



A tej zsírsavösszetételének és konjugált linolsav-tartalmának változása az évszakok szerint (Előzetes közlemény)

**Salamon¹ R., Vargáné² Visi É., Csapóné² Kiss Zs., Altorjai³ A.,
Győri³ Z., Borosné Győri³ A., Sára² P., Albert¹ Cs., Csapó^{1,2,3} J.**

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

²Kaposvári Egyetem, Állattudományi Kar, Kémiai-Biokémiai Tanszék, Kaposvár, 7400 Guba S. u. 40.

³Debreceni Egyetem, Agrártudományi Centrum, Debrecen, 4032 Böszörményi u. 138.

ÖSSZEFOGLALÁS

A szerzők meghatározták a fekete-tarka holstein-fríz, a magyartarka és a vörös-tarka holstein-fríz tejének zsírsav-összetételét, és a zsírsavösszetétel-változását márciustól februárig. Megállapították, hogy a telített zsírsavak a nyári hónapokban minimumot (vajsav: 2,8–2,9 relatív%; mirisztinsav: 10,9–11,0%; palmitinsav: 28,1–28,2%; sztearinsav: 10,4–10,5%), a téli és a kora tavaszi hónapokban pedig maximumot mutatnak (vajsav: 3,6–3,7 relatív%; mirisztinsav: 11,5–11,7%; palmitinsav: 28,7–28,8%; sztearinsav: 10,7–10,8%). Az olajsav (nyáron: 26,7%; télen: 25,0%), a linolsav (nyáron: 3,3%; télen: 1,7%) és a linolénsav (nyáron: 1,7%; télen: 0,9%), valamint a konjugált linolsav (nyáron: 1,4%; télen: 0,8%) maximumát a nyári hónapokban, minimumát pedig télen érte el. A nyári hónapokban mért nagyobb esszenciáliszsírsav-tartalom miatt a nyári tej zsírja értékesebb, mint a télié.

(Kulcsszavak: linolsav, konjugált linolsav, KLS, biológiai hidrogénezés, cisz-zsírsavak, transz-zsírsavak, sajt, vaj, egyéb élelmiszerek, tejtermékek, tejszír, biológiai hatás, karcinogenezis)

ABSTRACT

Changes in fatty acid and conjugated linoleic acid content of milk according to season (Preliminary study)

R. Salamon¹, É. Vargáné² Visi, Zs. Csapóné² Kiss, A. Altorjai³, Z. Győri³,
A. Borosné Győri³, P. Sára², Cs. Albert¹, J. Csapó^{1,2,3}

¹University of Transylvania, Csíkszereda Campus, Department of Food Sciences, Csíkszereda, RO-530104 Szabadság tér 1.

²University of Kaposvár, Faculty of Animal Sciences, Department of Chemistry–Biochemistry,
Kaposvár, H-7400 Guba S. u. 40.

³University of Debrecen, Center of Agricultural Sciences, Debrecen, H-4032 Böszörményi u. 138.

The fatty acid composition and the changes in the fatty acid profile of the milk of Black Holstein Friesian, Hungarian Simmenthal and Red Holstein Friesian was determined. The amount of the saturated fatty acids dropped to a minimum level during the summer months (butyric acid: 2.8–2.9 relative%; myristic acid: 10.9–11.0%; palmitic acid: 28.1–28.2%; stearic acid: 10.4–10.5%), and reached a maximum during winter and in early

spring (butiric acid: 3.6–3.7 relatív%; myristic acid: 11.5–11.7%; palmitic acid: 28.7–28.8%; stearic acid: 10.7–10.8%). The amount of oleic (summer: 26.7%; winter: 25.0%), linoleic (summer: 3%; winter: 1.7%), and linolenic acid (summer: 1%; winter: 0.9%) and conjugated linoleic acid (summer: 1.4%; winter: 0.8%) was the highest in summer. The biological value of the fat in summer milk, according to higher essential fatty acid content, is more valuable than in winter milk.

(Keywords: linoleic acid, conjugated linoleic acid, biological hydrogenation, cis-fatty acids, trans-fatty acids, cheese, butter, other foods, milk products, biological effect, carcinogenesis)

BEVEZETÉS

Az ember fehérje-, ásványanyag- és esszenciáliszsírsav-szükségletének kielégítésében a tehéntejnek és a belőle készült tejtermékeknek jelentős szerepe van. A tejben és tejtermékekben megtalálható konjugált linolsavról (KLS) az utóbbi időben kiderítették, hogy jelentős egészségvédő hatással rendelkezik, hisz a KLS rendszeres fogyasztásával a kóros sejtburjánzás megelőzhető, vagy a már kialakult rákos sejtek szaporodása visszafordítható (Jiang és mtsai., 1996).

Az emberi táplálkozás zsírforrásai közül a tejszírt nemrég még egyértelműen egészségre károsnak tartották, mivel az telített zsírsavakban gazdag. A tejszír a magas telített zsírsavtartalom mellett azonban az újabb vizsgálatok szerint olyan komponenseket is tartalmaz, melyek pozitív egészségi hatást fejthetnek ki: rákellenes és *atherosclerosis* ellenes hatásukat több állatkísérlet során is észlelték (Ha és mtsai., 1987; Pariza és Hargraves, 1985; Ha és mtsai., 1990; Ip és mtsai., 1991; Lee és mtsai., 1994; Nicolosi és Laitinen, 1996). Az elmúlt évtizedben végzett állatkísérletek során a tejszírban található több vegyület előnyös hatására derült fény; az ún. konjugált linolsavakat (rövidítve KLS) is beleértve. Miután kiderült, hogy a KLS jelentős élettani hatással bír, vizsgálni kezdték, hogy mely élelmiszerek szolgálhatnak gazdag KLS-forrásként. A KLS-tartalom változásai mögött eltérő mechanizmusok lehetnek, attól függően, hogy az adott élelmiszer KLS-szintjét mely folyamatok befolyásolják jelentősen. A nyerstej KLS-tartalmának egy része például feltehetően a tehenek bendőjében zajló biokémiai reakciókból származik. Feldolgozott élelmiszereknél, egyes technológiai lépések során is keletkezhetnek konjugált linolsavak. Felmerül annak lehetősége is, hogy ezen folyamatokba úgy avatkozzunk be, hogy a KLS termelődés irányába tolódjanak el, s ezáltal KLS-ben gazdag, kedvező élettani hatású terméket kapjunk. Ennek megvalósítása bonyolult feladat, melynek során arra is vigyázni kell, hogy a KLS-tartalom növekedése ne járjon együtt egyéb, nem kívánatos változásokkal.

