk, hogy 1 °C hőmérséklet-növekedés kb. 0,9% D-aszparaginsav és kb. 1,7% D-glutaminsav tartalom növekedést eredményez. Az azonos mértékű hőmérséklet emelés okozta D-enantiomer keletkezés sebessége glutaminsavban kétszer akkora, mint az aszparaginsavban.

Az 1. táblázat adatai tehát bizonyítják, hogy hőkezeléskor a glutaminsav azonos körülmények között hajlamosabb a racemizációra. A D-enantiomer keletkezése gyorsabb, nagyobb mértékű, mint az aszparaginsavban. A nyers tej magasabb D-aszparaginsav tartalma viszont azt sejteti, hogy a tőgyben uralkodó illetve a hűtő-tárolás során a tejbe került mikroflóra az aszparaginsavra van nagyobb hatással.

### Juhtejből készült termékek vizsgálata

Hagyományos érlelt juhsajt, gyúrt sajt (Kashkaval), ultraszűrővel készülő krémfehérsajt és savanyított termék (joghurt) D-aminosav tartalmának vizsgálati eredményeit mutatjuk be a 2. ábrán. Minden termékre elmondható, hogy lényegesen nagyobb arányban tartalmazza a D-enantiomereket, mint a nyers juhtej. Méréseink tehát megerősítik a szakirodalom azon közléseit, melyek szerint a kultúrákkal történő fermentálás nagymértékben növeli a D-aminosav tartalmat a tejtermékekben.

### 2. ábra

**A nyers juhtej és egyes tejtermékek szabad D-aszparaginsav és D-glutaminsav tartalma (az összes szabad aszparaginsav ill. glutaminsav %-ában)**

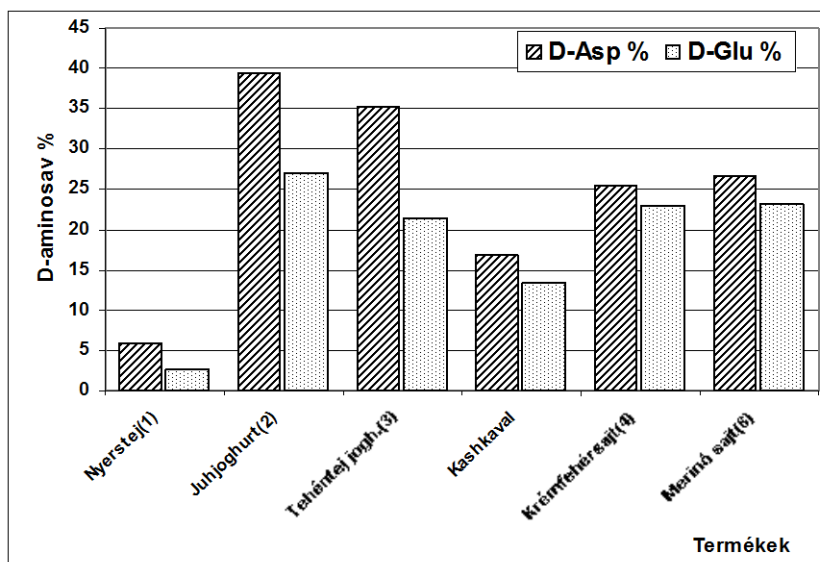


Figure 2: The free D-aspartic acid and D-glutamic acid content of raw sheep milk and certain dairy products (all data for free Asp and Glu in %)

Raw milk(1), Yoghurt from sheep milk(2), Yoghurt from cow's milk(3), Cream White cheese(4), Merino cheese(5)

A két aminosav közül, minden termékben, magasabb D-aszparaginsav tartalmat, illetve alacsonyabb D-glutaminsav tartalmat tapasztaltunk.

