



## **Tej és tejtermékek konjugált linolsav-tartalma II. A sajt, a vaj, egyéb tejtermékek és más élelmiszerek konjugált linolsav-tartalma (Irodalmi feldolgozás)**

**<sup>1</sup>Csapó J., <sup>1</sup>Vargáné <sup>1</sup>Visi É., <sup>2</sup>Csapóné Kiss Zs., <sup>3</sup>Szakály S.**

<sup>1</sup>Kaposvári Egyetem, Állattudományi Kar, Kémiai Intézet, Biokémiai és Élelmiszerkémiai Tanszék, Kaposvár, 7400 Guba S. u. 40.

<sup>2</sup>Kaposvári Egyetem, Állattudományi Kar, Kémiai Intézet, Kémia Tanszék, Kaposvár, 7400 Guba S. u. 40.

<sup>3</sup>Magyar Tejgazdasági Kísérleti Intézet, Pécs, 7623 Tüzér u. 15.

### **ÖSSZEFOGLALÁS**

*Az ömlesztett sajt vagy az indiai ghee gyártása során alkalmazott hőkezelés, valamint a nyersanyagok élelmiszeripari feldolgozásának egyes lépései megnövelhetik a KLS-szintet. A hőkezelés főleg abban az esetben jár jelentős KLS képződéssel, ha a termék fehérjetartalma magas. Húsok sütése és főzése viszont nem változtatta meg jelentősen a KLS-szintet, és a hús- és zöldségalapú konzervek KLS-tartalma sem módosult jelentősen a gyártás során. Csokoládék, sütemények és kekszek KLS-szintje a termék tejszírtartalmától függ. Az erjesztéssel készített termékek esetében a termék KLS-tartalma a fermentáció során is változhat, mivel egyes sajtgyártásnál is alkalmazott propionibacterium fajok képesek mikrobiológiai tápközegekben linolsavból KLS-t előállítani. A tényleges sajtgyártás során azonban nem találtak különbséget a propionibacterium fajokat tartalmazó és azokat nem tartalmazó sajtok KLS-tartalma között. Egyesek szerint a sajtok KLS-szintje emelkedhet az érlelés során, mások viszont nem tapasztalták a félkész termék KLS-tartalmának jelentős változását a starter kultúrával való beoltását követően. Legtöbb esetben a sajtok KLS-tartalma nem különbözött jelentősen a sajt készítéshez felhasznált tej KLS-tartalmától. Ha a vajhoz szintetikus KLS-t adunk, a szabad zsírsavakat enzimes átészterezéssel be lehet juttatni a triacil-glicerol molekulákba, és ezzel a módszerrel a késztermékek KLS-szintjének növelése is megoldható. A vajból szuperkritikus folyadék extrakcióval KLS-ben gazdag frakciót lehet kinyerni. Amennyiben kívánatos, az élelmiszerek KLS-tartalmának növelése is megvalósítható. A legkisebb bizonytalansággal járó eljárásnak az látszik, ha a késztermékekhez szintetikus készítményeket adunk. Manapság azonban a fogyasztók előnyben részesítik a csak természetes komponenseket tartalmazó élelmiszereket. Ha a tejtermékek nyersanyagául szolgáló tej KLS-szintjét takarmányozással megnöveljük, az a tej összetételének megváltozását okozhatja, ugyanis többek között a nemkívánatos transz zsírsavak mennyisége is megnövekedhet a tejben. A sajtok KLS-szintjének növelése KLS-termelő starter kultúrákkal ígéretes lehetőségnek tűnik, de az eddig elvégzett kísérletek még nem jártak eredménnyel. Több szerző nem talált kimutatható mennyiségű KLS-t margarínokban és növényi olajokban, míg mások jelentős mennyiségekről (0,02-2 g/100 g olaj) számoltak be. A különbségek oka feltételezések szerint a növényi olajok előállításánál alkalmazott eltérő feldolgozási módszer, ugyanis a c9,t11-C18:2 KLS képződése az olajok részleges hidrogénezése során is bekövetkezhet.*

(Kulcsszavak: konjugált linolsav, sajt, vaj, egyéb élelmiszerek, tejtermékek)

**ABSTRACT**

**Conjugated linoleic acid content of milk and milk products II.  
Conjugated linoleic acid content of cheese, butter, other milk products  
and some other foods  
(A review)**

J. <sup>1</sup>Csapó, É. <sup>1</sup>Varga-Visi, Zs. <sup>2</sup>Csapó-Kiss, S. <sup>3</sup>Szakály

<sup>1</sup>University of Kaposvár, Faculty of Animal Science, Institute of Chemistry, Department of Biochemistry and Food Chemistry, Kaposvár, H-7400 Guba S. u. 40.

