

# TOTAL FREE AND FREE D-AMINO ACID CONTENT OF MILK AND MILK PRODUCTS

<sup>1</sup>József Csanádi, <sup>1</sup>József Fenyvessy, <sup>2</sup>János Csapó

<sup>1</sup>University of Szeged, College Faculty of Food Engineering, <sup>2</sup>University of Kaposvár, Faculty of Animal Science

The D-amino acid content of the food we eat is determined by the original D-amino acid content of the raw material, by production methods and by microbiological processes. Several D-amino acid isomers may have a toxic effect; some may change the biological effect of lysinoalanine as well. On the other hand, certain D-amino acids may be useful (e.g. in pain relief), and proteins containing D-amino acids with reduced digestibility may be used, e.g. in dieting, but we don't have enough information about the effects of D-amino acids and their amount in foodstuffs.

We determined free amino-acids in the outer layer and inner part of Ardrahan (Irish smear-ripened cheese) and Camembert cheeses, Danish blue, Emmental, Gouda, Mozzarella, Parmesan and five Cheddar cheeses produced by different technologies. We also studied free D-aspartic acid and free D-glutamic acid content of sheep milk, heat-treated sheep milk at various temperatures and various products of sheep milk.

The concentration of total free amino-acid and free D-amino-acid were determined by ion exchange column chromatography and by high performance liquid chromatography. It was established that the total free amino-acid concentration was highest in Parmesan and Gouda cheeses (39,000-24,000  $\mu\text{mol}/100\text{ g}$ ), and lowest in Mozzarella and Cheddar cheeses produced by different technologies (2,400-7,400  $\mu\text{mol}/100\text{ g}$ ), while the other cheeses examined contained 13,000-19,000  $\mu\text{mol}/100\text{ g}$  free AA.

The average concentrations of free D-amino-acid in the different cheeses were the following: D-Asp 58  $\mu\text{mol}/100\text{ g}$  (30.3%), D-Glu 117  $\mu\text{mol}/100\text{ g}$  (15.8%), D-Ala 276  $\mu\text{mol}/100\text{ g}$  (37.2). The values in brackets are the free D-amino-acid concentration as a percentage of total free (D+L) amino-acid. The amount of free D-amino-acid showed differences between cheeses. D-amino-acid as a percentage of total free amino-acid was changed 13.9-46.3% for D-Asp, 12.9-26.6% for D-Glu and 16.1-48.1% for D-Ala. Except for these three D-amino-acid, the other D-amino-acid were present in the cheeses at very low concentrations, at the limit of the identification and determination. In the case of Cheddar cheese concentrations of the D-Amino-acid were a little higher, when lactobacilli were added during cheese making.

Raw sheep milk didn't contain free D-Asp and D-Glu in remarkable amount and ratio (11.33  $\mu\text{mol}/100\text{ g}$ , 5.92% free D-Asp; 19.4  $\mu\text{mol}/100\text{ g}$ , 2.62% free D-Glu). The heat-treatments didn't bring major changes in the free D-Asp and D-Glu content (max.:14.93  $\mu\text{mol}/100\text{ g}$ , 7.8% free D-Asp; 39.24  $\mu\text{mol}/100\text{ g}$ , 5.3% free D-Glu acid in total free aspartic and glutamic acid). However, every product contained higher amount of investigated free D-amino acids. Free D-Asp content of the products was 32.34-75.61  $\mu\text{mol}/100\text{ g}$  (16.9-39.5%), while the free D-Glu content was 98.48-199.9  $\mu\text{mol}/100\text{ g}$  (13.3-27%) of total free amino-acids. The racemization of aspartic acid was higher, than at glutamic acid at every investigated product. D-amino acid content of fermented milk products was higher than in the case of different cheeses from sheep milk.

