

IX. Erdélyi Tudományos Diákköri Konferencia - Kolozsvár,

2006. november 25-26.

Asztalnok Tamás Antal, Sapientia EMTE Műszaki- és Társadalomtudományi Kar,

Élelmiszeripari mérnöki szak, IV évfolyam

Témavezetők: **Salamon Rozália Veronika** gyakornok

Sapientia EMTE Csíkszereda Élelmiszer-tudományi Tanszék

Dr. Csapó János egyetemi tanár

Kaposvári Egyetem Biokémia és Élelmiszerkémia Tanszék

**Tej zsírsavösszetételének és konjugált linolsav-tartalmának változása
évszakok szerint**

1. Összefoglalás

Meghatároztuk a fekete-tarka holstein-fríz, a magyartarka és a vörös-tarka holstein-fríz tejének zsírsavösszetételét, és a zsírsavösszetétel-változását márciustól februárig. Megállapítottuk, hogy a telített zsírsavak a nyári hónapokban minimumot, a téli és a kora tavaszi hónapokban pedig maximumot mutatnak. Az olajsav, a linolsav és a linolénsav, valamint a konjugált linolsav (KLS) maximumát a nyári hónapokban érte el, mely feltételezhetően kapcsolatban van a nyári és a téli takarmányozás eltéréseivel.

Abstract

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 and reached a maximum during winter and in early spring. The amount of oleic, linoleic, and linolenic acid and conjugated linoleic acid (CLA) was the highest in summer that can be explained by the differences between feeding in summer and in winter.

2. Bevezetés

A zsírsavak szabad állapotban a sejtekben, a szövetekben csak kis mennyiségben fordulnak elő. A természetes zsírsavak az élő szervezetekben acilglicerinek (gliceridek) formájában találhatóak meg. Az acilglicerinek semleges lipidek, a glicerin zsírsavakkal képzett mono-, di- és triacil-észterei. Az étkezési zsírok és olajok túlnyomórészt triacilglicerinekből állnak, monoacilglicerinek és diacilglicerinek csak nyomnyi mennyiségben fordulnak elő [5]. A leggyakrabban előforduló zsírsavak az alábbiak: laurinsav, mirisztinsav, palmitinsav, sztearinsav, arachidinsav, lignocerininsav (telített zsírsavak); palmitoleinsav, olajsav, linolsav, linolénsav (telítetlen zsírsavak).

Az ember fehérje-, ásványi anyag-, és esszenciális zsírsavszükségletének kielégítésében a tehéntejnek és a belőle készült tejterméknek jelentős szerepe van. Fél liter tej kb. 11%-át fedezi egy felnőtt teljes energiaszükségletének.

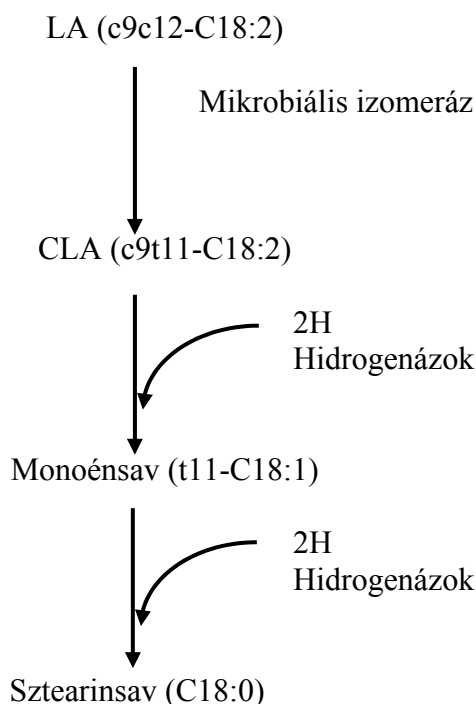
Az ideális táplálék energiatartalma 25-30%-ának a zsírból, 15%-ának a fehérjéből, 50-60%-ának pedig a szénhidrátból kellene származnia. Ebből levonhatjuk azt a következtetést, hogy a zsír és a fehérje hozzájárulása a szervezet energiaellátásához optimális esetben 1,6:1 arányú. A fogyasztói szokások megváltozása miatt ez az arány a XX. században egyre romlott, ugyanis 1910-ben ez az arány 2,64, 1937-ben 3,42, 1963-ban pedig 4,35 volt. Manapság a fehérje alig több mint 10%-kal, a zsír pedig kb. 40%-kal veszi ki részét a szervezet energiaellátásából, és ez az arány az elmúlt 30 év alatt alig változott. A napi ételmiszeradag zsírból és fehérjéből eredő kedvezőtlen energiaarányát a tejfogyasztás mérsékelni tudja, hisz a tejben a fehérje az összes energia mintegy 20%-át teszi ki [6].

Az emberi táplálkozás zsírforrásai közül a tejsírt nemrég még egyértelműen egészségre károsnak tartották, mivel telített zsírsavakban gazdag. A tejsír a magas telített zsírsavtartalom mellett azonban az újabb vizsgálatok szerint olyan komponenseket is tartalmaz, melyek pozitív egészségi hatást fejtenek ki: rákellenes és *atherosclerosis* ellenes hatásukat több állatkísérlet során is észlelték [8], [13].