A tejszírban a KLS izomerek közül a c9,t11-KLS a teljes KLS-tartalom több mint 80%-át teszi ki (Chin és mtsai., 1992; Parodi, 1994; Fritsche és Steinhart, 1998). A nyerstej KLS-szintje ugyanakkor nagy szórást mutat. A tejszír KLS-tartalmát több országban vizsgálták, és az értékek a 0,2–2,0 g KLS/100 g tejszír tartományba estek. Ezekkel az eredményekkel Jiang és munkatársainak (1996) Svédországban végzett mérési eredményei is összhangban vannak (0,25–1,77 g KLS/100 g tejszír). Lin és munkatársai (1995) a c9,t11-KLS izomer minimum szintjét nyerstejben 0,45 g/100 g zsír értékben határozták meg. Precht és Molzentin (2000) 14 EU országból származó 2110 darab tejmintát vizsgáltak. A c9,t11-KLS mennyiségének átlaga a tejszírban 0,76 g/100 g volt, és a mért értékek a 0,13–1,89 g/100 g szélső értékek között váltakoztak. A minták *transz*-C18:1, *transz*-C18:2, és teljes *transz*-zsírsav tartalma átlagosan 3,67 g (1,29–7,17 g/100 g zsír); 1,12 g (0,30–2,04 g/100 g zsír); és 4,92 g (1,71–8,70 g/100 g zsír) volt.

A tej KLS-tartalmát befolyásoló tényezők közül a tartásmód, és az évszak hatása is takarmányozási okokra vezethető vissza. A takarmányozással összefüggő leglényegesebb tényezők a következők: a takarmány telítetlenszírsav- (főként linolsav- és linolénsav-) tartalma, a takarmány energia- és rosttartalma, a zsíradék kötött vagy szabad formában való bevitele, kötött forma esetén az olaj-hordozó szerkezete, a takarmányfelvétel ütemezése (a napi etetések száma). A tejszír konjugált dién-sav tartalmának spektrofotometriás meghatározásával foglalkozó módszereket *Riel* (1963) foglalta össze, aki szerint a nyerstej KLS-tartalma nyáron kétszer olyan magas volt (1,46%-a az összes zsírsavnak), mint télen (0,78%). *Dhiman és munkatársai* (1996) úgy találták, hogy a legelőre kihajtott tehenek tejének szignifikánsan magasabb volt a KLS-tartalma, mint a szénával és/vagy szilázssal takarmányozott teheneké. A transz-zsírsavak (TZSS) esetében is szezonális változást tapasztaltak francia tehenek tejének zsírájában; a transz-C18:1 tartalom kétszer magasabb volt júniusban, mint a januártól márciusig tartó időszakban. *Precht és Molkentin* (2000) 12 EU tagországból származó tejminták c9,t11-KLS, és transz-zsírsav (TZSS) tartalmának gyakorisági eloszlását tanulmányozták. Megállapították, hogy a legeltetett állatok többszörösen telítetlen zsírsav (PUFA) bevitele magasabb, mint az istállóban tartott és részben tartósított tömegtakarmányokkal takarmányozott állatoké. Véleményük szerint a transz-zsírsavak a linolsav és a linolénsav részleges biológiai hidrogénezésével keletkeznek a szarvasmarhák bendőjében, így nyáron, a magasabb PUFA tartalmú takarmány etetésekor több TZSS keletkezik, mint télen.

Dhiman és munkatársai (1996) megvizsgálták, hogy hogyan hat a takarmányok eltérő linolsav és linolénsav szintje a tej KLS-tartalmának alakulására. Azt tapasztalták, hogy a 3,6% szójaolaj és a 4,4% lenolaj tartalmú táp még nem csökkentette a takarmányfelvételt. Más szerzők viszont (*Mohamed és mtsai.*, 1988) már 4% olajat tartalmazó táp esetében negatív hatásról számoltak be, a szárazanyag emészthetőségének csökkenése miatt. A szójabab adagolás megnövelte a takarmányok sztearinsav-, linolsav- és linolénsav-tartalmát a kontroll takarmányéhoz képest; a lenmagolaj tartalmú takarmányoknak a linolénsav-tartalma volt magasabb, mint a többi takarmánynak.

A tej KLS-tartalma a pörkölt szójababot, szójaolajat, a kevesebb, és a több lenolajat fogyasztó csoport esetében is megemelkedett a kontroll csoporthoz képest 97, 438, 305 és 318%-kal (*Dhiman és mtsai.*, 1996). Egyedül a nyers szójabab fogyasztása nem növelte meg a tej KLS-szintjét. *Kelly és munkatársai* (1998) a tej KLS-szintjét mintegy 500%-kal növelték meg 5,3% olajat tartalmazó táp etetésével, de eközben a tej összes zsírtartalma 3,38%-ról 2,25%-ra csökkent. *Dhiman és munkatársai* (1996) kísérletében a hőkezelt szójababot és a 2,2% lenmagolajat tartalmazó táp fogyasztása okozott jelentős KLS-tartalom növekedést, de a tej zsírtartalmának jelentős csökkenése nélkül.

Bauman és munkatársai (2000) tejelő tehenek takarmányát magas linolsav-tartalmú napraforgóolajjal egészítették ki, hogy növeljék a tej KLS-tartalmát. Egy hetes etetési idő után kiválasztották a legmagasabb KLS-tartalmú tejet termelő teheneket, és azok továbbra is kísérleti takarmányt kaptak. A második hét végén azt tapasztalták, hogy több tehen tejének KLS-szintje jelentősen visszaesett. A tejszír KLS-tartalmának átlaga 3,7 g/100 g volt az első, de mindössze 2,3 g/100 g a második hét végén. A harmadik héten tovább folytatódott a hanyatlás, a harmadik hét végén a tejszír átlagos KLS-szintje már csak 1,6 g/100 g volt. A tej KLS- és t11-C18:1 tartalmát befolyásolhatja a tápok rost- és keményítőtartalma is (*Kelly és Bauman*, 1996; *Jiang és mtsai.*, 1996). *Banks és munkatársai* (1980) az etetési gyakoriság tejszír-tartalomra és zsírsav-összetételre gyakorolt hatását vizsgálva úgy találták, hogy a tejszír-tartalom magasabb, ha az etetések gyakoribbak. *Jiang és munkatársai* (1996) tapasztalatainak, akik a tejszír-tartalomban

ugyan nem találtak különbséget, de a c9,t11-C18:2 és a t11-C18:1 zsírsavak mennyisége jelentősen ($P < 0,001$) különbözött az adagolt takarmányozású, és az *ad libitum* takarmányozású kísérleti csoportok között.