<sup>2</sup>University of Kaposvár, Faculty of Animal Science, Institute of Chemistry, Department of Chemistry, Kaposvár, H-7400 Guba S. u. 40.

<sup>3</sup>Hungarian Dairy Research Institute, Pécs, H-7623 Tüzér u. 15.

*During the production of the processed cheese or the Indian ghee the applied heat treatment and also certain steps of the processing of the food industry can increase the CLA content. Heat treatment involves significant CLA formation mainly when the protein content of the product is high. On the other hand roasting and cooking of meats does not change significantly the CLA content and the CLA content of meat and vegetable based tinned food did not change significantly during processing. The CLA content of chocolates, cakes and biscuits depend on the milk fat content of the product. In the case of milk products made by fermentation, their CLA content can change during the fermentation, since some Propionibacteria spp. used in certain types of cheese production are able to produce CLA from linoleic acid in microbiological nourishment conditions. During the actual cheese production though no differences were found between the CLA content of cheeses containing Propionibacteria and those, which were not. According to some experts the CLA content of cheeses can increase during ripening, but others have not experienced significant change in the CLA content of semi-processed goods after the implanting of the starter culture. In most cases the CLA content of cheeses had no significant differences from the CLA content of milk as used for cheese production. If synthetic CLA is given to butter, the free fatty acids can be transmitted to triacyl-glycerol molecules by enzymatic esterification, and using that method the increase of CLA content can also be solved. A fraction can be reached from the butter that is rich in CLA using supercritical fluid extraction. If it is desirable the increase of the CLA content of food-products can also be accomplished. The simplest and uncertainty method seems to be giving synthetic products to the end-product. Nowadays though consumers give preference to food-products containing only natural components. If the CLA content of the milk, which is the raw material for milk products, is increased with feeding, that might change the composition of the milk, since the undesirable fatty acid quantity can also be increased. The increase of the CLA content of cheeses with CLA producing starter cultures seems to be a promising possibility, but the completed experiences resulted without success. Several authors could not demonstrate any considerable amount of CLA in margarine and in vegetable oils, while others covered significant (0.02-2 g/100 g oil) amounts. The reason for the differences according to the assumptions is possibly due to the different processing methods, since the formation of c9,t11-C18:2 CLA can happen during the partial hydrogenation of oils.*

(Keywords: conjugated linoleic acid, cheese, butter, other foods, milk products)

A tejtermékek KLS-tartalma egy svédországi felmérés (Jiang és mtsai., 1998) szerint 0,46-0,71 g/100 g zsír értékek között volt. Hasonló értékeket kaptak az USA-ban is (0,36-0,70 g KLS/100 g zsír) Ha és munkatársai, (1989), Chin és munkatársai, (1992a),

*Lin és munkatársai*, (1995), valamint *Shanta és munkatársai*, (1992a, 1995). Németországban a tejtermékek zsírjában a zsírsavak 0,40-1,70%-át azonosították konjugált linolsavnak (*Fritsche és Steinhart*, 1998). A sajt KLS-tartalmát több szerző magasabbnak találta, mint a többi tejtermékét (*Ha és mtsai.*, 1989).

*Fritsche és Steinhart* (1998) a pasztőrözött tej zsírjának KLS-tartalmát 0,98 g/100 g értéknek mérték. Szintén ők a sűrített tej (0,63 g/100 g zsír) KLS-tartalmát hasonlóan találták, mint *Chin és munkatársai* (1992b), akik 0,7 g/100 g értéket mértek a sűrített tejben, és 0,55 g/100 g zsír értéket a homogénezett tej esetében. *Fritsche és Steinhart* (1998) nagy szórást tapasztalt a joghurtok (0,69±0,30 g/100 g zsír) és a sajtok (0,84±0,38 g/100 g zsír) KLS-tartalmában. *Chin és munkatársai* (1992b) 0,48 g/100 g KLS-t mértek joghurtok zsírjában. *Lin és munkatársai* (1995) joghurt esetében 0,38 g KLS/100 g értéket kaptak.

*Jiang és munkatársai* (1998) a Svédországban kapható tejtermékeket vizsgálva megállapították, hogy a különféle joghurtok, a vaj, a tejszínhab, és a tejföl KLS-tartalma 0,45-0,62 g/100 g zsír értékek között változott. Nem tapasztaltak jelentős eltérést egyik fent említett termék esetében sem. A teljes és a csökkentett zsírtartalmú joghurtok zsírjának KLS-tartalma sem különbözött jelentősen egymástól. Négy és tíz hónap közötti érlelési idejű sajtok 0,50-0,71 g/100 g zsír KLS-t tartalmaztak. A legmagasabb KLS-tartalmú tejtermék a *grevé* sajt volt (0,71 g/100 g zsír). A KLS-tartalom szórása a tejtermékek esetében kisebb volt, mint amit ugyanezen szerzők, *Jiang és munkatársai* (1996), a nyerstej esetében mértek.

