

DOKTORI (Ph.D.) ÉRTEKEZÉS

KÁRNYÁCZKI ZSUZSANNA

DEBRECEN

2020.

DEBRECENI EGYETEM
ÁLLATTENYÉSZTÉSI TUDOMÁNYOK DOKTORI ISKOLA

Doktori Iskola vezető:

DR. KOMLÓSI ISTVÁN

egyetemi tanár
az MTA doktora

Témavezetők:

Dr. Béri Béla C.Sc.

egyetemi docens

Dr. Fenyvessy József C.Sc.

professor emeritus

**FUNKCIONÁLIS TEJTERMÉKEK KIFEJLESZTÉSÉNEK
LEHETŐSÉGEI**

Készítette:

KÁRNYÁ CZKI ZSUZSANNA

doktorjelölt

Debrecen

2020.

FUNKCIONÁLIS TEJTERMÉKEK KIFEJLESZTÉSÉNEK LEHETŐSÉGEI

**Értekezés a doktori (Ph.D.) fokozat megszerzése érdekében
az állattenyésztési tudományok tudományágban**

Írta: Kárnyáczki Zsuzsanna
oklevelesélelmiszer minőségbiztosító agrármérnök

Készült a Debreceni Egyetem Állattenyésztési Tudományok Doktori Iskola
(Kérődzők – Állatitermék-előállítás doktori programja) keretében

Témavezető(k): Dr. Béri Béla egyetemi docens, C.Sc.
Dr. Fenyvessy József professor emeritus, C.Sc.

A doktori szigorlati bizottság:

Elnök: Dr. Nagy Géza egyetemi tanár, C.Sc.
Tagok: Dr. Szabó Ferenc egyetemi tanár, D.Sc.
Dr. Csanádi József egyetemi docens, Ph.D.

A doktori szigorlat időpontja: 2013. június 20.

Az értekezés bírálói:

név	fokozat	aláírás
.....		
.....		

A bírálóbizottság:

	név	fokozat	aláírás
elnök:			
tagok:			
			
titkár:			

Az értekezés védésének időpontja: 20.... ..

Tartalomjegyzék

1.Bevezetés.....	6
2. Irodalmi áttekintés.....	9
2.1. A táplálkozás és az egészségügyi állapot közti néhány összefüggés.....	9
2.1.1.A magyar lakosság egészségügyi állapota	9
2.1.2.A laktózérzékenység és a laktózintolerancia.....	12
2.1.3A laktózérzékenység veszélyei.....	15
2.1.4 Laktózmentes tejtermékek előállítása.....	15
2.2.A savanyú tejtermékek gyártása során végbemenő változások.....	18
2.2.1 Beltartalmi változások.....	18
2.2.2 Kolloidkémiai folyamatok.....	19
2.2.3 Az alvadékkialakulásának folyamata.....	20
2.3.A szabadgyökök, antioxidánsok, zsírok szerepe a táplálkozásban és az egészség megőrzésében.....	23
2.3.1. A szabadgyökök képződése és káros hatásai.....	23
2.3.2 Az antioxidánsok jelentősége.....	24
2.3.2.1 Az E-vitamin szerepe a szervezetben	25
2.3.2.2A szelén szerepe a szervezetben.....	28
2.3.3 A zsírok szerepe a táplálkozásban	32
2.4. Az élelmiszerfejlesztés gazdasági vonatkozásai.....	38
2.5. A funkcionális élelmiszerek fogalma, hazai és nemzetközi helyzete.....	40
2.5.1. A funkcionális élelmiszer fogalma.....	40
2.5.2. A funkcionális élelmiszerek forgalomba hozatala.....	41
2.5.3. A funkcionális élelmiszerek piaci forgalma.....	42
2.5.4. Funkcionális élelmiszerek Magyarországon.....	43
3. Anyag és módszer.....	45
3.1. A kísérletekhez felhasznált tej	45
3.2 A kísérleti termékek gyártása.....	46
3.2.1 A joghurt készítése.....	46
3.2.2 A sajt készítése.....	47
3.3. Beltartalmi vizsgálatok.....	47
3.4. Műszeres állományvizsgálat.....	50
3.5. A savóeresztés mérése.....	51
3.6. A kísérleti termékek érzékszervi bírálata.....	51
3.7. Matematikai, statisztikai értékelés.....	52
4. Eredmények	54
4.1. A feldolgozás hatása az antioxidánssal történő takarmánykiegészítésből származó tejnél.....	54