Jahreis és munkatársai (1997) arra a következtetésre jutottak, hogy az állatok tartási módja (hagyományos vagy ökológiai) is befolyásolhatja a tej KLS-tartalmát. Az általuk vizsgált elegytej minták KLS-tartalma széles tartományok között változott: 0,34 g/100 g zsír értéktől (istállózott állatok) 0,80 g/100 g zsír értékig (ökológiai farmokon tartott állatok). *Jiang és munkatársai* (1996) szerint amennyiben a tehéntej KLS-tartalmának emelése előnyös, ez megvalósítható megfelelő takarmányozási receptúrák összeállításával. A takarmányozáson kívül azonban egyéb tényezők is jelentős szerepet játszhatnak a nyerstej KLS-tartalmának alakításában, mivel a legtöbb tanulmányban nagy egyedek közti eltérést figyeltek meg.

Magyarországon a tejelő típusú szarvasmarhák tejének zsírsav-összetételét és a tejszír konjugált linolsav tartalmának évszak szerinti változását tudomásunk szerint nem vizsgálták. Mivel a szakirodalmi adatokat elemezve kitűnik, hogy a tejszír zsírsav-összetételét a tartás és takarmányozás, de különösen a legeltetés vagy az istállóban tartás jelentős mértékben befolyásolja, ezért vizsgálataink céljából a különböző Magyarországon tenyésztett szarvasmarha fajták tejszírének zsírsav-összetételének vizsgálatát tűztük ki célul, különös tekintettel a konjugált linolsavra. Mivel a tej és tejtermékek KLS-tartalmát legjelentősebb mértékben a tejalapanyag szabja meg, és a technológiának csak bizonyos esetekben van szignifikáns hatása e tekintetben, ezért szerettük volna vizsgálni, hogy hogyan változik az eltérő genotípusú szarvasmarhák tejének zsírsav-összetétele, valamint KLS-tartalma az évszakok függvényében. Mivel megállapításaink csak kisszámú egyedre terjedtek ki, közleményünkben egyedüli célként a három vizsgált szarvasmarha fajta átlagában szerettük volna meghatározni a tej zsírsav-összetételének és KLS-tartalmának változását az évszakok függvényében. Közleményünkért ezért csak előzetes közleménynek szánjuk jelezve azt, hogy a jövőben végzett vizsgálataink során fajták közötti különbségekre illetve azonosságokra kívánunk rámutatni.

ANYAG ÉS MÓDSZER

A vizsgált fajták, tartási és takarmányozási körülmények, tejmintavétel

Vizsgálatainkhoz a hencidai Új Élet Mezőgazdasági Termelőszövetkezetben tartott 210 szarvasmarha közül kiválasztott egyedektől vettünk mintát egy éven keresztül, márciustól februárig. A tehenek 50%-a fekete holstein-fríz, 15%-a vörös holstein-fríz, 30%-a pedig magyartarka. A nyári időszakban, mely május 10-től október 15-ig tart az állatok főként legelőfüvet fogyasztottak, de szükség szerint ekkor is kaptak mintegy 3,5 kg abrakot, melynek 20%-a tejelő koncentrátum, 60%-a kukorica, 20% pedig búza és ocsú. Naponta kaptak még foszfor és kalcium kiegészítést, és a legelőfü mellé 10–15 kg kukorica szilázst. Esetenként adtak nekik réti és lucerna szénát, és mintegy 1/2 kilogramm melaszt, melynek hatása a tejtermelésre azonnal megmutatkozik. Télen az állatok *ad libitum* fogyasztottak lucerna és réti szénát, és kapnak még 3,5 kg tejelő tápot, 15 kg répaszeletet, 15 kg kukorica szilázst és ásványi anyag kiegészítőt.

A sajttáros fejest követően az egyenlősített elegytejből mindhárom fajta esetében, 3–3 tehéntől vettünk mintegy 100 cm³ tejmintát, melyet hideg vízben azonnal lehűtöttünk, majd –25 C°-on tároltuk a laboratóriumba történő szállításig. A mintákat ezt követően egyszerre olvasztottuk fel, egyszerre készítettük elő analízisre, és a zsírsav-

összetételt, illetve a KLS-tartalmat egymást követően határoztuk meg a Kaposvári Egyetem Állattudományi Kar Kémiai Intézetében.

A zsírsav-összetétel és a KLS-tartalom meghatározásának rövid leírása

Mivel a többszörösen telítetlen zsírsavak és különösen a KLS rendkívül érzékeny az oxidációra és a meghatározás során alkalmazott körülményekre, fontosnak tartjuk, hogy szabvány hiányában pontosan megadjuk a módszert, amivel a meghatározást végeztük, hisz eredményeinket mások csak a módszer ismeretében tudják felhasználni.

A tejzsír zsírsav-összetételének meghatározása

Előkészítés bór-trifluoridos átészterezéshez

Körülbelül 0,5–1 g zsírt tartalmazó mintamennyiséget 8–20 cm³ tömény sósavval forró vízfürdőn egy órán keresztül roncsolunk. Miután lehűlt, 7 cm³ etanolt adunk hozzá. A lipideket előbb 15 cm³ éterrel, majd 15 cm³ petroléterrel (f.p. <60 °C) extraháljuk, majd a szerves fázisokat egyesítjük. Ebből annyit töltünk egy csiszolatos gömblombikba, amely kb. 150–200 mg zsírt tartalmaz, majd rotációs vákuumbepárlóval eltávolítjuk az oldószert. A teljes bepárlás nem szükséges.

Hidrolízis és észterképzés

A bepárolt mintához 4 cm³ 0,5 M metanolos nátrium-hidroxid-oldatot öntünk, visszafolyó hűtőt szerelünk a gömblombikra, és elektromos melegítőn forraljuk addig, amíg az aljáról a zsírcseppek el nem tűnnek (kb. 5 perc). Ezután a hűtőn keresztül 4 cm³ 14%-os metanolos bór-trifluorid-oldatot öntünk a lombikba, és három percig forraljuk. 4 cm³ nátrium-szulfáton szárított hexánt adunk hozzá, egy percig forraljuk, majd lehűtjük. Lehűlés után levesszük a hűtőt, és annyi telített vizes sóoldatot öntünk a lombikba, hogy a szerves fázis a nyakába kerüljön. Szétválás után a szerves fázisból mintát veszünk vízmentes nátrium-szulfátot tartalmazó fiolákba, és ebből injektálunk a gázkromatográfbba.