A klasszikus érlelt sajt (Merino) és a vegyes alvasztással készülő krémfehérsajt D-aminosav tartalma kb. azonos volt. A Kashkaval sajt alacsonyabb értékeit az eltérő mikrobatevékenység okozhatta. A meleg sólével történő mártás ugyanis tulajdonképpen enyhe hőkezelés, amely hatással bír a sajtalvadék mikroflórájának összetételére és az egyes mikrobfélék számára. Ugyancsak eltérést okozhat, az a tény hogy a Kashkaval sajtnak kisebb a vízáktivitása - a másik két sajthoz képest - ami alacsonyabb szaporodási sebességet eredményezhet. Az alacsonyabb szabad D-aminosav tartalom így valószínűleg a kisebb mértékű mikrobatevékenység eredménye.

### 3. táblázat

**Egyes juhtejtermékek szabad D-aszparaginsav és D-glutaminsav tartalma és a két aminosav aránya**

Termék (1)	D-Asp/D+L-Asp %	D-Glu/D+L-Glu %	D-Asp/D-Glu
Nyerstej (2)	5,92	2,62	2,26
Juhjoghurt (3)	39,53	27,05	1,46
Tehéntej jogh. (4)	35,14	21,44	1,64
Kashkaval sajt (5)	16,80	13,34	1,26
Krémfehérsajt (6)	25,53	23,01	1,11
Merinó sajt (7)	26,52	23,25	1,14

*Table 3. The content of free D-Aspartic acid and D-glutamic acid (% in total free Asp and Glu) and the ratio of these amino acids in certain products of sheep milk*

*Products(1), Raw milk(2), Yoghurt from sheep milk(3), Yoghurt from cow's milk(4),Kashkaval cheese(5), Cream White cheese(6), Merino cheese(7)*

A joghurtfélék a sajtoknál lényegesen több D-aminosavat tartalmaztak. Ez a lényegesen nagyobb csíraszámából és az intenzívebb baktérium tevékenységből adódhat. Érdekes tapasztalat, hogy a 4,4 körüli pH értéket képviselő joghurtok esetében a D-Asp/D-Glu arány lényegesen nagyobb, mint a sajtok esetében (sajtok: 1,11-1,26). Ez az arány juhtejből készült joghurtban 1,46; tehéntej joghurtban 1,64. További érdekesség, hogy a tehéntejből készült joghurt D-Asp/D-Glu aránya nagyobb, mint a juhtej joghurté, azonban nem azonos körülmények között készült a két termék, így jelenleg erre nem adható magyarázat.

Ugyanakkor a juh joghurtnak lényegesen nagyobb a D-aminosav tartalma, amit részben a juh elegytej, tehéntejhez képest jóval magasabb összes mikrobaszámával magyarázhatunk.

A nyers juhtej természetes, illetve szokásos mikroflórája idézi elő a legnagyobb D-Asp/D-Glu arányt, míg ez egyik juhtejből készült termék esetében sem ér el 1,5 értéket. Másként fogalmazva, a juhtejtermékek gyártásához használt néhány szokásos kultúra 1,1 és 1,5 közötti D-Asp/D-Glu arányt idéz elő.

## KÖVETKEZTETÉSEK

- Eredményeink szerint a nyers juhtejben nem található számottevő mennyiségű D-aminosav.
- Nagyobb azonban a szabad D-aszparaginsav (5,92%) és szabad D-glutaminsav (2,62%) tartalom. A hőkezelés nem okoz 8%-nál nagyobb szabad D-aszparaginsav, ill.

szabad D-glutaminsav tartalmát a juhtejben, ám kísérleteinkben az aszparaginsav és a glutaminsav eltérő mértékben reagáltak a hőkezelésre.