# TEJ ÉS TEJTERMÉKEK SZABAD AMINOSAV-, ÉS SZABAD D-AMINOSAVTARTALMA

<sup>1</sup> Csanádi József, <sup>1</sup> Fenyvessy József, <sup>2</sup> Csapó János

<sup>1</sup> SZTE, Szegedi Élelmiszeripari Főiskolai Kar, <sup>2</sup> Kaposvári Egyetem, Állattudományi Kar

Élelmiszereink D-aminosavtartalmát a nyersanyagok D-aminosavtartalma, a gyártástechnológiai műveletek és a mikrobiológiai folyamatok határozzák meg. 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. fogyókúránál, bár jelenleg nincs elég ismeretünk a D-aminosavak pontos hatásáról és mennyiségükről az élelmiszerekben..

Vizsgáltuk a D-aminosavakat ír Ardahan sajt külső és belső rétegeiben, Camembert, Dán "Márvány", Emmentáli, Gouda, Mozzarella és Parmezán, valamint öt eltérő technológiával készült Cheddár sajtban. Ugyancsak vizsgáltuk a szabad aminosav-, és szabad D-aminosav tartalmat nyers és eltérően hőkezelt juhtejben, valamint különböző juhtej-termékekben.

A szabad aminosavak és szabad D-aminosavak koncentrációját ioncserés oszlopkromatográfiával és nagyhatékonyságú folyadékkromatográfiával határoztuk meg. Megállapítottuk, hogy a szabad aminosav-tartalom a Parmezán és Gouda sajtban nagyobb ((39000-24000  $\mu\text{mol}/100\text{ g}$ ), míg a Mozzarella és Cheddár sajtokban alacsonyabb (2400-7400  $\mu\text{mol}/100\text{ g}$ ), míg a többi sajt 13000-19000  $\mu\text{mol}/100\text{ g}$  szabad D-aminosavat tartalmazott. A szabad D-aminosavak átlagos koncentrációja a különböző sajtokban a következő volt: D-aszparaginsav 58  $\mu\text{mol}/100\text{ g}$  (30,3%), D-glutaminsav 117  $\mu\text{mol}/100\text{ g}$  (15,8%), D-alanin 276  $\mu\text{mol}/100\text{ g}$  (37,2%). A zárójelben szereplő értékek az összes (D+L) aminosav százalékában vannak megadva. A szabad D-aminosavak mennyisége eltérést mutatott a sajtokban. Az összes szabad aminosav arányában a szabad D-aminosavak mennyisége 13,9-46,3% (D-Asp), 12,9-26,6% (D-Glu) és 16,1-48,1% (D-Ala) között változott. Fenti három aminosavat kivéve, más aminosavak nagyon kis koncentrációban, a kimutathatóság és meghatározhatóság határán voltak jelen a sajtokban. Azon Cheddár sajtokban, amelyek gyártásához *Lactobacillus*-okat használtak, kissé nagyobb D-aminosavtartalmat találtunk.

A nyers juhtej nem tartalmazott jelentős mennyiségű és arányú D-aszparagin-, és D-glutaminsavat (11,33  $\mu\text{mol}/100\text{ g}$ , 5,92% szabad D-Asp; 19,4  $\mu\text{mol}/100\text{ g}$ , 2,62% szabad D-Glu). Ebben a különböző hőkezelések sem okoztak döntő változást (max.: 14,93  $\mu\text{mol}/100\text{ g}$ , 7,8% szabad D-Asp; 39,24  $\mu\text{mol}/100\text{ g}$ , 5,3% szabad D-Glu az összes szabad aszparagin-, és glutaminsavban). Azonban minden vizsgált termék nagyobb mennyiséget tartalmazott a vizsgált D-aminosavakból. A szabad D-aszparaginsav tartalom 32,34-75,61  $\mu\text{mol}/100\text{ g}$  (16,9-39,5%), a szabad D-glutaminsav tartalom 98,48-199,9  $\mu\text{mol}/100\text{ g}$  (13,3-27%) volt. Az aszparaginsav racemizációja minden vizsgált termékben nagyobb mértékű volt, mint a glutaminsavé. A savanyú tejtermékek D-aminosavtartalma nagyobb volt, mint a juhtejből készült különböző sajtoké.