A gázkromatográfiás analízis körülményei

Készülék: *Chrompack CP 9000* gázkromatográf

Kolonna: 100 m x 0,25 mm kvarc kapilláris, *CS-Sil 88 (FAME)* állófázis

Detektor: FID 270 °C

Injektor: splitter 270 °C

Vivőgáz: hélium, 235 kPa

Hőmérséklet-program: kolonna 140 °C, 10 percig; 10 °C/perc emelés 235 °C-ig, izoterm 26 percig

Injektált oldat térfogata: 0,5–2 µl

A zsírsav-metil-észterek azonosítására a következő standardet használtuk: „37 component FAME Mix”, melynek gyártója és forgalmazója a Supelco cég.

A tejzsír konjugáltlinolsav-tartalmának meghatározása

Lipid-extrakció

Bemérünk annyi tejet, amely kb. 0,3 g zsírt tartalmaz 100 cm³-es főzőpohárba, majd 80 cm³ szerves oldószerelegyet (hexán: *i*-propanol 3:2 arányú elegye, HIP) adunk hozzá. Diszperziós készülékkel a mintát eloszlatjuk a folyadékfázisban (IKA gyártmányú, Ultra-turrax T25 basic típusú diszperziós készülék, 2. fokozat (9500 RPM), 2 perc). Ezt követően a szuszpenziót membránszűrőn keresztül (MN640W típus, 90 mm átmérő) gravitációs úton 250 cm³-es Erlenmeyer lombikba szűrjük. A szűrőt háromszor

10 cm³ HIP eleggyel átmossuk, a szerves fázisokat egyesítjük. A szűrletekhez 5,0 g vízmentes nátrium-szulfátot teszünk és összerázzuk. A mintából származó víz megkötése után a szerves fázist leöntjük a sóról talpas gömblobbikba, majd rotációs gyorsbepárlón vákuum alatt 80 °C-on bepároljuk. A bepárlási maradékot n-hexánnal 10 cm³-es mérőlobbikba mossuk (hexános törzsoldat).

Metilezés

A hexános törzsoldatból kiveszünk 0,5 cm³-t, 4 cm³-es, lezárható fedelű üvegcsébe tesszük, majd 0,5 cm³ 4M metanolos nátrium-metilát-oldatot adunk hozzá, összerázzuk, majd 50 °C-on 30 percen át melegítjük. Ezt követően 1 cm³ hexánt, majd 1 cm³ vizet adunk hozzá, összerázzuk, a fázisok elválása után a szerves fázisból 1 cm³-t 5 cm³-es mérőlobbikba teszünk, majd a vizes fázishoz 1,2 cm³ hexánt adunk, összerázzuk, majd 1 cm³ hexános fázist a mérőlobbikba viszünk át. A hexános extrakciót a fentin kívül még kétszer megismételjük, az utolsó hexános fázis elvételénél lehetőség szerint a teljes felső fázist eltávolítjuk, majd a lobbikot jelre töltjük, és az így kapott oldatot csavaros tetejű fiolában mélyhűtve tároljuk az analízis megkezdéséig.

Kromatográfás körülmények

Hőmérséklet-program: kolonna 140 °C, 10 percig; 5 °C/perc emelés 235 °C-ig, izoterm 30 percig

Injektált oldat térfogata: 2 µl. Az egyéb körülmények azonosak a zsírsavösszetétel meghatározásánál leírtakkal. A standard törzsoldat és a kalibrációs sor készítésére alkalmas bármely gyártó által forgalomba hozott konjugált linolsav-készítmény (pl. a Sigma cég által forgalmazott konjugált linolsav-elegy).

EREDMÉNYEK

Az 1. táblázat a három genotípus együttes átlagában a tej zsírsav-összetételét, KLS-tartalmát illetve annak változását tartalmazza az évszakok szerint. A KLS-izomerek közül a cisz9,transz11-C18:2 izomerre koncentráltunk, hisz ez fordul elő legnagyobb mennyiségben a tejszíriban, és ennek egészségvédő hatásáról számoltak be a szakirodalomban. A mérési adatokból szerkesztett ábrák közül az 1. ábra a kaprilsav és kaprinsav, a 2. ábra a vajsav és a kapronsav, a 3. ábra a palmitinsav és az olajsav, a 4. ábra a linolsav és a linolénsav, az 5. ábra pedig a KLS-koncentrációjának változását mutatja a márciustól februárig terjedő időszakban a genotípusok szerint illetve a genotípusok átlagában. A zsírsavakat a koncentrációk alapján csoportosítva ábrázoltuk; az ábrákon a vékony vonalak a különböző genotípusok tejszírjának zsírsav-összetételét, a folyamatos vastag vonal, pedig a fajták átlagát mutatja. Mivel anyagi lehetőségeink behatárolták az elvégzett vizsgálatok számát, ezért mintavételként és fajtánként háromnál több analízisre nem volt lehetőségünk. E három analízis átlagát tartalmazza a táblázat, illetve az ábrák, a csekély mintaszám miatt azonban szórásokat nem számoltunk, statisztikai analízist nem végeztünk.

Az ábrák adatait összehasonlítva megállapítható, hogy a három vizsgált szarvasmarhafajta tejszírjának zsírsav-összetétele szinte teljes mértékben megegyezik, és az évszakok szerinti tendencia is mindegyik fajtánál ugyanaz. Úgy tűnik, hogy fajták közötti különbségre nagyobb egyedszámban elvégzett vizsgálatok esetében sem számíthatunk, ha a fajták azonos tartási és takarmányozási feltételek mellett termelnek. Nagyobb ingadozásokat csak a KLS esetében figyeltünk meg, ami talán nem a fajták közötti különbséggel, hanem inkább az analitikai módszer nehézségével, valamint a

takarmány összetételének szezonális változásának függhet össze. A szórások abszolút értéke azonban itt sem nagyobb, mint a többi zsírsav-összetétel meghatározásánál, de mivel a KLS-ből kevesebb van, mint a többi zsírsavból, a relatív szórás így nagyobb. Itt is hangsúlyozni kell azonban, hogy a fajták átlagai szinte teljes mértékben azonosak.

A zsírsavakat egyedileg értékelve megállapítható, hogy a vajsav június és szeptember között éri el minimumát 2,6–2,8%-kal, maximumát pedig december és április között mutatja 3,5–3,7%-kal. A vajsavhoz hasonlóan hasonló tendenciát mutat a kapronsav, a kaprilsav és a kaprinsav is; minimumukat július és szeptember között, maximumukat pedig a téli és kora tavaszi hónapokban érik el. A kapronsav minimális értékét – 2,1%-ot – augusztusban, maximális értékét – 2,5–2,6%-ot – pedig január és április között éri el. A kaprilsav minimális értékét 2,1–2,2%-kal augusztusban és szeptemberben, maximális értékét 2,6–2,7%-kal pedig december és április között mutatja. A rövidszénláncú zsírsavak között a kaprinsav található legkisebb koncentrációban az általunk vizsgált szarvasmarhák tejzsírjában. Minimális értéket július és szeptember között éri el 1,1–1,2%-kal, maximumát pedig január és április között mutatja 1,6%-kal.