4.1.1.A vitamintartalom változása a feldolgozás hatására	54
4.1.2.A szeléntartalom változása a feldolgozás hatására.....	60
4.1.3 Az érzékszervi vizsgálatok eredményei az antioxidánssal történő takarmánykiegészítésből származó tejből készített termékeknél.....	65
4.2. Zsírösszetétel vizsgálat a kísérleti termékekben.....	67
4.2.1.A repcével történő takarmány kiegészítésből származó tej zsírösszetételének változása a feldolgozás hatására.....	68
4.2.2.A napraforgóval történő takarmány kiegészítésből származó tej zsírösszetételének változása a feldolgozás hatására.....	71
4.2.3. A takarmány repcével és napraforgóval történő kiegészítés hatása a tejtermékekre.....	74
4.2.4. Az érzékszervi vizsgálatok eredményei a takarmány repcével és napraforgóval történő kiegészítésből származó tejből készített termékeknél.....	79
4.3. A laktózmentes joghurtok vizsgálati eredményei.....	81
4.3.1. Az alvadási idő alakulása.....	81
4.3.2. A műszeres állományvizsgálatok eredményei.....	82
4.3.3. A savóeresztés vizsgálata.....	84
4.3.4. A laktózmentes joghurtok érzékszervi vizsgálatának az eredményei.....	86
5. Következtetések.....	87
5.1. Az E-vitamin és szelén kiegészítés hatása a termékekre.....	87
5.2. Zsírösszetétel vizsgálat a kísérleti termékekben.....	88
5.3. A laktózmentes joghurtok vizsgálati eredményei.....	90
6. Új tudományos eredmények.....	93
7. Gyakorlatban alkalmazható eredmények.....	94
8. Összefoglalás	95
9. Summary.....	99
10.Irodalomjegyzék.....	103
11.Megjelent saját tudományos közlemények.....	117

12. Mellékletek.....	119
13. Köszönetnyilvánítás.....	122

Bevezetés

A mindennapokban egyre több olyan inger éri az emberi szervezetet, mely igénybe veszi és leterheli az immunrendszert. Egyre több a civilizációs ártalom: a kimerültség, a stressz, a szmog, a gyorsételekben lévő ízfokozók és adalékanyagok, a túlhajszoltság miatti rendszertelen, helytelen táplálkozás és a mozgásszegény életmód. Ezek hatására legyengül az immunrendszer és egyre több embernél alakulnak ki allergiás reakciók bizonyos anyagokkal szemben, szív és érrendszeri betegségek valamint emésztési rendellenességek. Ezeket a betegségeket, melyeket az életmóddal és táplálkozási szokásokkal hoznak összefüggésbe, összefoglaló néven civilizációs betegségek nevezik. A civilizációs betegségek, mivel táplálkozásból és életmódból is adódnak, így gondos odafigyeléssel megelőzhetők. Éppen ezért, napjainkban egyre több tudományos publikáció, újságcikk, televíziós műsor foglalkozik az egészségmegőrzéssel, a különböző betegségek alternatív kezelésével és az immunrendszer támogatásának, megerősítésének a fontosságával, amelyben élelmiszereink is szerepet kaphatnak, és kell, hogy kapjanak.

Táplálkozás szempontjából lehetőséget nyújtanak a megelőzésre a táplálék kiegészítők és vitaminok, de az igazi megoldást csak a minőségi élelmiszerek fogyasztásával és a változatos étrenddel lehet elérni. Egyre több fórumon lehet tájékozódni az élelmiszerek funkciójáról, a szervezetben betöltött szerepéről továbbá arról, hogy milyen alternatív lehetőségek vannak az egyes betegségek megelőzésére vagy a már kialakult betegség kezelésére.

Kutatási eredmények igazolják, hogy egy-egy élelmiszer táplálkozási értékét és egészségre gyakorolt jótékony hatását növelni lehet. Az élelmiszertudomány és az élelmiszeripar dinamikus fejlődése révén egy-egy termék széles választéka elérhető. A trendeknek és a fogyasztói elvárásoknak megfelelően elérhetők pl. teljes kiőrlésű gabonából készült termékek, a csökkentett és a cukormentes élelmiszerek, a rost-dús és zsírszegény termékek, a vitaminnal és ásványi anyagokkal dúsított élelmiszerek, stb. Ezek a termékek valamely tulajdonságukat tekintve másnak, többnek számítanak a velük hasonló kategóriában lévő hagyományos élelmiszerekkel szemben. Bizonyos kritériumok teljesítése esetén az ilyen élelmiszereket funkcionális élelmiszereknek nevezhetjük.

A funkcionális élelmiszerek először Japánban jelentek meg az 1900-as években az akkori kormány támogatásával. Tervezett és tudatos volt az élelmiszerfejlesztés, mivel

az akkori egészségügyi ellátások költségeit kívánták csökkenteni azáltal, hogy ilyen termékek fogyasztásával betegségeket előzzenek meg a lakosság körében. A funkcionális élelmiszerekben rejlő egészségügyi és piaci lehetőségek technológiai és termék fejlesztések sorát indította el az élelmiszerpiacon.