Az elmúlt évtizedben végzett állatkísérletek során a tejsírban 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 ételmiszer KLS-szintjét mely folyamatok befolyásolják jelentősen. A nyerstej KLS-tartalmának egy része például feltehetően a tehének 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 konjugált linolsav megnevezés azon linolsav-izomerek (szerkezeti és geometriai izomerek) gyűjtőneve, melyek a linolsavval szemben nem izolált, hanem konjugált helyzetben tartalmaznak két kettőskötést. A kettős kötések többnyire a 9, 11, vagy a 10, 12 helyzetben találhatóak [8], de egyéb pozíciókban (8,11, vagy 11, 13) is előfordulhatnak [4]. Mindkét kettős kötés lehet *cisz*, vagy *transz* konfigurációjú.

A leggyakrabban előforduló természetes KLS izomér a *cisz-9,transz-11-C18:2* (c9, t11-KLS), amely a linolsav (*cisz-9,transz-12-C18:2*) biológiai hidrogénezésének első lépésében keletkezik. A 1.-ábrán megfigyelhető, hogy a *Butyrivibrio fibrisolvens* baktérium mikrobiális izomeráz enzimének hatására a linolsavból (*cisz-9,cisz-12-C18:2*) először konjugált linolsav (*cisz-9,transz-11-C18:2*) képződik, majd a *cisz-9* kettős kötés két hidrogénatom felvételével telítődik, és így egy egyszeresen telítetlen zsírsav (*transz-11-C18:1*) jön létre. Ez további hidrogénezéssel sztearinsavvá (C18:0) alakulhat át [12].



1. ábra: A linolsav biológiai hidrogéneződése a bendőben

A konjugált linolsavak kémiai reakciókban, enzimek közreműködése nélkül is kialakulhatnak a linolsavban gazdag olajok lúgos izomerizációja, vagy a ricinusolaj víztelenítése közben [14].

A nyerstej konjugált linolsav-tartalma. A tejszírsban a KLS izomerek közül a c9,t11-KLS a teljes KLS-tartalom több, mint 80%-át teszi ki [15]. A nyerstej KLS-szintje ugyanakkor nagy szórást mutat. A tejszír KLS-tartalmát több országban vizsgálták, és az értékek a 0,2-2 g KLS/100 g tejszír tartományba estek [10].

A nyerstej konjugált linolsav-tartalmára ható tényezők. 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 telítetlen zsírsav (főként linolsav és linolénsav) tartalma, a takarmány energia- és rosttartalma, a zsiradék kötött vagy szabad formában való bevitele, kötött forma esetén az olaj-hordozó szerkezete, a takarmányfelvétel ütemezése (a napi etetések száma).

Booth és Kon (1935) azt tapasztalták, hogy mikor tavasszal a teheneket kihajtották a legelőre, a tejükben lévő zsírsavak fényabszorpciója jelentősen megnőtt az ultraviola tartományban (230 nm-en). Ezzel a méréssel tulajdonképpen a tej KLS-tartalmát mérték[3]. A tejszír konjugált dién-sav tartalmának spektrofotometriás meghatározásával foglalkozó módszereket *Riel (1963)* foglalta össze, aki hasonló évszakonkénti ingadozásról számolt be. A nyerstej KLS-tartalma nyáron kétszer olyan magas volt (1,46%-a az összes zsírsavnak), mint télen (0,78%) [17].

Precht és Molkenin (2000) 12 EU tagországból származó tejminták c9,t11-KLS, és transzszírsav (TZSS) tartalmának gyakorisági eloszlását tanulmányozták. Három eltérő szezonális tartási és takarmányozási módszer KLS és TZSS koncentrációra gyakorolt hatását vizsgálták: legeltetés (nyár), istállózott tartás és etetés (tél), átmeneti időszakok (tavasszal és ősszel). A német tejmintákkal végzett felmérésben a c9,t11-C18:2 izomer koncentrációjának eloszlása 0,4 és 1,4 g/100 g zsír értékek körül ért el maximumot, azaz ez a két KLS koncentráció érték volt a leggyakoribb a vizsgált mintákban. Az első maximum a téli, a második a nyári takarmányozás esetében vett tejmintákhoz tartozott. A nyáron és a télen mért KLS koncentrációk átfedése kicsi volt; az átmeneti időszakban mért értékek a télen és a nyáron mért értékek között helyezkedtek el. A francia tejminták c9,t11-C18:2 és *transz*-C8:1 zsírsavtartalmának eloszlása is mutatta a téli és a nyári szezonális maximumot. A francia tehenek zsírjának átlagos KLS (0,74%), *transz*-C18:1 (3,58%) és a teljes TZSS tartalma (4,78%) majdnem azonos volt a németországi tejszírokban kapott értékekkel. A harmadik mintacsoportba 12 EU országból származó tejszír minták tartoztak Németország és Franciaország kivételével. Ezeknél a mintáknál, a KLS koncentrációk gyakorisága nem mutatott nyári és a téli maximumot. Ennek oka az, hogy az adott országok éghajlati adottságai, és ezzel összefüggésben a takarmányozási körülmények is eltértek egymástól. Az írországi teheneket például egész évben legeltették, ezért az írországi adatok esetében a legnagyobb gyakorisággal előforduló koncentrációk szinte kivétel nélkül a legmagasabb értékek közül kerültek ki [16]. A legeltetett állatok többszörösen telítetlen zsírsav (PUFA) bevitele magasabb, mint az istállóban tartott és részben tartósított tömegtakarmányokkal takarmányozott állatoké. A *transz*-zsírsavak a linolsav és a linolénsav részleges biológiai

hidrogénezésével keletkeznek a szarvasmarhák bendőjében, így nyáron, a magasabb PUFA tartalmú takarmányetetésekor több TZSS keletkezik, mint télen.