## 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 (nem hőkezelt) is kapható, a legtöbb tejterméket először különböző módon pasztőrözik, 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 idézi elő. A tejben és tejtermékekben lévő D-aminosavak előfordulását eddig többen vizsgálták és arra a következtetésre jutottak, hogy elsősorban a D-aszparagainsav, 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, tehát az a technológia elkerülhetetlen következménye.

## ANYAG ÉS MÓDSZEREK

### Kísérleti körülmények

Néhány híres sajtfélelenség D-aminosav tartalmának vizsgálatához kereskedelmi forgalomból szereztünk be mintákat, másrészt eltérő cheddározással és gyúrási körülményekkel gyártott Cheddár sajtokat is vizsgáltunk. Így az érett Ardrahan ír sajt és a camembert sajt fél cm vastag külső rétegét és belső részét, a Dán kék (Márvány)-, az Ementáli-, a Gouda-, a Mozzarella-, a Parmezán- és a különböző módszerekkel előállított kísérleti Cheddár sajtokat vizsgáltuk.

További kísérleteinkben a juhtej hőkezelése és a fermentált készítmény (joghurt) előállítása az SZTE SZÉF tejipari műhelycsarnokában történt. A tehéntejből készült joghurt élőflórás termék volt, mely kereskedelmi forgalomból származott, így a pontos gyártástechnológiai paramétereket nem ismertük. A hőkezelés hatásának tanulmányozására 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 pasztőrözést alkalmaztunk 5 perc hőntartással, majd homogénezítettük a tejet. A fermentálást *Lactobacillus bulgaricus* - *Streptococcus thermophilus* kultúrával végeztük 45 °C-on, 4,6 pH eléréséig, amit 8°C-on történő érlelés követett 24 órán át a mintavételig. A hazai juhsajtok részben kereskedelmi forgalomból, részben a gyártótól származtak.

## 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-ftáldialdehid/tetra-O-acati-β-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, 1997).

## EREDMÉNY ÉS ÉRTÉKELÉS

A szabad aminosavak mennyiségét vizsgálva megállapítottuk, hogy a legtöbb szabad aminosavat – a Parmezán sajt tartalmazta (39677 μmol/100g), a legkevesebbet pedig a Mozzarella (2446 μmol/100g) .

1. táblázat A különböző sajtok fő\*\* D-aminosav tartalma (μmol/100 g)

| Sajtok               | D-aminosavak |           |       |           |       |          |
|----------------------|--------------|-----------|-------|-----------|-------|----------|
|                      | D-Asp        | D-Asp %,* | D-Glu | D-Glu %,* | D-Ala | D-Ala %, |
| Ardrahan külső       | 74           | 27.2      | 173   | 13.1      | 433   | 27.1     |
| Ardrahan belső       | 70           | 23.2      | 235   | 14.4      | 393   | 28.2     |
| Camembert külső      | 42           | 13.9      | 122   | 12.9      | 334   | 18.0     |
| Camembert belső      | 36           | 14.0      | 176   | 14.8      | 259   | 16.1     |
| Dán kék sajt         | 89           | 31.1      | 149   | 20.2      | 212   | 42.4     |
| Ementáli             | 42           | 26.8      | 195   | 26.6      | 405   | 45.6     |
| Gouda sajt           | 61           | 28.5      | 244   | 22.7      | 462   | 38.4     |
| Mozzarella           | 5.2          | 28.9      | 9.6   | 24.0      | 52    | 33.3     |
| Parmezán             | 57           | 20.8      | 72    | 10.6      | 752   | 37.3     |
| Kereskedelmi Cheddar | 74           | 46.3      | 45    | 14.1      | 96    | 45.3     |
| Cheddar 1            | 74           | 43.5      | 62    | 12.5      | 153   | 46.3     |
| Cheddar 2            | 89           | 41.4      | 65    | 12.4      | 165   | 48.1     |
| Cheddar 3            | 59           | 45.4      | 53    | 12.5      | 161   | 47.9     |
| Cheddar 4            | 41           | 33.4      | 42    | 10.9      | 125   | 46.1     |

$$* D\% = \frac{D}{D+L} \times 100$$

\*\*Az összes D-aminosavat analizáltuk, de néhány kivételtől eltekintve, az összes többi D-aminosav igen kis koncentrációban volt jelen, ezen D-aminosavak meghatározása bizonytalan volt.