1. táblázat

A tej tejzsírjának zsírsav-összetétele – genotípusok átlagában – a zsírsav-metilészterek relatív tömegszázalékában

	Márc. (1)	Ápr. (2)	Máj. (3)	Jún. (4)	Júl. (5)	Aug. (6)	Szept. (7)	Okt. (8)	Nov. (9)	Dec. (10)	Jan. (11)	Febr. (12)
Vajsav C4 (13)	3,6	3,5	3,4	3,2	2,9	2,8	2,8	3,0	3,2	3,6	3,6	3,5
Kapronsav C6 (14)	2,5	2,5	2,3	2,2	2,0	2,1	2,2	2,4	2,4	2,4	2,5	2,6
Kaprilsav C8 (15)	1,6	1,5	1,4	1,2	1,2	1,1	1,0	1,2	1,3	1,4	1,5	1,5
Kaprinsav C10 (16)	2,7	2,7	2,5	2,4	2,3	2,1	2,1	2,4	2,5	2,6	2,7	2,7
Laurinsav C12 (17)	3,4	3,2	3,3	3,3	3,3	3,2	3,4	3,4	3,4	3,5	3,5	3,4
Mirisztinsav C14 (18)	11,1	11,0	11,1	10,9	11,0	11,0	11,3	11,4	11,4	11,5	11,7	11,6
Mirisztolajsav C14:1 (19)	1,4	1,3	1,2	1,3	1,5	1,4	1,5	1,6	1,5	1,6	1,6	1,6
Pentadekánsav C15 (20)	1,2	1,1	1,1	1,0	1,1	1,2	1,1	1,2	1,1	1,2	1,2	1,2
Palmitinsav C16 (21)	28,6	28,6	28,5	28,5	28,0	28,1	28,3	28,7	28,8	28,7	28,9	28,8
Palmitolajsav C16:1 (22)	2,6	2,6	2,5	2,5	2,4	2,3	2,4	2,5	2,6	2,6	2,6	2,6
Margarinsav C17 (23)	1,0	1,1	1,1	1,0	1,1	1,0	1,1	1,2	1,3	1,3	1,3	1,3
Sztearinsav C18 (24)	10,6	10,6	10,6	10,6	10,4	10,4	10,5	10,5	10,6	10,7	10,7	10,8
Olajsav C18:1 (25)	25,8	25,9	26,2	26,3	26,7	26,9	26,5	25,7	25,6	25,1	24,7	25,0
Linolsav C18:2 (26)	2,0	2,3	2,4	2,9	3,2	3,3	3,0	2,5	2,3	1,9	1,8	1,7
Linolénsav C18:3 (27)	1,0	1,2	1,4	1,6	1,6	1,7	1,6	1,3	1,2	1,1	0,9	0,9
KLS cisz 9,trans 11 C18:2 (28)	0,9	0,9	1,0	1,1	1,3	1,4	1,2	1,0	0,8	0,8	0,8	0,8
Összeg (29)	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Table 1: The average fatty acid composition of the milk fat of three genotypes expressed in the relative weight-percentage of the fatty acid methyl esters

March(1), April(2), May(3), June(4), July(5), August(6), September(7), October(8), November(9), December(10), January(11), February(12), Butyric acid(13), Caproic acid(14), Caprylis acid(15), Capric acid(16), Lauric acid(17), Myristic acid(18), Myristoleic acid(19), Pentadecanoic acid(20), Palmitic acid(21), Palmitoleic acid(22), Heptadecanoic acid(23), Stearic acid(24), Oleic acid(25), Linoleic acid(26), Linolenic acid(27), Conjugated linoleic acid(28), Total(29)

1. ábra

A tejzsír vajsav- és kapronsav-tartalmának alakulása az évszakok szerint a zsírsav-metilészterek relatív tömegszázalékában

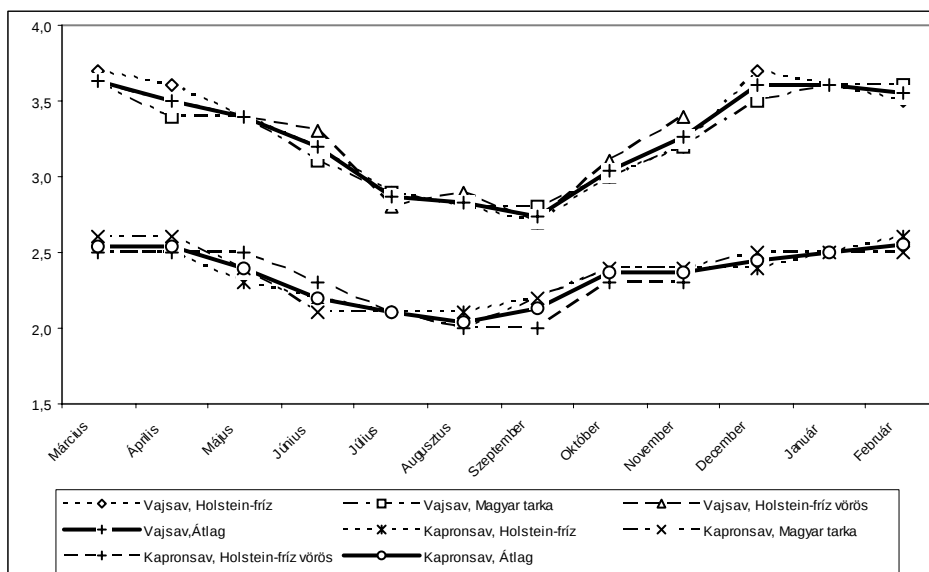


Figure 1: The butyric acid and caproic acid content of milk fat in the function of months expressed in the relative weight-percentage of the fatty acid methyl esters

March(1), April(2), May(3), June(4), July(5), August(6), September(7), October(8), November(9), December(10), January(11), February(12), Butyric acid Holstein Friesian(13), Butyric acid Hungarian Simmenthal(14), Butyric acid Red Holstein Friesian(15), Butyric acid average(16), Caproic acid Holstein Friesian(17), Caproic acid Hungarian Simmenthal(18), Caproic acid Red Holstein Friesian(19), Caproic acid average(20)

A tejzsírban legnagyobb koncentrációban a palmitinsav és az olajsav fordul elő. A palmitinsav változásának tendenciája rendkívüli módon hasonlít a rövidszénláncú zsírsavakéhoz; minimumát fajták átlagában június és augusztus között éri el 28,1–28,3%-kal, maximumát pedig a téli és a kora tavaszi hónapokban mutatja 28,7–29,0%-kal.