*Fogerty és munkatársai* (1988) két ausztrál vaj KLS-tartalmát meghatározva 0,94 illetve 1,19 g KLS/100 g zsír értékeket kaptak. *Chin és munkatársai* (1992b) 14-féle tejtermék vizsgálatát végezték el, melyeknek KLS-tartalma 0,06 g KLS/100 g zsír (nem zsíros fagyasztott tejdesszert) és 0,7 g KLS/100 g zsír (sűrített tej) között változott. 13-féle sajt esetében 0,29 g KLS/100 g zsír (*romano*) és 0,71 g KLS/100 g zsír („*téglasajt*”) közötti értékeket mértek. Négy ömlesztett sajt átlagosan 0,50 g KLS/100 g zsír-t tartalmazott és a közöttük lévő eltérés is nagyon csekély volt. A c9,t11-KLS izomer adta a tejtermékek teljes KLS-tartalmának 90%-át. *Ha és munkatársai* (1990) ennek az egy KLS izomernek tulajdonítanak kedvező biológiai hatást. Tejtermékekben ugyanerről az izomer arányról számol be *Parodi* (1977) is, míg *Fritsche és Steinhart* (1998) szerint a biológiailag aktívknak vélt c9,t11-KLS izomer aránya 80%. *Werner és munkatársai* (1992) idős és fiatal sajtok zsírjában 0,51-0,54 g/100 g zsír KLS-szintet határoztak meg, és a KLS izomerek 82-88%-a a c9,t11-KLS volt.

*Ha és munkatársai* (1989) nem ömlesztett, és ömlesztett sajtok KLS-tartalmát vizsgálták. Az előbbieket esetében a két szélső érték 0,06 g KLS/100 g zsír (*kék sajt*), és 0,19 g KLS/100 g zsír (*parmezán*) volt. Ezen értékek alacsonyabbak voltak, mint amit *Chin és munkatársai* (1992b), *Jiang és munkatársai* (1998), *Fritsche és Steinhart* (1998) és *Werner és munkatársai* (1992) mértek sajtokban. Az ömlesztett sajtok, melyekhez savófehérje koncentrátumot is adtak a feldolgozás során, körülbelül négyszer annyi KLS-t tartalmaztak, mint a kezeletlen, nem ömlesztett sajtok (0,88 g/100 g zsír v.ö. 0,19 g/100 g zsír). A hét azonosított KLS izomer közül a c9,t11-KLS csak 17,1%-át tette ki a teljes KLS-tartalomnak. A legnagyobb mennyiségben a t9,t11-KLS és a t10,t12-KLS izomer fordult elő az ömlesztett sajtokban. *Shanta és munkatársainak* (1992a) mérései szerint a kereskedelemben kapható ömlesztett sajtok KLS-tartalma 0,32-0,89 g KLS/100 g zsír értékek között volt. A c9,t11-KLS izomer a teljes KLS-tartalom 39,7-67,9%-át tette ki ezekben a sajtokban. A KLS izomerek arányának pontos megállapításához megfelelő laboratóriumi módszerek szükségesek, ugyanis az izomerek aránya a nem megfelelő minta-előkészítés hatására is megváltozhat, mivel az egy vagy

több *cis* konfigurációjú kettős kötést tartalmazó izomerek sztereomutációval *transz* formájúvá alakulhatnak (Parodi, 1994).

### A vaj konjugált linolsav szintjének növelése

A tejszír KLS-szintjének növelésére alapvetően két megközelítés létezik: első esetben a bendőben zajló biológiai hidrogénezési folyamatokba avatkoznak be a tehének takarmányozásán keresztül annak érdekében, hogy megnöveljék a bendőből továbbhaladó KLS mennyiségét, és így a tejszírba való beépülés mértékét. A másik megközelítés szerint a késztermék (a vaj) összetételét biológiai vagy fizikai-kémiai eljárásokkal módosítják a KLS-tartalom növelése érdekében.