Az élelmiszergyártók a folyamatos innovációval törekednek arra, hogy az állati és növényi eredetű termékekben egyaránt biztosítsanak egy olyan egészségügyi értéket, mely a hasonló kategóriában lévő termékeknek nincs.

A tej önmagában és feldolgozva is értékes táplálék, értékes alapanyag. Kevés olyan élelmiszer van, melyet feldolgozva olyan széles választékban lehet kínálni, mint a tejet. Mivel a tejben lévő anyagok igazoltan értékesek és hasznosak az emberi szervezet számára, így mint funkcionális élelmiszer alapanyag is kiválóan alkalmazható.

A tejtermékek közül talán a savanyú tejtermékek rendelkeznek a legtöbb élettani előnnyel, éppen ezért többen is végeztek termékfejlesztési kísérleteket vitamin, ásványi anyag és rost dúsításával (pl. prebiotikum), és probiotikumok hozzáadásával, vagy azok starterként történő alkalmazásával, azzal a céllal, hogy funkcionális élelmiszert állítsanak elő. A funkcionális élelmiszerek fejlesztésének másik módja lehet a termék egy-egy nem kívánatos komponensének kiváltása, például zsír helyettesítése maltodextrinnel, inulinnal, vagy a zsírsavösszetétel ideálisabbá tétele különböző olajok gyártásközi felhasználásával. A dúsítás során felhasznált anyagok sokszor szintetikusak, nem természetes eredetűek. Biztonságosabb és elfogadottabb út az előnyös élettani hatások növelése biológiai úton, pl. a tejelő állatok takarmányozásán keresztül. Kísérleteinkben főként ezt az utat választottuk. Vizsgáltuk, hogy egyes olajos magvak etetése milyen hatással van a tej zsírsavösszetételére, továbbá az E-vitamin és szelén szükséglet fedezése, tejtermékekkel, mint alapvető élelmiszerekkel oldható meg.

A funkcionális élelmiszerek legtöbbje tejipari termék. Azonban a tej és tejtermékek élettani előnyei elvesznek azok számára, akik érzékenyek vagy intoleránsak a laktózzal szemben. Nem csak a magyar lakosság körében, világviszonylatban is nő a laktózérzékenyek, laktózintoleránsok száma, így egyre több technológiai fejlesztés irányul arra, hogy a tejből és a termékből különböző úton eltávolítsák vagy lebontsák a tejcukrot. A laktózmentes termékek érzékszervi jellemzésénél minden esetben jegyzik az édesebb ízt, de a fogyasztók számára is kritikus jellemzőt, a termék állománytulajdonságait illetve annak változását kevés irodalom elemzi. A tejtermék állaga, szerkezete, és annak stabilitása azonban nem csak a termékgyártás és

termékminőség szempontjából kritikus tényező, a fogyasztók is komoly elvárásokat támasztanak ezzel szemben. Ebből adódóan minden, a terméket jellemző információval kapcsolatos információ szervesen hozzájárul a minőségi és versenyképes termékfejlesztéshez és termékgyártáshoz.

A munkánk során kerestük a lehetőséget olyan funkcionális élelmiszer kifejlesztésére, mely segíthet a napi vitamin és szelénszükséglet fedezésében, illetve olyan funkcionális élelmiszer előállítására, melyben az étlettanilag kedvező zsírsavak nagyobb aránya megőrizhető. Viszonylag kevés olyan irodalom áll rendelkezésre, mely a természetes úton, takarmányozáson keresztül sikeresen módosított összetételű tejet a termékgyártás végéig részletezi és végigköveti. Tapasztalatainkkal és eredményeinkkel a termékgyártás irodalmának ezt a részét szeretnénk bővíteni.

Kísérleteinkben továbbá választ kerestünk arra, hogy funkcionális élelmiszer előállítására a laktózbontás, mint technológiai lépés milyen lehetőségeket kínál. Vizsgáltuk a laktózmentes joghurtok állománytulajdonságait, az alvadékszilárdságát és savóeresztés mértékét.

2. Irodalmi áttekintés

2.1 A táplálkozás és az egészségügyi állapot közti néhány összefüggés

2.1.1 A magyar lakosság egészségügyi állapota

Magyarország lakosságának a 42,7%-a súlyproblémákkal küszködik, mely főleg a helytelen étkezés és a mozgásszegény életmódból párosából adódik. A születéskor várható élettartam hazánkban a KSH adatai szerint 2017-ben férfiaknál 72,4 év, míg nőknél 79,0 év volt. Ezek az értékek messze elmaradnak az EU átlagától.