Dhiman és munkatársai (2000) megvizsgálták, hogy hogyan hat a takarmányok eltérő linolsav és linolénsav szintje a tej KLS-tartalmának alakulására. Céljuk az volt, hogy gazdaságosan növeljék a tej KLS-tartalmát a tej egyéb összetevőinek (zsírtartalom, fehérjetartalom, zsírsavösszetétel) jelentős megváltoztatása nélkül. Első kísérletükben tejelő tehenek koncentrált takarmányának egy részét roppantott nyers szójababbal, roppantott és pörkölt szójababbal, szójabab olajjal, vagy lenolajjal helyettesítették. Utóbbi esetben az adag szárazanyag tartalmának 2,2%, illetve 4,4%-a volt lenolaj. Azt tapasztalták, hogy a 3,6% szójaolaj és a 4,4% lenolaj tartalmú táp még nem csökkentette a takarmányfelvételt. 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 [7].

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. Egyedül a nyers szójabab fogyasztása nem növelte meg a tej KLS-szintjét.

Dhiman és munkatársai (2000) öt kísérleti csoport koncentrált takarmányát részben szójaolajjal, illetve lenolajjal egészítették ki. A 2,0 és 4,0%-os szójaolaj hozzáadás a KLS-tartalom 237 és 314%-kal növelte a kontroll csoporthoz képest; míg a 0,5 és 1,0% szójaolajat és az 1% lenolajat tartalmazó takarmányt fogyasztó csoportok tejének KLS-tartalma nem különbözött a kontroll csoportétól [7].

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 3,7g/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 szerzők felhívták a figyelmet arra is, hogy a kísérleti takarmányetetésének első néhány hetében a bendőbeli hidrogénezési folyamatok jelentősen megváltozhatnak [2].

Banks és munkatársai (1980) az etetési gyakoriság tejsírtartalomra és zsírsavösszetételre gyakorolt hatását vizsgálva úgy találták, hogy a tejsírtartalom magasabb, ha az etetések gyakoribbak. A többszörösen telítetlen zsírsavak összes mennyiségében nem tapasztaltak különbséget, de a t11-C18:1 zsírsav mennyisége a tejben kissé magasabb volt a naponként kétszeri etetésnél, mint a napi 24-szeri etetésnél. Azt a következtetést vonták le, hogy a t11-C18:1 zsírsav mennyisége csak kis mértékben függ az etetés gyakoriságától [1].

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) [9]. *Jiang és munkatársai (1998)* szerint amennyiben a tehéntej KLS-tartalmának emelése előnyös, ez megvalósítható megfelelő takarmányozási recepttűrák összeállításával [10]. 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.

Erdélyben a Feketetartka- és a vöröstarka holstein-fríz, valamint a magyartarka fajtájú szarvasmarhák tejének zsírsavösszetételét és a tejsír konjugált linolsav tartalmának évszak szerinti változását tudomásunk szerint nem vizsgálták. Mivel a szakirodalmi adatokat elemezve kitűnik, hogy a tejsír zsírsavösszetételét a tartás és takarmányozás, de különösen a legeltetés vagy az istállóban tartás jelentős mértékben befolyásolja, ezért vizsgálataink céljából a különböző Erdélyben tenyésztett szarvasmarha fajták tejsírja zsírsavösszetételének 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 zsírsavösszetétele, valamint KLS-tartalma az évszakok függvényében.

3. Anyag és módszer

A vizsgált fajták, tartási és takarmányozási körülmények, tejmintavétel

Vizsgálatainkhoz a Csíkszenttamáson tartott 16 szarvasmarhától vettünk mintát egy éven keresztül, márciustól februárig. A tehének 50%-a fekete holstein-fríz, 19%-a vörös holstein-fríz,

31%-a pedig magyartarka. A nyári időszakban, mely május 10-től október 15-ig tart az állatok főként legelőfüvet fogyasztottak, de szükség szerint kaptak abrakot is. Télen az állatok lucernát és réti szénát kaptak takarmányként. A sajtáros fejést követően az egyenlősített elegytejből mindhárom fajta esetében, 3-3 tehéntől vettünk mintegy 100 cm³ tej mintát, melyet hideg vízben azonnal lehűtöttünk, majd -25 C^o-on tároltuk a laboratóriumba történő szállításig. A mintákat ezt követően egyszerre olvasztottuk fel, egyszerre készítettük elő analízisre, és a zsírsavösszetételt, illetve a KLS-tartalmat egymást követően határoztuk meg a Kaposvári Egyetem Állattudományi Kar Kémiai Intézetében. A zsírsavösszetétel meghatározását, a módszer adaptálása érdekében a Csíkszeredai Sapientia EMTE Élelmiszer-tudományi tanszékének Műszeres Analitikai laboratóriumában is megismételtük.

A zsírsavösszetétel és a KLS-tartalom meghatározásának rövid leírása

A teizsír zsírsavösszetételének 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 lehült, 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. Négy cm³ nátrium-szulfáton szárított hexánt adunk hozzá, egy percig forraljuk, majd lehűtjük. Lehülés 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 gázkromatográfba.

A gázkromatográfiás analízis körülményei

Készülék: *Chrompack CP 9000* gázkromatográf

Kolonna: 100 mx0,25 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 standardot használtuk: „37 component FAME

Mix", melynek gyártója és forgalmazója a Supelco cég.