Az előző tendenciákkal pontosan ellentétesen változnak a telítetlen kötést tartalmazó zsírsavak a tehéntejben az évszak függvényében. A tehéntej zsírájában második legnagyobb koncentrációban előforduló olajsav maximumát július és szeptember között mértük 26,5–26,7%-kal, minimális értékét pedig a téli hónapokban érte el 25,0%-kal. Az évszak szerinti változást illetően a linolsav és a linolénsav az olajsavval egybeeső változást mutat, azaz a két többszörösen telítetlen zsírsav maximumát július és szeptember között éri el. A tej linolsav-tartalma a nyári hónapokban 3,2–3,3%, a téli hónapokban pedig 1,7–1,8%. A linolénsav maximumát augusztusban éri el 1,6%-kal, mely érték a téli és kora tavaszi hónapokban 0,8–0,9%-ra esik vissza.

2. ábra

A tejsír kaprilsav- és kaprinsav-tartalmának alakulása az évszakok szerint a zsírsav-metilészterek relatív tömegszázalékában

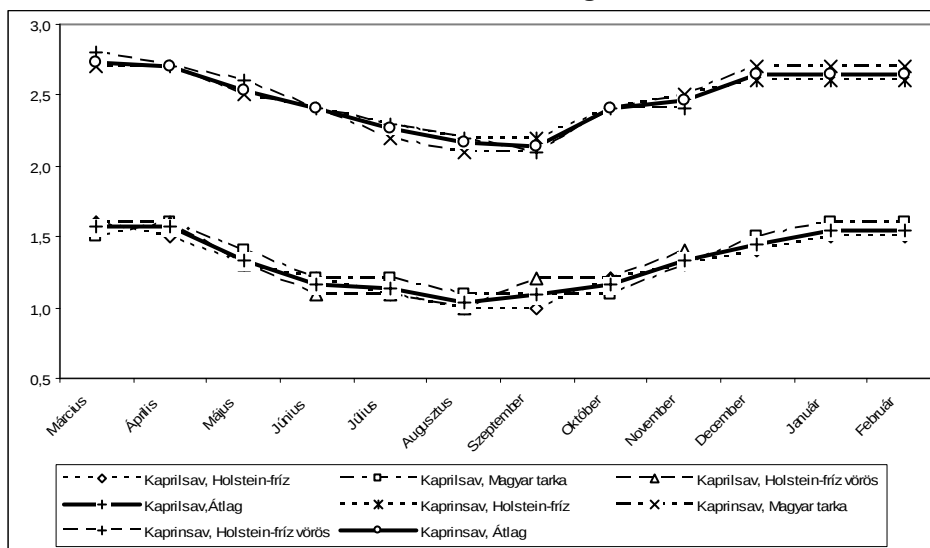


Figure 2: The caprylic acid and capric acid content of milk fat in the function of months expressed in the relative weight-percentage of the fatty acid methyl esters

March(1), April(2), May(3), June(4), July(5), August(6), September(7), October(8), November(9), December(10), January(11), February(12), Caprylic acid Holstein Friesian(13), Caprylic acid Hungarian Simmenthal(14), Caprylic acid Red Holstein Friesian(15), Caprylic acid average(16), Capric acid Holstein Friesian(17), Capric acid Hungarian Simmenthal(18), Capric acid Red Holstein Friesian(19), Capric acid average(20)

A KLS-tartalom maximális értékét augusztusban éri el, mely a fajták átlagában 1,35%-nak felel meg. Június és szeptember között mindegyik fajta tejsírájának KLS-tartalma meghaladja az 1,2%-ot, mely érték az őszi hónapokban rohamosan csökken a téli hónapokban mért 0,75–0,80%-ra. Mérési eredményeink összhangban vannak Riel (1963) megállapításaival, aki szerint a nyerstej KLS-tartalma nyáron kétszer olyan nagy, mint télen, bár nálunk a különbség a két szélső érték között valamivel kisebb. *Dhiman és munkatársaihoz* (1996) hasonlóan mi is úgy találtuk, hogy legelőre kihajtáskor jelentősen nő a tej KLS-tartalma. *Jahreis és munkatársaihoz* (1997) viszonyítva mi a télen istállóban tartott tehének tejsírája KLS-tartalmát két, két és félszer nagyobbak mértük, és a mi nyáron mért értékeink is jóval nagyobbak, mint amit ők az ökológiai farmon tartott állatoknál kaptak. Az általunk a tej KLS-tartalmára kapott szélső értékek (0,8–1,4 relatív%) jóval kisebbek, mint a *Chin és mtsai.* (1992), *Parodi* (1994) vagy a *Fritsche és Steinhart* (1998) által publikáltak (0,2–2,0 KLS/100 g tejsír), ami a vizsgált állatok eltérő genotípusával, takarmányozásával, az eltérő évszakkal és talán a különböző analitikai módszerrel magyarázható. Az általunk mért átlagos KLS-tartalom

(1,1%) kissé nagyobb a *Precht és Molkentin* (2000) által mértnél, és a szélső értékek is sokkal közelebb vannak egymáshoz. Az összes többi vizsgált zsírsav esetében az egyezés jó a szakirodalomban közölt, de ebben a tanulmányban nem citált, adatokkal.

3. ábra

A tejsír palmitinsav- és olajsav-tartalmának alakulása az évszakok szerint a zsírsav-metilészterek relatív tömegszázalékában

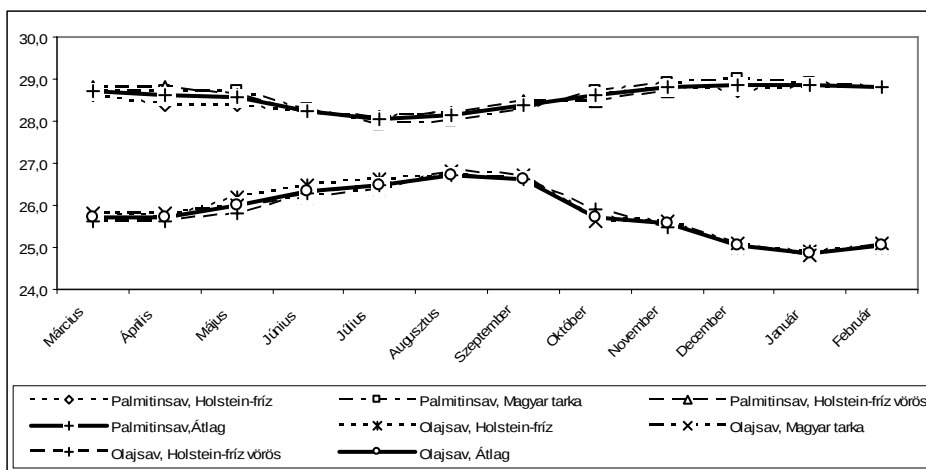


Figure 3: The palmitic acid and oleic acid content of milk fat in the function of months expressed in the relative weight-percentage of the fatty acid methyl esters