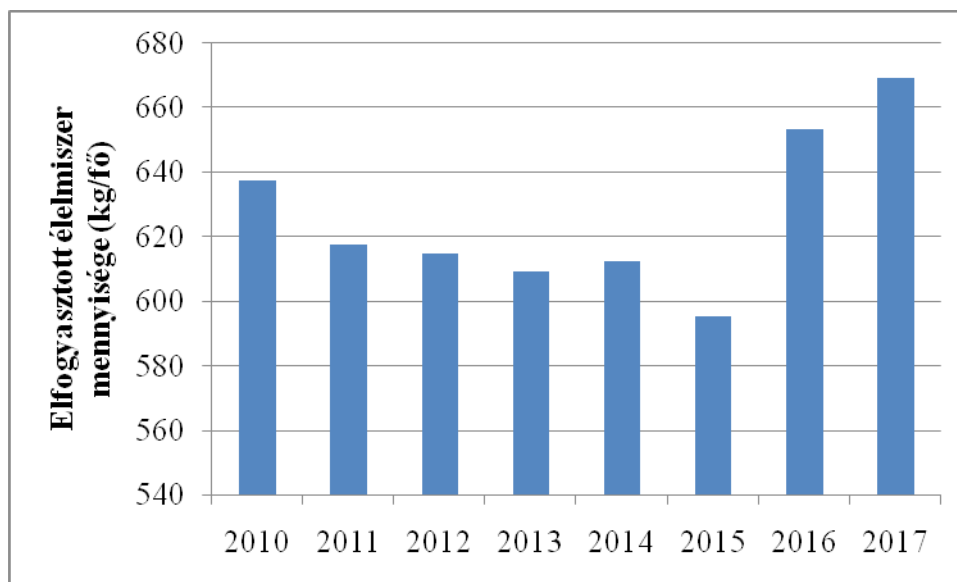
1. táblázat:A főbb halálozási okok Magyarországon (%)

Forrás: KSH adatok (2019)

Év	Halálozás főbb okok szerint						Összesen
	daganatok	keringési rendszer betegségei	légzőrendszer betegségei	emésztőrendszer betegségei	fertőzés okozta betegségek	egyéb	
2010	25,4	50,5	4,8	6,0	0,3	13,0	100,0
2011	25,8	49,9	5,1	5,7	0,4	13,1	100,0
2012	25,1	49,9	5,2	5,3	0,7	12,8	100,0
2013	26,2	49,7	5,5	5,0	0,7	12,8	100,0
2014	26,5	49,3	5,5	5,1	0,6	12,48	100,0
2015	25,3	49,7	6,5	4,8	0,6	13,1	100,0
2016	26,5	49,5	5,7	4,9	0,5	12,9	100,0
2017	25,5	49,8	6,2	4,8	0,6	13,1	100,0
2018	25,4	49,4	6,2	5,0	0,6	13,58	100,0

A rossz táplálkozási szokások igazoltan összefüggésben vannak az egészségügyi problémák nagy részével. Magyarországon a keringési rendszer megbetegedései és a rosszindulatú daganatos betegségek a felelősek a halálozások több mint 70 százalékáért (1.táblázat). Mivel ezek a betegségek nagy része életmódból és táplálkozásból adódik, így javasolt arra fokozott figyelmet fordítani.

Az élelmiszer fogyasztásának ez egyik legkifejezőbb mutatója az elfogyasztott élelmiszer mennyisége (1. ábra). 2017-ben az egy főre eső élelmiszerfogyasztás 669,8 kg volt, ami napi 1,8 kg mennyiséget jelent. Ez az előző évekhez viszonyítva jelentős emelkedés, hisz pl 2015-ben ez az érték napi 1,6 kg volt.



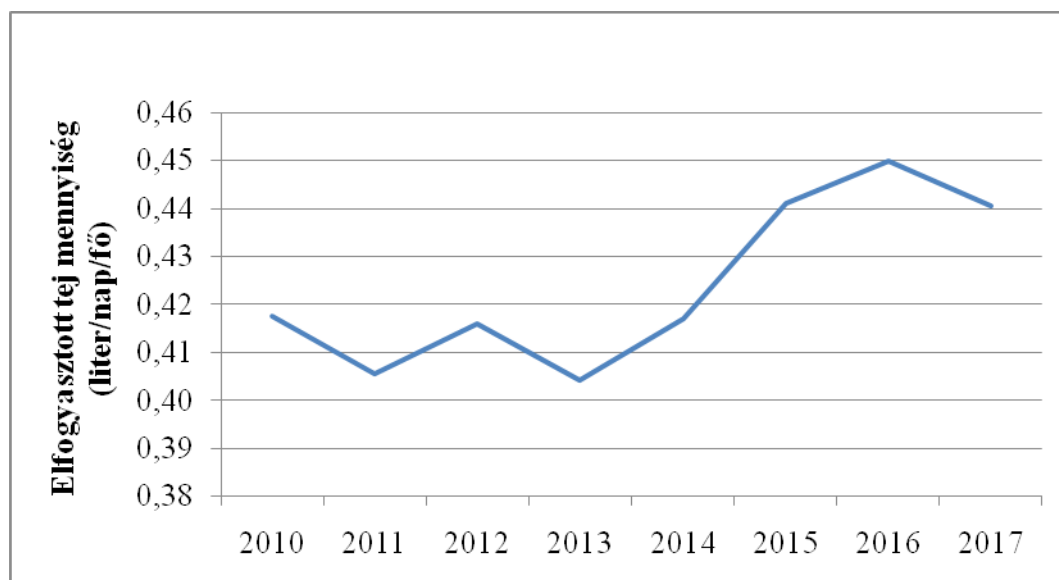
1. ábra: Az elfogyasztott élelmiszerek mennyisége Magyarországon (Forrás: KSH adatok, 2018)