A tejsír konjugáltlinolsav-tartalmának meghatározása

Lipid-extrakció

Bemérünk annyi tejet, amely kb. 0,3 g zsírt tartalmaz 100 cm³ -es főzőpohárba, majd 80 cm³ szerves oldószer-elegyet (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 átmoszuk, 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 gömblombikba, majd rotációs gyorsbepárlón vákuum alatt 80°C-on bepároljuk. A bepárlási maradékot n-hexánnal 10 cm³ -es mérőlombikba 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 mérőlombikba teszünk, majd a vizes fázishoz 1,2 cm³ hexánt adunk, összerázzuk, majd 1 cm³ hexános fázist a mérőlombikba viszünk át. A hexános extrakciót a fentén kívül még kétszer megismételjük, az utolsó hexános fázis elvételenél lehetőség szerint a teljes felső fázist eltávolítjuk, majd a lombikot jelre töltjük, és az így kapott oldatot csavaros tetejű fiolában mélyhűtve tároljuk az analízis megkezdéséig.

Kromatográfias körülmények

Hőmérséklet-program: kolonna 140°C, 10 percig, 50°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 kalibráció 5 sor készítésére alkalmas bármely gyártó által forgalomba hozott konjugált linolsav-készítmény (pl. a Sigma cég által forgalmazott konjugált linolsav-elegy).

4. Eredmények

Az *1. táblázat* a fekete-tarka holstein-fríz, a *2. táblázat* a magyartarka, a *3. táblázat* pedig a vöröstarka holstein-fríz tejének összetételét, illetve KLS-tartalmát tartalmazza. A KLS-izomerek közül a *cisz9,transz11-C18:2* izomerre koncentráltunk, hisz ez fordul elő legnagyobb mennyiségben tejsírban, és ennek egészségvédő hatásáról számoltak be a szakirodalomban. A táblázatok adataiból szerkesztett ábrák közül az *1.* a kaprilsav és kaprinsav, a *2.* a vajsav és a kapronsav, a *3.* a palmitinsav és az olaj sav, a *4.* a linolsav és a linolénsav, az *5.* pedig a KLS-koncentrációjának változását mutatja a márciustól februárig terjedő időszakban. A zsírsavakat a koncentrációk alapján csoportosítva ábrázoltuk. Az ábrákon a vékony vonalak a különböző genotípusok tejsírjának zsírsavösszetételét, a folyamatos vastag vonal, pedig a fajták átlagát mutatja. Mivel anyagi lehetőségeink behatárolták az elvégzett vizsgálatok számát, ezért mintavételenként és fajtánként háromnál több analízisre nem volt lehetőségünk. E három analízis átlagát tartalmazzák a táblázatok, illetve az ábrák, a csekély mintaszám miatt azonban szórásokat nem számoltunk, statisztikai analízist nem végeztünk.

Zsír-sav-metilészter	Márc.	Ápr.	Máj.	Jún.	Júl.	Aug.	Szept.	Okt.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.
Vajsav C4	3,7	3,6	3,4	3,2	2,9	2,8	2,7	3,0	3,2	3,7	3,6	3,5
Kaprónsav C6	2,5	2,5	2,3	2,2	2,1	2,1	2,2	2,4	2,4	2,4	2,5	2,6
Kaprilsav C8	1,6	1,5	1,3	1,2	1,1	1,0	1,0	1,2	1,3	1,4	1,5	1,5
Kaprinsav C10	2,7	2,7	2,5	2,4	2,3	2,2	2,2	2,4	2,5	2,6	2,6	2,6
Laurinsav C12	3,4	3,2	3,4	3,4	3,3	3,3	3,4	3,5	3,4	3,5	3,5	3,4
Mirisztinsav C14	11,1	11,2	10,9	10,9	11,0	11,0	11,2	11,4	11,4	11,5	11,7	11,7
Mirisztolajsav C14:1	1,4	1,5	1,5	1,3	1,5	1,4	1,5	1,6	1,5	1,6	1,6	1,6
Pentadekánsav C15	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	28,6	28,4	28,4	28,2	28,1	28,2	28,3	28,6	28,8	28,7	28,8	28,8
Palmitolajsav C16:1	2,6	2,4	2,5	2,5	2,4	2,3	2,4	2,5	2,6	2,6	2,6	2,6
Margarinsav C17	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	10,6	10,7	10,6	10,6	10,4	10,4	10,5	10,5	10,6	10,7	10,7	10,8
Olajsav C18:1	25,8	25,7	26,2	26,5	26,6	26,7	26,6	25,7	25,6	25,0	24,9	25,0
Linolsav C18:2	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	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 cisz9,trans11-C18:2	0,8	0,9	1,0	1,1	1,3	1,4	1,2	1,0	0,8	0,8	0,8	0,8
Összeg	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