March(1), April(2), May(3), June(4), July(5), August(6), September(7), October(8), November(9), December(10), January(11), February(12), Palmitic acid Holstein Friesian(13), Palmitic acid Hungarian Simmenthal(14), Palmitic acid Red Holstein Friesian(15), Palmitic acid average(16), Oleic acid Holstein Friesian(17), Oleic acid Hungarian Simmenthal(18), Oleic acid Red Holstein Friesian(19), Oleic acid average(20)

Összefoglalva megállapíthatjuk, hogy az általunk vizsgált telített zsírsavak többsége a nyári hónapokban minimumot, a téli és a kora tavaszi hónapokban, pedig maximális értéket mutat. Ezzel szemben a telítetlen zsírsavak koncentrációja, beleértve a KLS-t is, a nyári hónapokban maximális értéket mutat, minimumát pedig minden esetben a téli és kora tavaszi hónapokban éri el. Eredményeink összhangban vannak a szakirodalomban közöltekkel a tendenciát illetően, és az abszolút értékeket tekintve is minimális az eltérés a szakirodalomban közölt adatoktól. A bevezetőben a zsírsavakról elmondottakat figyelembe véve megállapítható, hogy a nyáron fejt tej – fajtától függetlenül – lényegesen több linolsavat, linolénsavat, olajsavat és KLS-t tartalmaz, mint a téli és kora tavaszi tej, ezért az egészség megőrzése szempontjából alkalmasabb emberi fogyasztásra. Mivel az állatok teljesen azonos takarmányozási feltételek mellett termeltek – nyáron főként legelőfűvet, télen pedig szénát és szilázst fogyasztottak – a

magasabb KLS-szint a nyári tejben valószínűleg a nyári legelőfü magasabb telítetlenzsírsav-tartalmával, esetleg KLS-tartalmával, és a napfény ultraibolya sugarainak hatásával magyarázható.

4. ábra

A tejszír linolsav- és linolénsav-tartalmának alakulása az évszakok szerint a zsírsav-metilészterek relatív tömegszázalékában

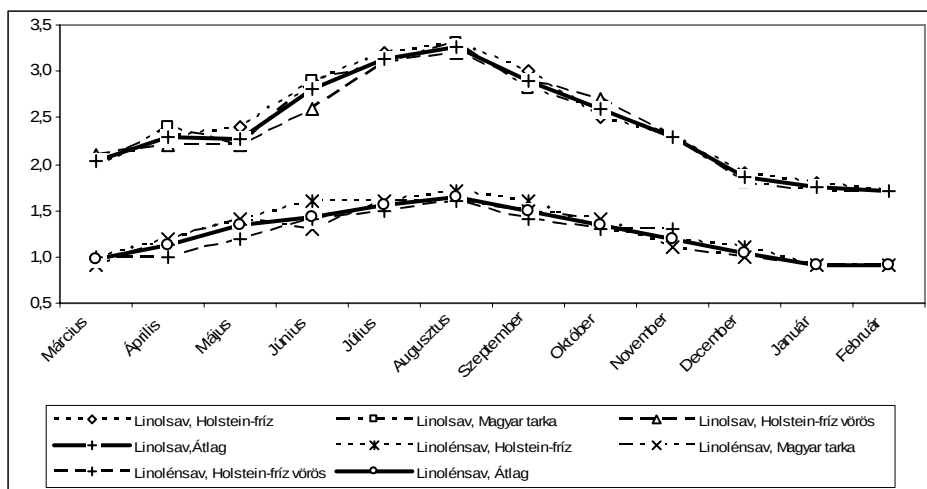


Figure 4: The linoleic acid and linolenic acid content of milk fat in the function of months expressed in the relative weight-percentage of the fatty acid methyl esters

March(1), April(2), May(3), June(4), July(5), August(6), September(7), October(8), November(9), December(10), January(11), February(12), Caprylic acid Holstein Friesian(13), Caprylic acid Hungarian Simmenthal(14), Caprylic acid Red Holstein Friesian(15), Caprylic acid average(16), Capric acid Holstein Friesian(17), Capric acid Hungarian Simmenthal(18), Capric acid Red Holstein Friesian(19), Capric acid average(20)

Statistikai analízis nélkül eredményeinket csak figyelem felkeltőnek szánjuk. A továbbiakban több egyeden szeretnénk kísérleteinket megismételni, esetleg több egyed reprezentáló elegytejet elemezni, hogy statisztikai analízissel is bizonyítani tudjuk a fajták illetve évszakok közti azonosságokat és különbségeket. Szeretnénk mérni a takarmány zsírsav-összetételét, ugyanis feltételezésünk szerint a legelőfü több konjugált linolsav prekursorzt tartalmaz, mint a tartósított takarmány illetve az abrak, és szeretnénk összefüggést találni a takarmány zsírsavösszetétele és a tejszír konjugált linolsav tartalma között.

5. ábra

A tejszír konjugáltlinolsav-tartalmának alakulása az évszakok szerint a zsírsav-metilészterek relatív tömegszázalékában

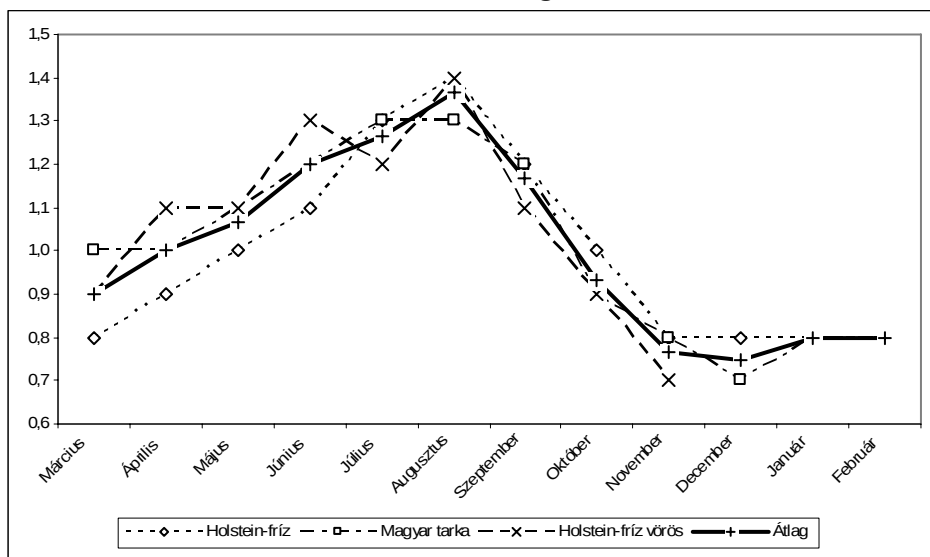


Figure 5: The conjugated linoleic acid content of milk fat in the function of months expressed in the relative weight-percentage of the fatty acid methyl esters