Az elfogyasztott élelmiszer sok esetben kifogásolható minőségű és kevésbé választékos. A szakértők a változatos étrendet és a napi többszöri étkezést javasolják. Érdeemes odafigyelnünk a zsírbevitelre, a telített és telítetlen zsírsavak arányára. Magyarországon a zsírbevitel mennyiségileg túlzott, minőségileg kedvezőtlen, a só fogyasztás az ajánlott többszöröse, továbbá a tejtermékek valamint a zöldség-gyümölcs fogyasztása is elmarad az ajánlott mennyiségtől.

Megalapozott eredményekkel a tej és tejtermékeknek olyan előnyeit igazolták, melyek népbetegségek, mint például csontritkulás megelőzésében nyújtanak segítséget (Szakály, 2011). Igazolt tény, hogy a tej és a belőle készített tejtermékek gazdagok bioaktív anyagokban, nélkülözhetetlen fehérjéket, esszenciális aminosavakat, értékes szénhidrátokat és vitaminokat tartalmaznak.

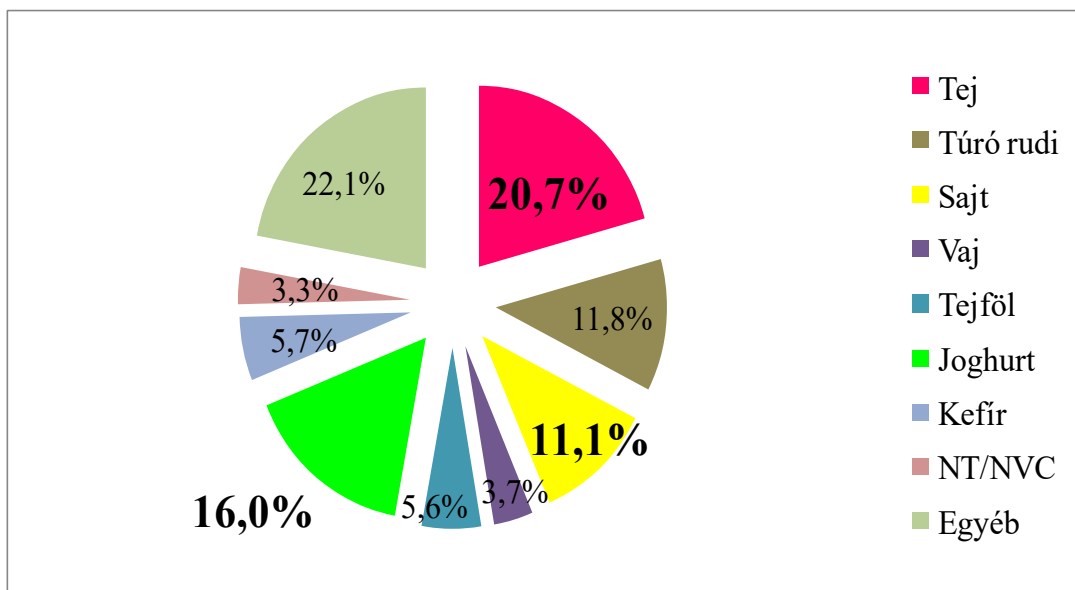
A tej és tejtermékek több egészségügyi előnnyel rendelkeznek: komponenseinek rákellenes, rákmegelőző hatása van, segítenek megelőzni a csontritkulás kialakulását, segítik az emésztést és az egészséges bélműködést, és az érzelmeszedés megelőzésében is szerepük van (Szakály, 1997).

Az élettani előnyök ellenére a tej és tejtermékek fogyasztása nem éri el az ajánlott értékeket. Az egészséges táplálkozás hazai ajánlása szerint naponta legalább fél liter tejet, vagy fél liternek megfelelő tejterméket kellene fogyasztanunk (OÉTI, 2013). Ezzel szemben a legfrissebb fogyasztási adatok szerint az ajánlott napi tejbevitelt csak 80%-ban fedezzük (2. ábra).