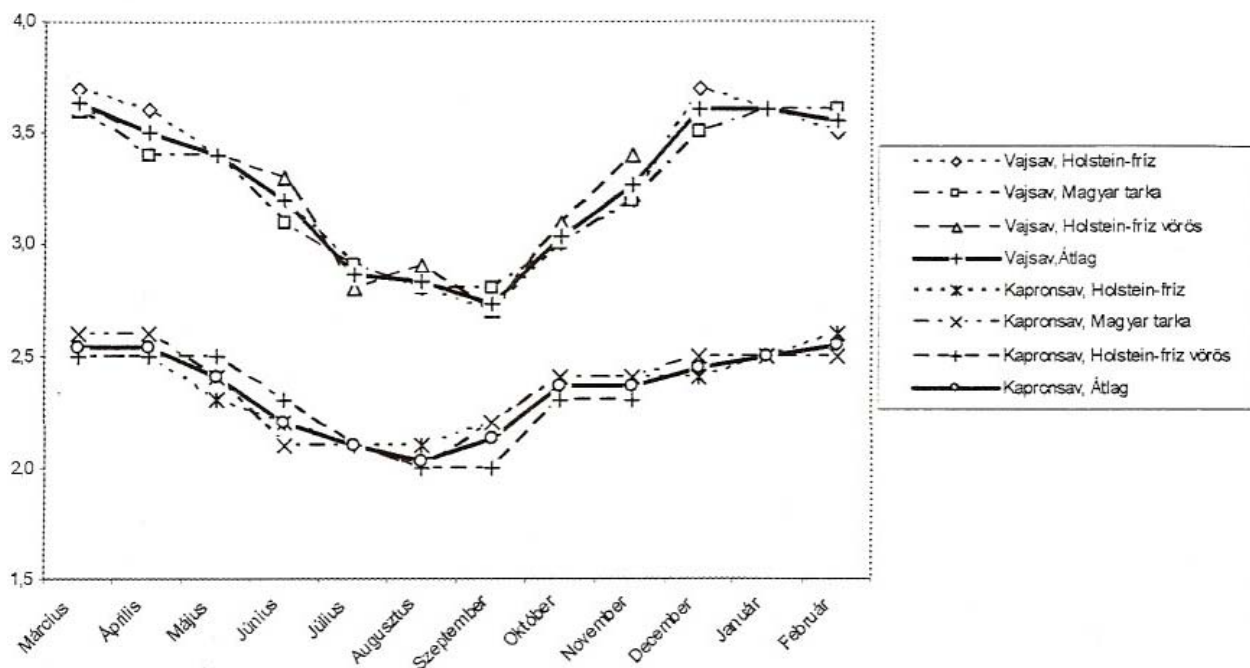
1. táblázat. A feketetarka Holstein-fríz tejszírnájának zsírsavösszetétele a zsírsav-metilészterek relatív tömegszázalékában

Zsír-sav-metilészter	Márc.	Ápr.	Máj.	Jún.	Júl.	Aug.	Szept.	Okt.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.
Vajsav C4	3,6	3,4	3,4	3,1	2,9	2,8	2,8	3,0	3,2	3,5	3,6	3,6
Kaprónsav C6	2,6	2,6	2,4	2,1	2,1	2,0	2,2	2,4	2,4	2,5	2,5	2,5
Kaprilsav C8	1,5	1,6	1,4	1,2	1,2	1,1	1,1	1,1	1,3	1,5	1,6	1,6
Kaprinsav C10	2,7	2,7	2,5	2,4	2,2	2,1	2,1	2,4	2,5	2,7	2,7	2,7
Laurinsav C12	3,4	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,3	3,3	3,2	3,3	3,3	3,4
Mirisztinsav C14	11,0	10,9	11,0	11,1	11,0	11,0	11,0	11,4	11,5	11,5	11,6	11,4
Mirisztolajsav C14:1	1,3	1,2	1,4	1,4	1,3	1,4	1,4	1,5	1,5	1,6	1,6	1,5
Pentadekánsav C15	1,3	1,3	1,2	1,3	1,3	1,2	1,1	1,3	1,3	1,2	1,3	1,4
Palmitinsav C16	28,7	28,7	28,7	28,3	27,9	28,0	28,3	28,7	28,9	29,0	28,9	28,8
Palmitolajsav C16:1	2,6	2,4	2,5	2,6	2,7	2,6	2,5	2,7	2,6	2,5	2,5	2,6
Margarinsav C17	1,0	1,1	1,0	1,1	1,0	1,0	1,3	1,1	1,2	1,5	1,4	1,2
Sztearinsav C18	10,6	10,5	10,6	10,6	10,8	10,6	10,7	10,6	10,6	10,6	10,8	10,8
Olajsav C18:1	25,8	25,8	26,0	26,2	26,4	26,8	26,7	25,6	25,6	25,1	24,8	25,1
Linolsav C18:2	2,0	2,4	2,2	2,9	3,1	3,3	2,8	2,6	2,3	1,8	1,7	1,7
Linolénsav C18:3	0,9	1,2	1,4	1,3	1,6	1,6	1,5	1,4	1,1	1,0	0,9	0,9
KLS cisz9,trans11-C18:2	1,0	1,0	1,1	1,2	1,3	1,3	1,2	0,9	0,8	0,7	0,8	0,8
Összeg	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