March(1), April(2), May(3), June(4), July(5), August(6), September(7), October(8), November(9), December(10), January(11), February(12), Holstein Friesian(13), Hungarian Simmenthal(14), Red Holstein Friesian(15), Average(16)

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Kutatásainkat az OTKA „Élelmiszerek konjugáltlinolsav-tartalma, és annak mennyiségét befolyásoló tényezők” című kutatási támogatás keretében finanszírozta (szerződésszám. T 049405), melyért hálás köszönetünket fejezzük ki. Kutatásainkat a Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetem Kutatási Programok Intézete is támogatta, melyért ugyancsak hálás köszönetünket fejezzük ki.

IRODALOM

- Banks, W., Clapperton, J.L., Kelly, M.E., Wilson, A.G., Crawford, R.J.M. (1980). The yield, fatty acid composition and physical properties of milk fat obtained by feeding soya oil to dairy cows. J. Sci. Food Agric., 31. 368-374.
- Bauman, D.E., Barbano, D.M., Dwyer, D.A., Griinari, J.M. (2000). Technical note: production of butter with enhanced conjugated linoleic acid for use in biomedical studies with animal models. J. Dairy Sci., 83. 2422-2425.

- Chin, S.F., Liu, W., Albright, K., Pariza, M.W. (1992). Tissue levels of cis-9,trans-11 conjugated dienoic isomer of linoleic acid (CLA) in rats fed linoleic acid (LA). *Faseb J.*, 6. A1396.
- Dhiman, T.R., Anand, G.R., Satter, L.D., Pariza, M.W. (1996). Dietary effects on conjugated linoleic acid content of cow's milk. 87th AOCS Annul Meeting and Expo, USA.
- Fritsche, J., Steinhart, H. (1998). Amounts of conjugated linoleic acid (CLA) in German foods and evaluation of daily intake. *Z. Lebensm Unters Forsch A*, 206. 77-82.
- Ha, Y.L., Grimm, N.K., Pariza, M.W. (1987). Anticarcinogens from fried ground beef: heat-altered derivatives of linoleic acid. *Carcinogenesis*, 8. 1881-1887.
- Ha, Y.L., Storckson, J., Pariza, M.W. (1990). Inhibition of benzo(a)prene-induced mouse forestomach neoplasia by conjugated dienoic derivatives of linoleic acid. *Cancer Res.*, 50. 1097-1101.
- Ip, C., Chin, S.F., Scimeca, J.A., Pariza, M.W. (1991). Mammary cancer prevention by conjugated dienoic derivative of linoleic acid. *Cancer Res.*, 51. 6118-6124.
- Jahreis, G., Fritsche, J., Steinhart, H. (1997). Conjugated linoleic acid in milk fat: high variation depending on production system. *Nutr. Res.*, 17. 1479-1484.
- Jiang, J., Björck, L., Fondén, R., Emanuelson, M. (1996). Occurrence of conjugated cis-9,trans-11-octadecadienoic acid in bovine milk: effects of feed and dietary regimen. *J. Dairy Sci.*, 79. 438-445.
- Kelly, M.L., Bauman, D.E. (1996). Conjugated linoleic acid: a potent anticarcinogen found in milk fat. Cornell Nutrition Conference for Feed manufacturers. Rochester NY. (proceedings) 68-74.
- Kelly, M.L., Berry, D.A., Dwyer, J.M., Griinari, J.M., Chouinard, P.Y., Amburgh, M.E.W., Bauman, D.E. (1998). Dietary fatty acid sources affect conjugated linoleic acid concentrations in milk from lactating dairy cows. *J. Nutr.*, 128. 881-885.
- Lee, K.N., Kritchevsky, D., Pariza, M.W. (1994). Conjugated linoleic acid and atherosclerosis in rabbits. *Atherosclerosis*, 108. 19-25.
- Lin, H., Boylston, T.D., Chang, M.J., Lueddecke, L.O., Schultz, T.D. (1995). Survey of the conjugated linoleic acid contents of dairy products. *J. Dairy Sci.*, 78. 2358-2365.
- Mohamed, O.E., Satter, L.D., Grummer, R.R., Ehle, F.R. (1988). Influence of dietary cottonseed and soya bean on milk production and composition. *J. Dairy Sci.*, 71. 2677-2688.
- Nicolosi, R.J., Laitinen, L. (1996). Dietary conjugated linoleic acid reduces aortic fatty streak formation greater than linoleic acid in hypercholesterolemic hamsters. *Faseb J.*, 10. 2751.
- Pariza, M.W., Hargraves, W.A. (1985). A beef-derived mutagenesis modulator inhibits initiation of mouse epidermal tumours by 7,12 dimethylbenz(a)anthracene. *Carcinogenesis*, 6. 591-593.
- Parodi, P.W. (1994). Conjugated linoleic acid: An anticarcinogenetic fatty acid present in milk fat. *Journal of Dairy Technology*, 49. 93-97.
- Precht, D., Molkentin, J. (2000). Frequency distributions of conjugated linoleic acid and trans fatty acid contents in European bovine milk fats. *Milchwissenschaft*, 55. 12. 687-691.
- Riel, R.R. (1963). Physico-chemical characteristics of Canadian milk fat. Unsaturated fatty acids. *J. Dairy Sci.*, 46. 102-106.

Levelezési cím (*corresponding authors*):

Salamon Rozália Veronika

Erdélyi Magyar Tudományegyetem, Csíkszeredai Campus,
Élelmiszer-tudományi Tanszék, Csíkszereda, 530104 Szabadság tér 1.
University of Transsylvania, Csíkszereda Campus,
Department of Food Sciences, Csíkszereda, 530104 Szabadság tér 1.
Tel.:40-266-317-121, Fax:40-266-314-657
e-mail: salamonroزالia@sapientia.siculorum.ro