*Bauman és munkatársai* (2000) tejelő tehének napraforgó olajat tartalmazó takarmányával emelték meg a tej KLS-tartalmát, mely aztán a vajgyártás alapanyagául szolgált. Az eljárás célja az volt, hogy természetes módszerekkel olyan KLS-ben gazdag terméket állítsanak elő, mely orvosbiológiai állatkísérletekben védőanyagként alkalmazható a rákkutatásban. Mivel kísérletükben a tej KLS-szintje egy hétig tartó kísérleti táp etetése után volt a legmagasabb, a tejet az első hét végén gyűjtötték be. Az egyedek között is szelektáltak, és a legmagasabb KLS-szintű tej volt a vaj alapanyaga. Míg a napraforgóolajat nem fogyasztó kontroll csoport tejéből készült vaj csupán 0,5 g/100 g zsír KLS-t tartalmazott, a kísérleti csoport tejéből készített vaj ennek nyolcszorosát (4,1 g KLS /100 g zsír) tartalmazta. Mindkét vajban a legfőbb KLS izomer a c9,t11-C18:2 zsírsav volt, bár ennek a zsírsavnak az aránya a napraforgóolaj tartalmú tápot fogyasztó állatok termékében magasabb volt, mint a kontroll csoportéban (90,8%; szemben 76,5%-kal). A kísérleti takarmányt fogyasztó tehének tejéből készült vajban a transz-C18:1 zsírsavak aránya majdnem háromszor annyi volt, mint a kontrollban. Minden transz-C18:1 izomer aránya magasabb volt, mint a kontroll csoport termékében, és ez különösen vonatkozott a t11-C18:1 izomerre. A KLS-ben gazdagított vaj több telítetlen zsírsavat, és kevesebb rövid és közepes lánchosszúságú zsírsavat tartalmazott.

*Garcia és munkatársai* (2000) a már elkészített vajhoz adtak szintetikus konjugált linolsavat és enzimmészítményt, ilymódon a vaj triacil-gliceroljait enzimes módszerrel részlegesen átészterezték. A módszerfejlesztés során az volt a cél, hogy a vajhoz adott konjugált linolsavak minél jobban beépüljenek az acil-glicerolokba. Első kísérletükben több enzimmészítmény lipáz aktivitását vizsgálták meg, és úgy találták, hogy a *C. antarctica* lipáz enzime (*Chirazyme L-2*, helyhez kötött (*immobilizált*) forma) viszi be leghatékonyabban a KLS-t az acil-glicerolokba. Megállapították, hogy az enzim hőmérsékleti optimuma 50°C, mivel 60°C-on az átészterezés mértéke a denaturálódás miatt már csökkent. A keletkezett termék mennyiségét az inkubálási idő függvényében ábrázolva megállapítható, hogy a beépült KLS mennyisége az inkubálás kezdetén rohamosan nőtt, majd a görbe ellaposodva egy telítési határhoz tartott minden enzimmészítmény esetében. Mikor a szerzők adott szubsztrát mennyiséghez képest növelték az enzimmennyiséget, egyre hamarabb érte el a termék mennyisége ezt az egyensúlyi értéket. 50 mg enzim használata esetében (100 mg KLS és 1 g vaj mellett) az egyensúly már húsz óra alatt beállt (kb. 10 g KLS/100 g zsír érték). A szerzők szerint ezzel az immobilizált enzimmel csőreaktorban, folyamatos üzemeléssel elméletileg lehetőség nyílna a konjugált linolsavban dúsított vaj előállítására. Az átészterezés hatékonyságát befolyásolta a vaj víztartalma is, ugyanis 0,15% víztartalom felett a KLS bevitel mértéke csökkent és a nem kívánatos hidrolízis termékek mennyisége is nőtt (szabad zsírsavak, mono- és diacil-glicerolok). A triacil-glicerolok szénatomszám szerinti megoszlása megváltozott az átészterezés hatására, mivel a hosszú szénláncú

zsírsavak (C18) főleg a közepes és rövid szénláncú zsírsavak helyett épültek be az acil-glicerolokba.

Romero és munkatársai (2000) szuperkritikus fluid extrakcióval (SFE) tejszírből KLS-ben gazdag tejszír frakciót állítottak elő. Módszerük ötletét az adta, hogy régebbi tapasztalatok szerint (Bhaskar és mtsai., 1998; Rizvi és Bhaskar, 1995) a vízmentes tejszírből szén-dioxidos SFE során olyan frakciót lehet kinyerni, amely gazdagabb a hosszabb szénláncú, és telítetlen zsírsavakat tartalmazó triacil-glicerolokban, mint az eredeti tejszír. Romero és munkatársai (2000) egy folyamatos üzemű, kísérleti SFE berendezést állítottak össze, és szén-dioxidos SFE-val a vízmentes tejszírt ellenáramú extrakcióval öt frakcióra bontották. Az első frakció KLS-tartalma jelentősen magasabb volt (0,78 g/100 g), mint az eredeti tejszír (0,42 g/100 g), vagy a többi frakcióé (0,45; 0,42; 0,28; 0,31 g/100 g). A KLS-tartalmú triacil-glicerolok frakciók közti koncentráció változása követte a többi hosszú láncú, telítetlen zsírsavat tartalmazó triacil-glicerol mennyiségi változását az extrakció során. A szerzők szerint az első frakció összetétele több egyéb komponens mennyisége szempontjából is kedvezően alakult: több telítetlen zsírsavat és  $\beta$ -karotint, de kevesebb koleszterint tartalmazott, mint a többi frakció és az eredeti tejszír. Az első frakció olvadáspontja a szobahőmérséklet felett volt (30°C). A szerzők úgy vélik, ezt a terméket vagy önállóan, magas táplálkozási értékű vajként; vagy egyéb tejtermékekhez keverve lehetne hasznosítani.