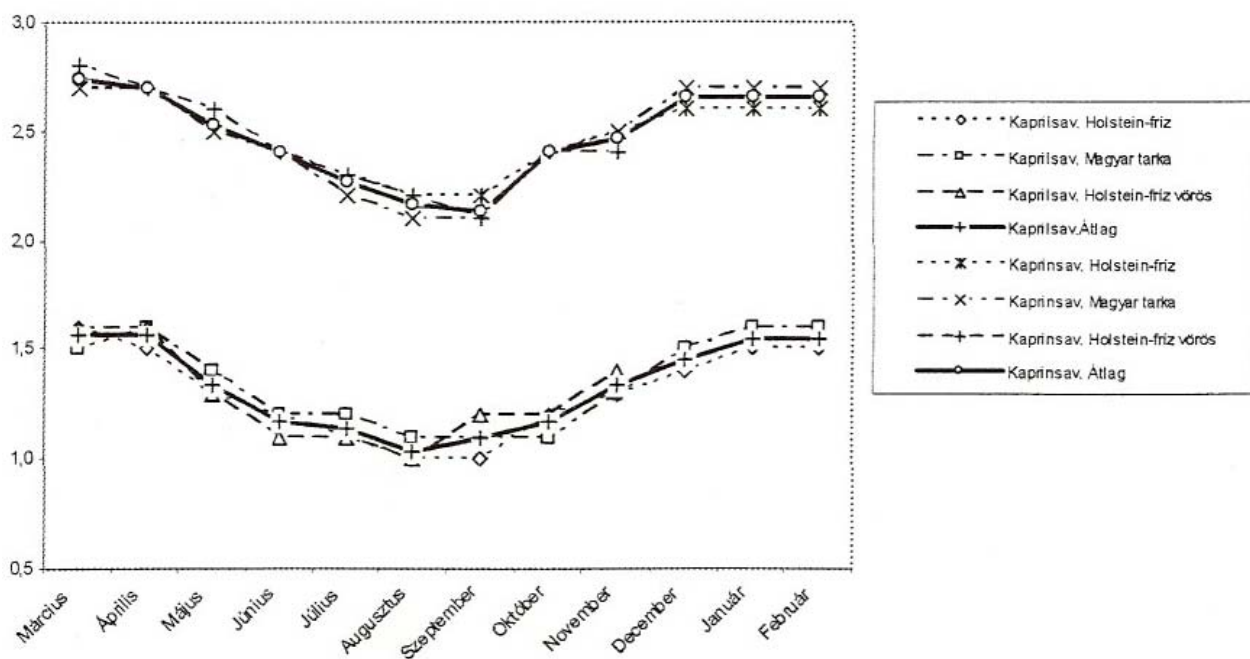
2. táblázat. A magyartarka tejszírnájának zsírsavösszetétele a zsírsav-metilészterek relatív tömegszázalékában

Zsír-sav-metilészter	Márc.	Ápr.	Máj.	Jún.	Júl.	Aug.	Szept.	Okt.	Nov.
Vajsav C4	3,6	3,5	3,4	3,3	2,8	2,9	2,7	3,1	3,4
Kaprónsav C6	2,5	2,5	2,5	2,3	2,1	2,0	2,0	2,3	2,3
Kaprilsav C8	1,6	1,6	1,3	1,1	1,1	1,0	1,2	1,2	1,4
Kaprinsav C10	2,8	2,7	2,6	2,4	2,3	2,2	2,1	2,4	2,4
Laurinsav C12	3,3	3,3	3,5	3,3	3,3	3,2	3,2	3,2	3,3
Mirisztinsav C14	10,9	10,8	10,7	10,9	10,9	11,0	11,3	11,3	11,4
Mirisztolajsav C14:1	1,5	1,5	1,6	1,4	1,4	1,5	1,6	1,7	1,7
Pentadekánsav C15	1,2	1,2	1,2	1,2	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2
Palmitinsav C16	28,8	28,8	28,6	28,2	28,1	28,2	28,5	28,5	28,7
Palmitolajsav C16:1	2,7	2,6	2,7	2,6	2,7	2,3	2,6	2,5	2,5
Margarinsav C17	1,1	1,3	1,1	1,2	1,1	1,1	1,2	1,3	1,3
Sztearinsav C18	10,4	10,3	10,5	10,5	10,6	10,5	10,4	10,5	10,7
Olajsav C18:1	25,6	25,6	25,8	26,3	26,5	26,7	26,6	25,9	25,5
Linolsav C18:2	2,1	2,2	2,2	2,6	3,1	3,2	2,9	2,7	2,3
Linolénsav C18:3	1,0	1,0	1,2	1,4	1,5	1,6	1,4	1,3	1,3
KLS cisz9,trans11-C18:2	0,9	1,1	1,1	1,3	1,2	1,4	1,1	0,9	0,7
Összeg	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

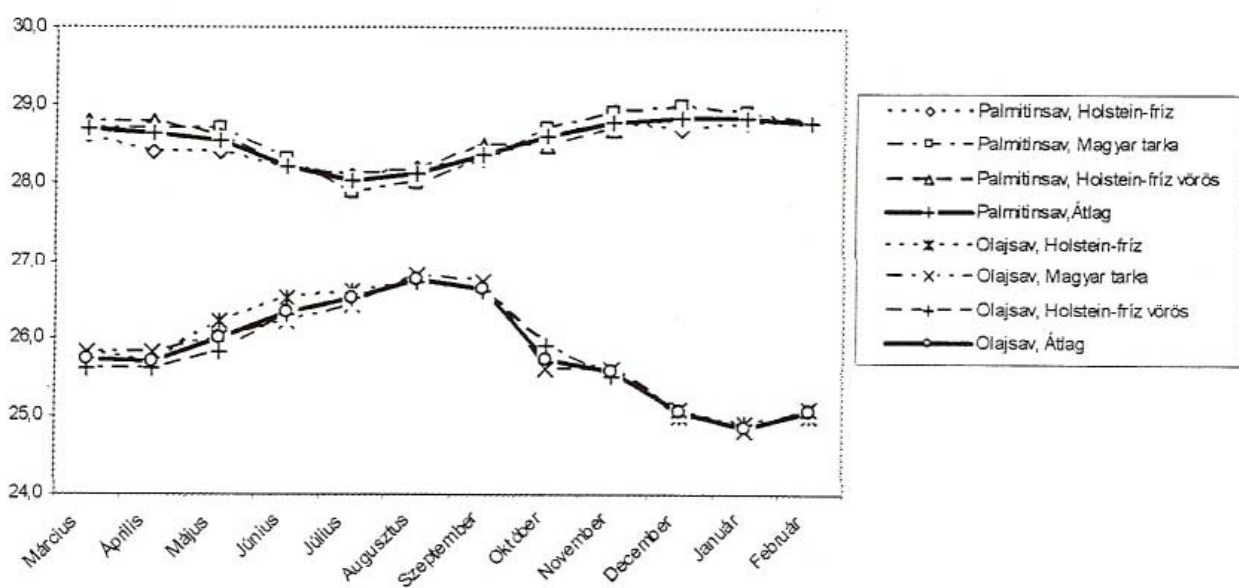
3.táblázat. A vöröstarka Holstein-fríz tejszírjának zsírsavösszetétele a zsírsav-metilészterek relatív tömegszázalékában