2. ábra: Az egy főre jutó napi tejfogyasztás alakulása Magyarországon (Forrás: KSH adatok, 2018)

A tejtermék fogyasztási tendenciák változnak. Az utóbbi években emelkedett a savanyított tejtermékek kereslete, a tejdesszertek valamint a sajtok vásárlása. Csökkent viszont a vaj és a folyadéktej iránti kereslet (Szakály, 2011). Egy felmérésben 472 embert kérdeztek meg arról, hogy milyen tejterméket fogyasztott utoljára. A válaszadók többsége a tejet követően a joghurtot és sajtot nevezte meg, majd ezt követték az egyéb tejtermékek (3. ábra).



3. ábra:A felmérés előtt utoljára fogyasztott tejtermékek (n=472) (Forrás: Varga, 2012)

A 3. ábrából leolvasható, hogy a tejet követően a feldolgozott termékek közül a leginkább preferált termékek közt a sajt illetve a joghurt valamint a túró rudi szerepel, így a fogyasztókat ezeken a termékeken keresztül lehet leginkább elérni.

A tej és tejtermékek élettani előnyeivel számos irodalom foglalkozik (Bíró, 1997, Csapó, Csapóné, 2002, Kotilainen 2006), és az utóbbi években, a médiában is rendszeresen találkozhatunk egy-egy egészséget megcélzó szlogennel, egészséget szolgáló új termékkel. Az élelmiszergyártók azon túl, hogy kiszolgálják a vevői igényeket a versenyképességük és a profit megtartása céljából, a nemzetközi „trendeket” figyelembe véve folyamatosan próbálnak fejleszteni és újítani.

A tejtermékek élettani előnyeit azonban nem élvezhetik azok, akik a tej valamelyik komponensével szemben érzékenységet mutatnak. A leggyakoribb a tejcukor érzékenység szélsőséges esetben a laktózintolerancia, melyek lassan már a világ lakosságának a 70%-át érintik (Pagie, 2005).

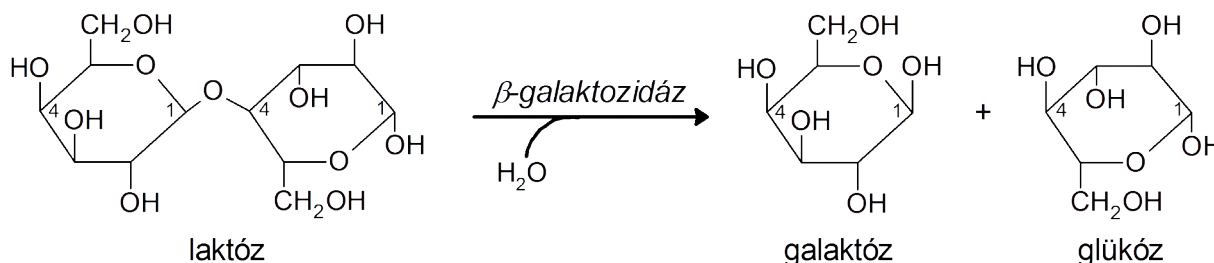
2.1.2 A laktózérzékenység és a laktózintolerancia

A laktóz a tej szénhidrátja, mennyisége 4,6-5% a tehéntejben, mennyisége közvetlenül az ellés után alacsonyabb, majd a laktáció végéig állandó. Szerepe a tej ozmózis nyomásának a fenntartása.

A laktóznak fontos szerepe van az anyagcserében, hisz segíti a Ca-felszívódását azáltal hogy vízoldható komplexet képez a Ca-mal, ezzel könnyíti annak