#### A sajt konjugált linolsav szintjére ható tényezők

A sajtok KLS-tartalmát több szerző magasabbnak mérte, mint a többi tejtermék KLS-tartalmát (Ha és mtsai., 1989; Jiang és mtsai., 1998). A sajtok KLS-szintjét befolyásolhatja például a tej-alapanyag KLS-tartalma (Jiang és mtsai., 1998), az érlelési idő, és ömlesztett sajtok esetében a gyártási folyamatok során alkalmazott hőkezelés (Ha és mtsai., 1989; Shanta és mtsai., 1992b, 1995). Nem zárható ki a starterkultúra mikrobáinak KLS termelése sem.

Ha és munkatársai (1989) természetes és ömlesztett sajtok KLS-tartalmát vizsgálták. Azok az ömlesztett sajtok, melyekhez savófehérje koncentrátumot is adtak a feldolgozás során, körülbelül négyszer annyi KLS-t tartalmaztak, mint azok a sajtok, melyek esetében nem történt fehérje-kiegészítés. Az idézett szerzők szerint a KLS-termelődés több okból is bekövetkezhetett: létrejöhetett KLS a feldolgozás során a hőkezelés hatására, valamint az érés alatt is a linolsav szabad gyökös oxidációja folytán. A fehérje eltérő minősége is befolyásolhatta a keletkezett KLS mennyiségét az ömlesztett sajtban. Shanta és munkatársai (1992b) kísérletükben cheddar sajtból ömlesztett sajtot készítettek, két ömlesztési hőfokon. Úgy találták, hogy a 80°C-on és a 90°C-on, atmoszférikus nyomáson ömlesztett cheddar sajtok KLS-tartalma kb. 10%-kal magasabb volt, mint a nyersanyag sajté. Ha azonban az ömlesztést nitrogén atmoszférában végezték, nem tapasztaltak emelkedést a KLS-tartalomban. Az ömlesztett sajt savófehérje-koncentrátum tartalmának nulláról 6%-ra történő növelésével a KLS-szint 35%-kal nőtt. A fehérje hozzáadással előmozdított KLS-szint növelés során az ömlesztett cheddar sajtban a c9,t11-KLS izomer aránya nem változott jelentősen (45%).

Mivel a KLS-t a bendőbaktériumok is elő tudják állítani a linolsav izomerizációjával (Kepler és mtsai., 1966), elképzelhető, hogy a starterkultúráknak is szerepük van a tejtermékek KLS-tartalmának alakításában (Lin és mtsai., 1995). Lin és munkatársai (1995) nem találtak különbséget különböző starterkultúrával készített cheddar típusú sajtok KLS-tartalma között. Annak érdekében, hogy a starterkultúrák KLS-szintre gyakorolt hatását kísérleti, ellenőrzött körülmények között is vizsgálni tudják, Jiang és munkatársai (1998) a két legismertebb svéd keménysajt (grevé és

*herrgårdost*) kísérleti körülmények között készítették el, két eltérő starterkultúrával, azonos gyártási és tárolási technológiával. Megállapították, hogy a kétféle szintenyészettel készült sajtok KLS-tartalma nem különbözött jelentősen. A bolti *grevé* sajt KLS-tartalmát magasabbnak mérték (0,71 g/100 g zsír), mint a szerzők által készített *grevé* sajtét (0,48 g/100 g). A szerzők szerint a különbséget a bolti sajt sajttejének magasabb KLS-tartalma okozta, a bolti sajt készítését ugyanis nyáron kezdték el. Az élelmiszergyártás során használt starterkultúrák tartalmazhatnak olyan mikroorganizmusokat, melyek *in vitro* KLS-t állítanak elő. *Jiang és munkatársai* (1998) ezért megvizsgálták több olyan baktérium KLS-termelő képességét, melyek előfordulnak a szintenyészetekben. Hét *Lactobacillus*, négy *Lactococcus*, két *Streptococcus* és hat *Propionibacterium* faj, illetve alfaj közül mindössze három *Propionibacterium freudenreichii* törzs termelt KLS-t. Ezeknek a baktériumoknak fontos szerepe van az ún. svéd típusú sajtok jellegzetes aromájának és lyukazottságának kialakításában.