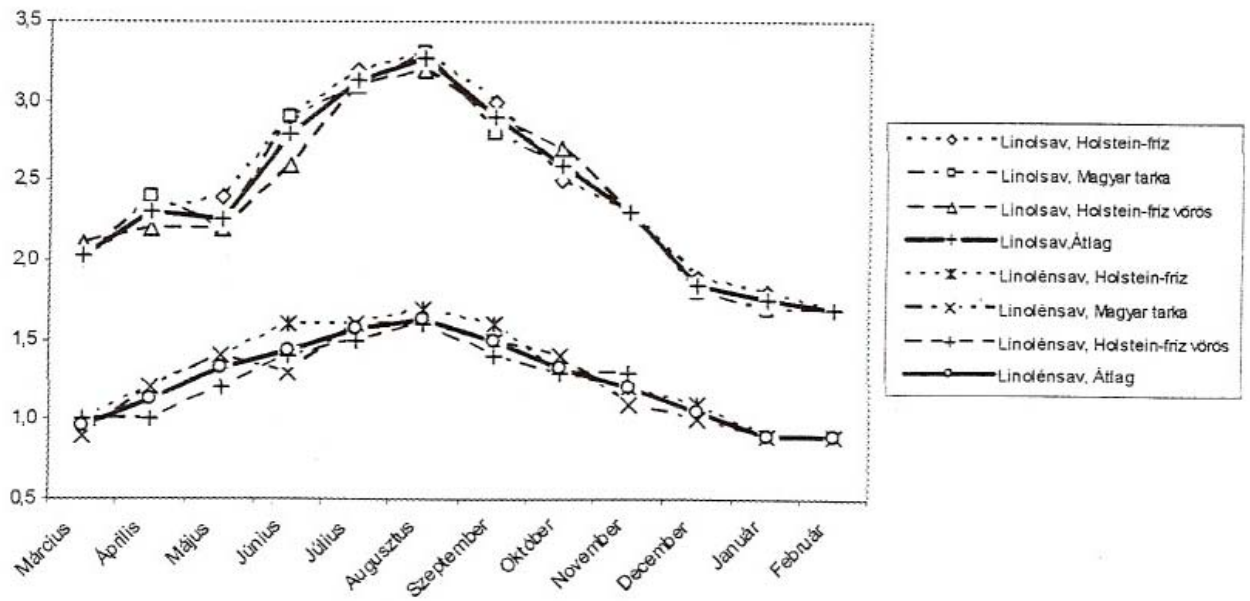
1. ábra. A tejszír vajsav- és kaprónsav-tartalmának alakulása az évszakok szerint a zsírsav-metilészterek relatív tömegszázalékában



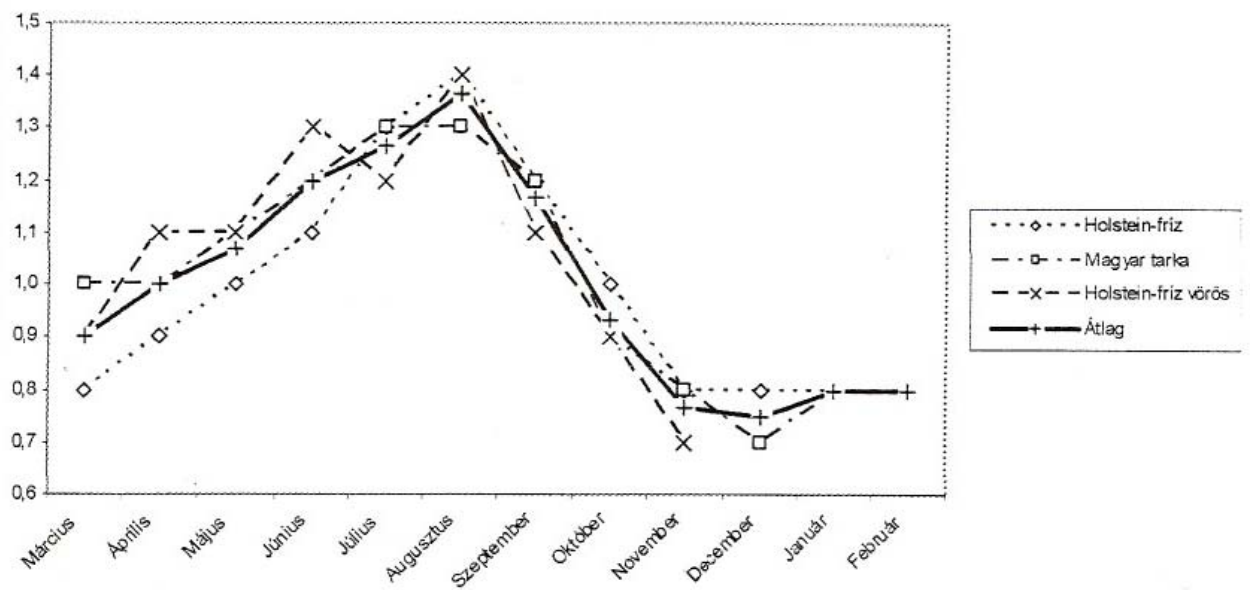
2. ábra. A tejsír kaprilsav- és kaprinsav-tartalmának alakulása az évszakok szerint a zsírsav-metilészterek relatív tömegszázalékában