A szabad D-aminosavak közül a D-Asp átlagosan 58 μmol/100 g (30,3%), a D-Glu 117 μmol/100 g (15.8%), a D-Ala pedig 276 μmol/100 g (37.2%) koncentrációban fordult elő a különböző sajtokban. A D-aminosavak mennyiségében jelentős volt a különbség az egyes sajtok között; a D-aminosavak százalékos összetétele 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. A sajtok külső és belső rétege között jelentős D-aminosavtartalom ill. arány különbséget nem találtunk. A kísérleti és kereskedelmi Cheddar sajtok szabad D-aminosavtartalmát összehasonlítva nem találtunk olyan törvényszerűségeket, amelyek az előállítás eltérő technológiájára utalnának. Kissé nagyobb szabad D-aminosav tartalmat mértünk azoknál a Cheddar sajtoknál, ahol Lactobacillusokat is használtak az előállítás folyamán, de a 4-es minta kissé alacsonyabb D-Asp arányától eltekintve, a szabad D-aminosavak aránya azonosnak tekinthető.

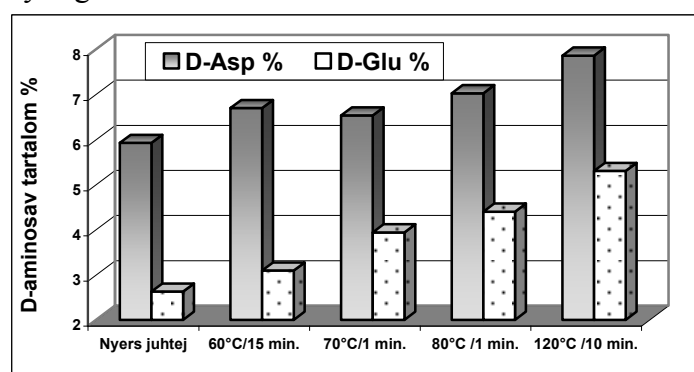
## A hőkezelés hatása a juhtej D-aminosavtartalmára

Vizsgálataink szerint az összes hidrolizált minta D-aminosav tartalma igen csekély volt (0,0333–0,232 mg/100 g minta). Ha figyelembe vesszük, hogy az eredmények a liofilizált mintára vonatkoznak, akkor igen alacsonynak tekinthető a D-aminosavak abszolút mennyisége a juhtejben, ill. a termékekben. 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 nagyobb D-enantiomer mennyiségeket találtunk, ezért a továbbiakban a szabad aminosavak eredményeit ismertetjük részletesen. A vizsgálatok eredményeit az 1. táblázat tartalmazza.

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

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

A szabad 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) %

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 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.

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

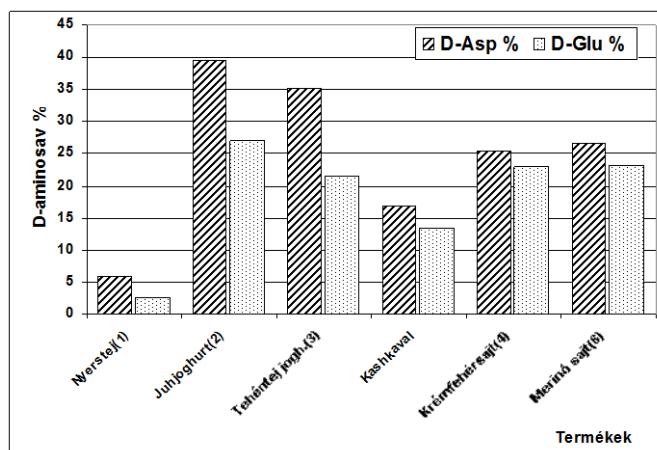
| Aminosav        | Hőkezelés   |            |            |              |
|-----------------|-------------|------------|------------|--------------|
|                 | 60°C 15 min | 70°C 1 min | 80°C 1 min | 120°C 10 min |
| D-aszparaginsav | 113,0       | 110,2      | 119,0      | 132,6        |
|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

A 60°C-os hőkezelés kb. egyforma változást eredményezett a két aminosavban, ám 70°C-nál már lényegesen nagyobb arányú volt a növekedés aránya a glutaminsavban. A 120°C-os sterilizálás hatására a D-aszparaginsav tartalom 32%-al, míg a D-glutaminsav tartalom mintegy 102%-al nőtt. 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-növelés okozta D-enantiomer keletkezés sebessége glutaminsavban mintegy kétszer akkora, mint az aszparaginsavban.