A baktérium sejtek és a tápközegek analízise azt mutatta, hogy a KLS inkább a sejteken kívül fordult elő, mint a sejtekben. Az összes KLS-tartalom 70-90%-át a c9,t11-C18:2 és a t9,c11-C18:2 izomer tette ki, a c9,t11-C18:2 izomer KLS-en belüli aránya a hasonló volt ahhoz, amit a tejtermékekben általában mértek. E két izomeren kívül még a t10,c12-C18:2; a t9,t11-C18:2; és a t10,t12-C18:2 konjugált linolsavak voltak jelen kisebb mennyiségben. A KLS-termelő három *Propionibacterium freudenreichii* törzsrre a szabad linolsav antibakteriális, növekedést gátló hatást gyakorolt. A KLS-t nem termelő törzsek esetében ellenben nem volt ilyen hatás. A KLS-termelő fajok és törzsek linolsav-tűrése, és az általuk termelt KLS mennyisége egyenesen arányos volt egymással. Így, a szerzők szerint, a szabad linolsav KLS-sé alakítása ezen *Propionibacterium freudenreichii* törzsek esetében egy méregtelenítési folyamatnak fogható fel. Ezek a baktériumok a számukra káros szabad linolsavat úgy próbálják hatástalanítani, hogy KLS-sé alakítják. A *transz* konfigurációjú kettős kötéseket is tartalmazó zsírsavak antimikrobás hatása ugyanis kisebb, mint a *cisz* konfigurációjú kettős kötéseket tartalmazóké (*Kabara*, 1983). Az extracelluláris tér analízise azt mutatta, hogy a c9,t11-C18:2 és a t9,c11-C18:2 izomerek egy része tovább hidrogéneződött c9-C18:1 zsírsavvá. Ez a biológiai hidrogénezési folyamat eltér a *B. fibrisolvens* által a bendőben végzett linolsav hidrogénezéstől, mert ott a c9,t11-C18:2 KLS izomer az első lépésben t11-C18:1 zsírsavvá alakul. Azokban a tápközegekben, melyek felületaktív anyagokat (*Tween 80*, fehérjék) tartalmaztak, a szabad linolsav növekedést gátló hatása kisebb mértékű volt. Így elképzelhető, hogy ezekkel az anyagokkal csökkenteni lehet a linolsav baktérium növekedést gátló hatását, és ezáltal több KLS is termelődik. A szerzők lehetségesnek tartják a jövőben KLS-ben gazdag sajtok előállítását ezekkel a KLS termelő *Propionibacterium* törzsekkel, KLS termelési mechanizmusuk jobb megismerése után. Ugyanezek a szerzők egy előző kísérletükben nem találtak különbséget a *Propionibacterium* fajokat tartalmazó *grevé* és azokat nem tartalmazó *herrgårdost* sajtok KLS-tartalma között (*Jiang és mtsai.*, 1998).

Az érlelési idő hatásával kapcsolatban ellentmondásosak a tapasztalatok. *Ha és munkatársai* (1989) szerint a *parmezán* sajt magasabb KLS-szintje összefügghet a hosszú érlelési idővel, ellenben *Lin és munkatársai* (1995) nem találtak különbséget a fiatal és az idős *cougar* sajtok KLS-tartalma között. *Jiang és munkatársai* (1998) sem mutattak ki jelentős változást a *grevé* és *herrgårdost* sajtok KLS koncentrációjában a kilenc hónapos érlelés során. A sajtok KLS-tartalma nem különbözött jelentősen a sajttej KLS-tartalmától, tehát sem a gyártás, sem az érlelési idő nem befolyásolta számottevően a két sajt KLS-tartalmát. Bár a sajtgyártás során a szerzők nem tapasztaltak számottevő KLS-tartalom növekedést, leszögezik, hogy a KLS-szint stabilitása fontos tény

táplálkozástani szempontból, mivel a nyerstej eredeti KLS-tartalma nem vész el a táplálékból a feldolgozás során (Jiang és mtsai, 1998).

Werner és munkatársai (1992) az eltérő starterkultúrák, feldolgozási módok és érlelési időtartamoknak a KLS-tartalomra és az izomer-eloszlásra gyakorolt hatását vizsgálták, három, nem ömlesztett *cheddar*-típusú sajt esetében. Eredményeik azt tükrözték, hogy a különböző starterkultúrák, a gyártási folyamatok és az érlelési időtartamok sem gyakoroltak jelentős hatást a teljes KLS-tartalomra, azonban – bár kis mértékben – befolyásolták a KLS izomerek megoszlását a sajtokban.