- A szabad D-aminosav tartalom minden vizsgált termékben jelentős volt. A szabad D-aszparaginsav 16,8-39,5%-ban, míg a D-glutaminsav 13,3%-27,0%-ban volt megtalálható a termékekben az összes szabad aminosav százalékában. Minden vizsgált termékben megállapítottuk, hogy az aszparaginsav nagyobb mértékben racemizálódott, mint a glutaminsav. A fermentálás tehát nagyobb hatással bír az aszparaginsavra.
- A savanyú tejtermékek nagyobb arányban tartalmazzák a vizsgált szabad D-aminosavakat, mint a sajtfélék. Valószínűsíthető, hogy ez a tény más tejtermékek esetén is fennáll.
- A D-aszparaginsav és D-glutaminsav mennyiségének és arányának értékei, valamint a különböző hőkezelésekből származó eredmények egyelőre nem tesznek lehetővé minden termékre vonatkoztatható általános érvényű megállapításokat.
- További vizsgálatokra van szükség, külön a hőmérséklet és hőntartási idő, valamint az egyes kultúrák, akár egyes baktérium fajok pontos hatásainak tisztázására annak érdekében, hogy a tejtermékek D-aminosav tartalmát elfogadhatóan alacsony értéken tarthassuk.

## IRODALOM

1. Bada, J.L.(1985): Racemization of amino acids. In Chemistry and Biochemistry of Amino Acids, ed. G.C.Barrett, 399-411. London-New York, Chapman & Hall.
2. Bruckner, H. & Hausch, M.(1990): D-amino acids in dairy products: Detection, origin and nutritional aspects. I. Milk, fermented milk, fresh cheese and acid curd cheese. *Milchwissenschaft*, 45. 357-360.
3. Csapó, J. - Einarsson, S. (1993): Élelmiszerek és takarmányok D-aminosav tartalma. 1. Az aminosav enantiomerek szétválasztása és meghatározása az 1-/9-fluorenil/etil-kloroformáttal történő származékképzés után fordított fázisú folyadékkromatográfiával. *Élelmiszervizsgálati Közlemények*. 39. 290-302.
4. Csapó, J. - Martin, T.G. - Csapó-Kiss, ZS. - Stefler, J. - Némethy, S. (1995b): Influence of udder inflammation on the D-amino acid content of milk. *Journal of Dairy Science*, 78. 2375-2381.
5. Csapó, J. - Csapó-Kiss, ZS. - Stefler, J. (1997b): Influence of mastitis on D-amino acid content of milk. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 62. 1-2. 162-167.
6. Csapó, J. - Csapó-Kiss, Zs. - Stefler, J. - Csordás, E. – Martin, T.G. - Némethy, S. - Wágner, L. - Táló, T. (1996-97): A tőgygyulladás hatása a tej D-aminosav tartalmára. *Szaktanácsok*. 1-4. 38-52.
7. Folestad, S. - Tivesten, A. - Csapó, J. (1994): Élelmiszerek és takarmányok D-aminosav tartalma. 2. Az aminosav enantiomerek szétválasztása és meghatározása származékképzés után. *Élelmiszervizsgálati Közlemények*. 40. 17-26.
8. Gandolfi, I. - Palla, G. - Delprato, L. - Denisco, F. - Marchelli, R. – Salvadori I, C.(1992): D-amino acids in milk as related to heat treatments and bacterial activity. *J. Food Sci.*, 57. 377-379.
9. Liardon, R. - Hurrel, R.F.(1983): Amino acid racemization in heated and alkali-treated proteins. *J. Agric. Food. Chem.*, 31. 432-437.
10. Palla, G. - Marchelli, R. - Dossena, A. - Casnati, G.(1989): Occurrence of D-amino acids in food. Detection by capillary gas chromatography and by reversed-phase high-



performance liquid chromatography with L-phenylalaninamides as chiral selectors. *J. Chromatography*, 475. 45-53.

11. Payan, I.L. - Cadilla-Perezrios, R. - Fischer, G.H. - Man E.H.(1985): Analysis of problems encountered in the determination of amino acid enantiomeric ratios by gas chromatography. *Anal. Biochem.*, 149. 484-491.
12. Steinberg, S. - Bada, J.L.(1981): Diketopiperazine formation during investigations of amino acid racemization in dipeptides. *Science*, 213. 544-545.