Az 3. táblázat adatai tehát bizonyítják, hogy hőkezeléskor a glutaminsav azonos körülmények között hajlamosabb a racemizációra. A nyers juhtej magasabb D-aszparaginsav aránya 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 (Merinó), gyúrt sajt (Kashkaval), ultraszűrőssel 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 növeli a D-aminosav tartalmat, ill. arányt a tejtermékekben.



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

Minden termékben magasabb D-aszparaginsav tartalmat, illetve alacsonyabb D-glutaminsav tartalmat tapasztaltunk. A klasszikus érlelt sajt (Merinó) 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 mikrobafélék számára. Ugyancsak eltérést okozhat az a tény, hogy a Kashkaval sajtnak kisebb a vízaktivitása - a másik két sajthoz képest - ami alacsonyabb szaporodási sebességet eredményezhet. Az alacsonyabb szabad D-aminosav tartalom így valószínűleg a kisebb mértékű mikrobatevékenység eredménye.

#### 4. táblázat Egyes juhtejtermékek szabad D-aszparaginsav és D-glutaminsav aránya és a két D-aminosav viszonya

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

A joghurtfélék a sajtoknál lényegesen több D-aminosavat tartalmaztak. Ez a lényegesen nagyobb csíraszámából és az intenzívebb baktérium tevékenységből adódhat. Megfigyelhető, hogy a 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.

Ugyanakkor a juh joghurtban nagyobb a D-aminosavak aránya, 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.

## ÖSSZEFOGLALÁS

A különböző vizsgált sajtok közül a Gouda (24000  $\mu\text{mol}/100\text{ g}$ ) és a Parmezán (39000  $\mu\text{mol}/100\text{ g}$ ) sajt tartalmazta a legtöbb szabad D-aminosavat, míg a Mozzarella és a különböző Cheddar sajtok a legkevesebbet (2400-7400  $\mu\text{mol}/100\text{ g}$ ).

A szabad D-aminosavak mennyiségében jelentős volt a különbség az egyes sajtok között. Legnagyobb mennyiségben a D-alanin (16,1-48,1%), a D-glutaminsav (12,9-26,6%), és a D-aszparaginsav (13,9-46,3%) volt megtalálható. A vizsgált sajtok külső és belső rétege, illetve a különbözően gyártott Cheddar sajtok fő szabad D-aminosav tartalmában lényegében nem volt különbség, bár utóbbiakban a D-aminosavak aránya nagyobb volt.

Eredményeink szerint a nyers juhtejben nem található számottevő mennyiségű D-aminosav. Az egyes D-aminosavakat vizsgálva az összes aminosavban azonban a szabad D-aszparaginsav (5,92%) és szabad D-glutaminsav (2,62%) tartalom volt a legnagyobb. A hőkezelés nem okozott 8%-nál nagyobb szabad D-aszparaginsav, ill. szabad D-glutaminsav tartalmat a juhtejben, ám kísérleteinkben az aszparaginsav és a glutaminsav eltérő mértékben reagáltak a hőkezelésre, a glutaminsav racemizációja gyorsabbnak bizonyult. 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.

A szabad D-aminosav arány 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 joghurtok nagyobb arányban tartalmazták a vizsgált szabad D-aminosavakat, mint a juhsajtfélék. Valószínűsíthető, hogy ez a tény más tejtermékek esetén is fennáll. 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. 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.
2. Csapó, J. - Csapó-Kiss, ZS. - Stefler, J. (1997): Influence of mastitis on D-amino acid content of milk. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 62. 1-2. 162-167.
3. 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.