Aneja és Murthi (1991) kísérletekkel igazolták, hogy az indiai *ghee* KLS-szintjét nagyban befolyásolja annak előállítási módja. A KLS mennyisége akár ötszörösére is növelhető az előállítás során. A szerzőknek sikerült 0,5-0,6 g/100 g zsír KLS-t tartalmazó tehéntej nyersanyagból 2,5-2,8 g/100 g zsír KLS-tartalmú *ghee*-t előállítani. A szerzők szerint a KLS-tartalom növekedéséért részben az alvadékképzés során fellépő mikrobiális fermentáció tehető felelőssé. A KLS-tartalmat befolyásolta a szűrés hőmérséklete is, ugyanis magasabb hőmérsékleten (110°C) több KLS keletkezett, mint alacsonyabb hőmérsékleten (100°C). A kutatók véleménye szerint a *ghee* gyártása folyamán alkalmazott hőközléssel járó folyamatok, fehérje jelenlétében, minden kétséget kizáróan felelőssé tehetőek a KLS-szint növekedéséért. Ez a hatás hasonló ahhoz, amit Shantha és munkatársai (1992) is tapasztaltak, savófehérjével dúsított ömlesztett sajtok esetében.

Különböző tejtermékek, illetve különböző sajtok KLS-tartalma nemcsak a termék fajtájától és gyártási módjától függhet, hanem a tej alapanyag KLS-tartalmától is. A termékek alapjául szolgáló nyerstej KLS-tartalmának ingadozása igen jelentős lehet, amint arra több szerző is rávilágít (Riel, 1963; Jiang és mtsai., 1996). A tejtermékek KLS-tartalmának összehasonlításánál ügyelni kell arra, hogy a KLS-szintben mért különbségek adódhatnak a nyerstej ingadozó KLS-szintjéből is (Parodi, 1994). A sajt KLS-szintjére ható gyártási tényezők vizsgálatakor is célszerű azonos alapanyagból kiindulni, ahogy ezt több szerző is tette (Jiang és mtsai., 1998; Shanta és mtsai., 1992b; Werner és mtsai., 1992).

### **Más élelmiszerek konjugált linolsav-tartalma**

Fritsche és Steinhart (1998) a kérődzők húsában mintegy tízszer magasabb KLS-tartalmat talált, mint a monogasztrikus állatokéban. A nyershús KLS-tartalma 0,11 g/100 g zsír (nyúlhús) – 1,20 g/100 g zsír (báránnyúl) értékek között változott. A húskészítményeknél ugyanezek az értékek 0,27 g/100 g zsír (főtt sonka) – 0,44 g/100 g zsír (füstölt német kolbász) tartományba estek. A szerzők véleménye szerint a húskészítmények KLS-tartalma hasonló a nyersanyagok KLS-szintjéhez, és nem változtak jelentősen sem a fermentáció, sem az egyéb gyártási folyamatok során. A nyershúsok KLS-tartalma hasonló volt ahhoz, amit Shantha és munkatársai (1994) mértek nyers marhahúsban (0,31-0,85 g/100 g zsír közötti értékek). Utóbbi szerzők megvizsgálták, hogy jelent-e változást a darált marhahús KLS-tartalmában a hőkezelés hőmérséklete (belső hőmérséklet: 60°C, illetve 80°C), és az elkészítési módszer (sütés zsírban és zsír nélkül, főzés, mikrohullámú sütés). Úgy találták, hogy sem a konyhatechnikai módszer, sem az alkalmazott hőmérséklet nem befolyásolta jelentősen a darált marhahús KLS-tartalmát.

Egy Új-Zélandon készült vizsgálat szerint legeltetett bárányok szubkután zsírja 0,1-0,7 g/100 g zsír c9,t11-KLS-t tartalmazott (Hansen és Czochanska, 1976). A kereskedelmi sertéshús-szelet zsírja kis mértékben tartalmazta ugyanezt az izomert (Ackman és mtsai., 1981). Grillezett darált marhahúsban Ha és munkatársai (1987) 0,1 g/100 g-nak mérték a KLS mennyiségét. Ausztráliában Fogerty és munkatársai

(1988) különféle gazdasági állatokból több húsmintát vizsgáltak meg. Az átlagos c9,t11-KLS-tartalom g/100 g zsír mértékegységben megadva 1,49 volt a bány-, 1,30 a marha-, 0,74 a borjú-, 0,14 a sertés-, és 0,18 a csirkehúsban. Három tojásminta 0-0,24 g/100 g zsír mennyiségben tartalmazta ezt az izomert. *Fritsche és Steinhart* (1998) tojássárgája esetében 0,02 g KLS/100 g zsír, *Chin és munkatársai* (1992b) tojás esetében 0,06 KLS/100 g zsír koncentrációt határoztak meg.