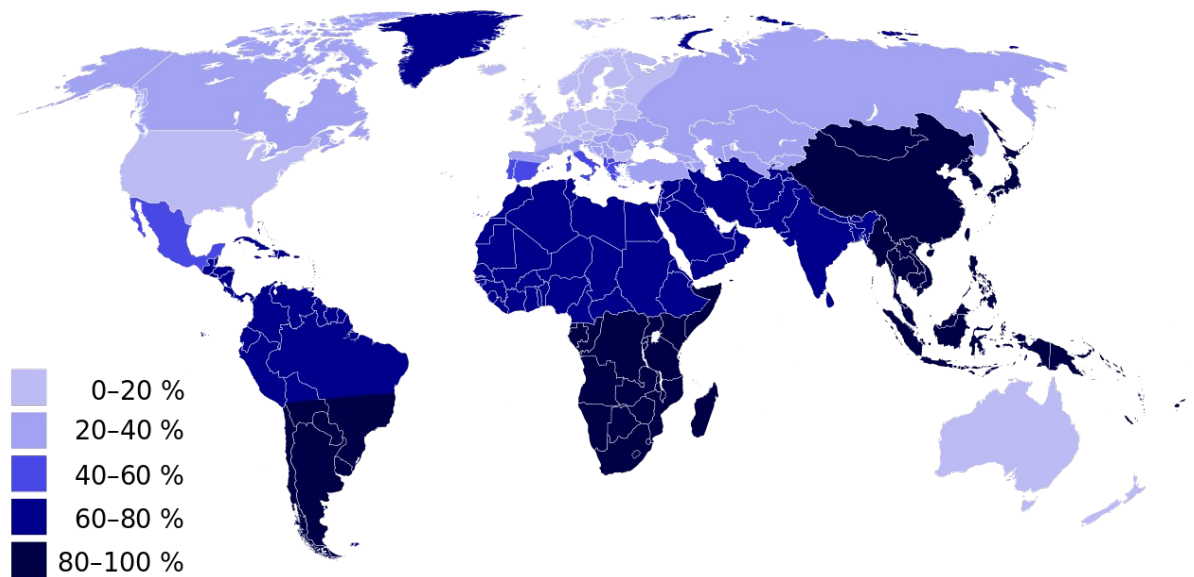
transzportációját is. Hatással van a bélflórára, hisz a belőle keletkező cukrok, a glükóz és galaktóz a mikroorganizmusok táplálékai. Lassan felszívódó szénhidrát, így tovább szolgáltat energiát, mint például a szacharóz. Laktóz hatására jobb a N emészthetősége: lassítja az aminosavak abszorpcióját, így a szervezet hatékonyabban tudja felhasználni azokat. A laktóz bomlásából származó galaktóz segíti az érbélhártya mukopoliszacharidjainak a kialakulását és a szöveti regenerálódást (Csapó, Csapóné, 2002).

Laktóz felszívódási zavarokról akkor beszélünk, ha a laktózt nem képes a szervezetünk monomerjeire, glükózra és galaktózra hasítani (4. ábra). Ekkor a tejcukor bontatlanul kerül a vékonybélbe, megnöveli ott az ozmotikus nyomást, koncentrációjának megfelelően vizet szív a bélbe, mely puffadást okoz. A laktóz ezt követően bontatlanul kerül a vastagbélbe, ahol a bélbaktériumok megerjesztik, kis molekulatömegű szerves savak, gázok, széndioxid keletkezik fokozva a has puffadását, majd rendkívül heves, görcsös hasmenést okoz. A laktóz felszívódásának zavarát a vékonybélben keletkező laktáz enzim részleges vagy teljes hiánya okozza. Ez az enzim rendkívül érzékeny, az összes szénhidrát bontó enzimjeink közül a legsérülékenyebb, ezáltal a laktóz emésztési betegségek gyakoriak (Csapó, Csapóné, 2002).



4. ábra:A laktóz bomlása glükózra és galaktózra

Nézőpont kérdése azonban, hogy betegségnek vagy a természet rendjének tekintjük a laktáz aktivitásának csökkenését. Az emlősállatok által termelt tej ugyanis az utód táplálását szolgálja fajonként eltérő ideig. Ezzel magyarázható az, hogy a tejet felnőtt korban nem fogyasztó társadalmakban a laktáz enzim termelése 4 éves korra 90%-kal visszaesik, majd az enzimet termelő gén felnőtt korra inaktívvá válik (Bulhøes és mtsai, 2007). Így az előfordulás gyakoriságát tekintve laktózérzékenységre térképet is lehet készíteni (5. ábra).



5. ábra: A laktózérzékenység előfordulásának világtérképe (Forrás: Rainer, 2008)

A kínaiak és a japánok 80-90%-a 3-4 évvel az anyatejről való leválasztás után elveszítik a laktóz megemésztésének képességét (Yoshida és mtsai, 1975). Vannak azonban társadalmak, kultúrák, ahol a mindennapi táplálkozás részét képezi a tej felnőtt korban is, itt alkalmazkodott a szervezet a tejfogyasztáshoz, így nem veszett el a laktóz bontó képesség (Coles, 2007).

A laktózérzékenységet két nagy csoportra lehet bontani:

1. Primer, mely lehet veleszületett laktáz-elégtelenség (genetikai enzimhiány, egy rendellenesség, mely megakadályozza a laktáz enzim termelését) és lehet késői megjelenésű laktózérzékenység amikor a laktáz enzim aktivitása a kor előrehalladtával csökken.
2. Szekunder: környezetileg előidézett laktózérzékenység, valamilyen kiváltó ok (pl.: műtét, stressz) hatására átmeneti laktáz termelési zavar lép fel.