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



4. ábra. A tejsír linolsav- és linolénsav-tartalmának alakulása az évszakok szerint a zsírsav-metilészterek relatív tömegszázalékában



5. ábra. A tejsír konjugáltlinolsav-tartalmának alakulása az évszakok szerint a zsírsav-metilészterek relatív tömegszázalékában

A táblázatok, illetve az ábrák adatait összehasonlítva megállapítható, hogy a három vizsgált szarvasmarhafajta tejsírájának zsírsavösszetétele szinte teljes mértékben megegyezik, és az évszakok szerinti tendencia is mindegyik fajtánál ugyanaz. 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 változásával függhet össze. A szórások abszolút értéke azonban itt sem nagyobb, mint a többi zsírsavösszetétel meghatározásnál, 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 éri el. A kapronsav minimális értékét - 2,1%-ot - augusztusban, maximális értékét - 2,5-2,6%-ot- pedig január és április között éri el. A kaprilsavminimális 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 tejsírájában. Minimális értéket július és szeptember között éri el 1,1-1,2%-kal, maximumát pedig január és április között mutatja 1,6%-kal.

A tejsírban 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.

A KLS-tartalom maximális értékét augusztusban éri el, mely a fajták átlagában 1,35%-nak felel meg. Június és szeptember között mindegyik fajta tejsírjának KLS-tartalma meghaladja az 1,2%-ot, mely érték az őszi hónapokban rohamosan csökken a téli hónapokban mért 0,75-0,80%-ra.

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 legelő füvet, télen pedig szénát fogyasztottak - a magasabb KLS-szint a nyári tejben valószínűleg a nyári legelőfü magasabb KLS-tartalmával, és a napfény ultraibolya sugarainak hatásával magyarázható.

Statisztikai analízis nélkül eredményeinket csak figyelem felkeltőnek szánjuk. A továbbiakban több egyedben szeretnénk kísérleteinket megismételni, esetleg több egyedet reprezentáló elegytejet elemezni, hogy statisztikai analízissel is bizonyítani tudjuk a fajták illetve évszakok közti azonosságokat és különbségeket. Szeretnénk mérni a takarmány zsírsavösszetételét, ugyanis feltételezésünk szerint a legelőfü több konjugált linolsav prekuzort tartalmaz, mint a tartósított takarmány illetve az abrak, és szeretnénk összefüggést találni a takarmány zsírsavösszetétele és a tejsír konjugált linolsav tartalma között.

Köszönetnyilvánítás

Köszönetemet szeretném kifejezni a Kaposvári Egyetem Kémiai Intézet munkaközösségének, akiknek a segítségével sikerült ezt a kutatást megvalósítani.

5. Irodalom

- [1] Banks, W., Clapperton, J.L., Kelly, M.E., Wilson, A.G., Crawford, R.J.M., J., *Sci. Food Agric.*, 31. 368-374 (1980)
- [2] Bauman, D.E., Barbano, D.M., Dwyer, D.A., Griinari, J.M., *J. Dairy Sci.*, 2000. 83.2422-2425 (2000)
- [3] Booth, R.G., Kon, S.K., *J. Biochem.*, 29. 133-137 (1935).
- [4] Christie, W.W., Dobson, G., Gunstone, F.D., *J. Nutr.*, 124. 694-701 (1997).
- [5] Csapó J., *Biokémia. Scientia Kiadó, Kolozsvár*, 95-100 (2004)
- [6] Csapó J., Csapóné K.Zs., *Tej és tejtermékek a táplálkozásban. Mezőgazda Kiadó, Budapest*, 252-254 (2002)
- [7] Dhiman, T.R., Anand, G.R., Satter, L.D., Pariza, M.W., Dietary effects on conjugated linoleic acid content of cow's milk. 87th AOCS Annual Meeting and Expo, USA (1996)
- [8] Ha, Y. L., Grimm, N.K., Pariza, M.W., Anticarcinogens from fried ground beef: Heat-altered derivatives of linoleic acid. *Carcinogenesis*, 1881-1887 (1987)
- [9] Jahreis, G., Fritsche, J., Steinhart, H., *Nutr. Res.*, 17.1479-1484 (1997)
- [10] Jiang, J., Björck, L., Fondén, R., Doctoral thesis (1998)
- [11] Kepler, C.R., Tove, S.B., *J. Biol. Chem.*, 241. 1351-1354 (1967)
- [12] Kepler, C.R., Tucker, W.P., Tove, S.B., *J. Biol. Chem.*, 246. 2765-2771 (1971)
- [13] Lee, K.N., Kritchevsky, D., Pariza, M.W., Conjugated linoleic acid and atherosclerosis in rabbits. *Atherosclerosis*, 108. 19-25 (1994)
- [14] Padley, F.B., Gunstone, F. D., Harwood, J.L., Occurrence and characteristic of oils and fats. *The lipid Handbook*. (Eds. Gunstone, F. D., Harwood, J.L., Padley, F.B.) Chapman & Hall, London, 51 pp (1994)
- [15] Parodi, P.W., *Journal of Dairy Technology*, 49. 93-97 (1994)
- [16] Precht, D., Molkenin, J., *Milchwissenschaft*, 55. 12. 687-691 (2000)
- [17] Riel, R.R., *J. Dairy Sci.*, 46. 102-106 (1963)