*Chin és munkatársai* (1992b) a fentihez hasonló, de szélesebb körű felmérést végeztek el az Egyesült Államokban. Az átlagos teljes KLS izomer tartalom g/100 g zsírra vonatkoztatva, marhahúsnál 0,37; bányhúsnál 0,56; borjúhúsnál 0,27; serteshúsnál 0,06; és csirkehúsnál 0,09 volt. Ezek az értékek, főként a kérődző állatok esetében, lényegesen alacsonyabbak voltak, mint amit az ausztráliai termékeknél mértek. Az eltérések oka valószínűleg a különböző takarmányozási módszerekben keresendő (*Parodi*, 1994). *Chin és munkatársai* (1992b) megvizsgáltak több tengeri eredetű élelmiszert is, melyek KLS-tartalma alacsony volt (kb.0,05 g/100 g zsír). Ezekből az élelmiszerekből a biológiailag aktív c9,t11-KLS izomert nem tudták kimutatni. *Fritsche és Steinhart* (1998) több halfaj KLS-tartalmát vizsgálták meg, és az előző szerzőkhöz hasonlóan jóval kisebb mennyiségű KLS-t találtak bennük, mint a hús-, vagy tejtermékek esetében. A legkisebb érték: 0,01 g KLS/100 g zsír (lándzsás folyami sügér), a legmagasabb pedig 0,09 g KLS/100 g zsír (ponty) volt.

*Chin és munkatársai* (1992b) feldolgozott húsok és húskészítménykonzervek, zöldségkonzervek, tengeri eredetű élelmiszerek és csecsemőételek KLS-tartalmát vizsgálva megállapították, hogy a késztermékekben mért KLS-mennyiség általában hasonló volt az alapanyagokban mért értékekhez, tehát a gyártási folyamatok nem változtatták meg jelentősen a KLS-szintet. *Fritsche és Steinhart* (1998) megállapították, hogy a csokoládék, sütemények, kekszek, és egyéb készételek KLS-tartalma főként a tejszírből származott. Ha a termékben a tejszír egy részét növényi eredetű olajjal helyettesítették, akkor a termék zsírsavainak kisebb része volt KLS. Azok az élelmiszerek, melyek nagyobb mennyiségben tartalmaztak növényi eredetű hidrogénezett olajat, nem tartalmaztak KLS-t detektálható mennyiségben (KLS koncentráció <0,01 g/100 g zsír).

*Fogerty és munkatársai* (1988) három margarin mintát megvizsgálva nem találtak bennük kimutatható mennyiségű KLS-t. *Fritsche és Steinhart* (1998) szintén nem tudták ezeket a zsírsavakat több különböző eredetű olajból és margarinból kimutatni (KLS<0,01%). A vizsgált zsiradékok a következők voltak: finomított és finomítatlan dió-, olíva-, napraforgó-, szőlőmag-, szójabab-, avokádó-, kesudió-, és földimogyoró-olaj, kakaózsír, diétás-, napraforgó- és csökkentett zsírtartalmú margarin. Ezzel szemben *Kayahan és Tekin* (1994) a margarinok KLS-tartalmát 0,31-2,04 g/100 g zsír közötti értéknek találta. *Mossoba és munkatársai* (1991) 0,2 g/100 g zsír fölötti mennyiségben talált c9,t11-KLS izomert és szintén ebben a mennyiségben C18:2 konjugált t,t és C18:2 konjugált c,t izomereket. *Spitzer és munkatársai* (1991a, 1991b) a Brazíliában használt exotikus olajokban szintén találtak konjugált linolsavakat. *Ackmann és munkatársai* (1981) kis mennyiségű c9,t11-KLS izomert tudtak kimutatni a Kanadában kereskedelmi forgalomban kapható kukorica-, földimogyoró-, szójabab- és palmaolajban. *Chin és munkatársai* (1992b) a kukorica-, az olíva- és a kókuszolaj esetében körülbelül 0,02 g KLS/100 g zsír értékeket mértek, és a c9,t11-KLS izomer aránya a teljes KLS-tartalom 45%-át tette ki. Érdekes megjegyezni, hogy mikor a szerzők a laboratóriumukban készített kukoricaolajat vizsgálták, a teljes KLS-tartalom szintén 0,02 g/100 g zsír értéknek adódott, viszont ebben az esetben nem detektálták a c9,t11-KLS izomert. A c9,t11-KLS izomer jelenlétét a többi minta esetében azzal magyarázták (*Parodi*, 1994),



hogy az a feldolgozás során keletkezhetett, talán a részleges hidrogénezés alatt. A hidrogénezett növényi olajok KLS-tartalma valószínűleg a hidrogénezés körülményeitől függ (*Fritshe és Steinhart, 1998*).

### **IRODALOM**

A vonatkozó irodalom a review cikk harmadik részének végén található.

Levelezési cím (*corresponding author*):

**Csapó János**

Kaposvári Egyetem, Állattudományi Kar

7401 Kaposvár, Pf. 16.

*University of Kaposvár, Faculty of Animal Sciences*

*H-7401 Kaposvár, P.O.Box 16.*

Tel.:36-314-155, Fax:36-82-320-175

e-mail:csapo@mail.atk.u-kaposvar.hu