Különbséget kell tennünk **laktózmalabszorpció** (felszívódási zavar) és laktóz intolerancia között. A laktózmalabszorpció gyenge felszívódásban nyilvánul meg, ami egy alacsony laktáz aktivitás következménye. Ebben az esetben 50 g laktóz felvétele után a vércukorszint csak 25mg/100cm³-revagy ennél kevesebbre nő. Ez a jelenség főleg a fiatal felnőtteknél, a növekedési periódus végén figyelhető meg.

Laktózintoleranciáról akkor beszélünk, ha 50g laktóz elfogyasztásakor jelentkeznek a klinikai tünetek (puffadás, hasmenés) (Csapó, Csapóné, 2002).

A laktózérzékenység és intolerancia kimutatását ma már egy egyszerű és gyorsan elvégezhető tesztekkel meg tudják állapítani (vérvizsgálat, hidrogénmérés a kilélegzett levegőből).

Az emésztési zavart laktáz enzim tartalmú Lactase rágótablettával lehet orvosolni. Egy ilyen tabletta 200 ml tejben lévő tejcukor lebontásában segít. A tabletta vény nélkül kapható, fogyasztása nem igényel orvosi felügyeletet, egyénre szabott, adagolása az elfogyasztott laktózmennyiségtől függ.

2.1.3 A laktózérzékenység veszélyei

Az MTA, OÉTI állásfoglalása szerint javasolt napi fél liter tejet, vagy ezzel egyenértékű tejterméket fogyasztanunk. A tej és a tejtermékek mára már igazoltan létfontosságú anyagokat tartalmaznak. A tej a csontfejlődéshez szükséges D-vitamin, kalcium és foszfor legfontosabb forrásai.

A laktózintoleranciában szenvedők körében a csonttal kapcsolatos betegségek, mint pl. a csonttritkulás sokkal gyakoribb probléma, mint a tejet gond nélkül fogyasztók esetében. Az állandóan ismétlődő hasmenések és a bélbaktériumok bontotta laktózból keletkező erős savak magas koncentrációja a vastagbélben nem maradhat következmény nélkül. A kezeletlen intolerancia nem csak kellemetlen tüneteket, betegségeket, szövődményeket is okozhatnak (Kretchmer, 1971). A tejcukor-érzékenység társulhat gyulladásos betegségekkel és irritábilis bél szindrómával (IBS). Tejcukor-érzékenység esetén az IBS kialakulásának a kockázata nőhet (Búzás, 2015).

A laktózérzékenység gluténérzékenységgel is párosulhat, együttes előfordulásuk igen gyakori (Arthur, 1966).

2.1.4 Laktózmentes tejtermékek előállítása

Az 1/1996. (I. 9.) FM–NM–IKM együttes rendelet értelmében akkor tekintünk egy terméket laktózmentesnek, ha annak tejcukortartalma kisebb, mint $0,1\text{g}/100\text{cm}^3$, vagy $0,1\text{g}/100\text{g}$ és az azzal összehasonlítható hagyományos élelmiszer jelentős mennyiségű laktózt tartalmaz.

A laktózt a tejből kinyerhetjük fizikai és kémiai úton.

Ultraszűrőssel a tejet meghatározott pórusméretű membrán felületén megfelelő nagyságú nyomással átpréselik, így az két frakcióra különül el. Az egyik frakció a koncentrátum, amelynek részecskéi méretüknél fogva nem jutnak át a pórusokon. A másik a membrán pórusméreténél kisebb részecskék frakciója, a permeátum. Ezzel a módszerrel eltávolítható a laktóz, azonban sok más értékes anyag is fennmarad a szűrőn a tejcukor mellett (Takács, 1997).

Enzimes hidrolízis során β -galaktozidázt adnak a tejhez, mely a tejcukrot monomerjeire bontja. A tejben lévő glükóz és galaktóz molekuláktól érezhetően édesebb lesz a laktózbontott tej a hagyományos tejhez képest. Ha a szacharóz édesítő erejét 100%-nak vesszük, akkor a laktózé csupán 27-39%-nak, a glükózé 72%-nak, a galaktózé pedig 63%-nak tekinthető (Csapó, Csapóné, 2002). A felhasznált enzim regenerálása a laktózbontás után lehetséges, így alternatívákat dolgoztak ki arra, hogy visszanyerjék azt. Egyik lehetséges módszer az enzimreaktorban elhelyezett, speciálisan kialakított membránokon keresztüli ultraszűrés, másik pedig az immobilizált enzimtechnológia. Itt az enzimet egy, az enzimmnél könnyebben visszanyerhető hordozó anyaghoz kötik, és ezzel a komplexszel végzik a laktózbontást. A módszernek azon túl, hogy költséges, vannak hátrányai is, mert a hordozóanyag csökkenti az enzim aktivitását, és megnöveli a mikrobiális fertőzésveszélyt is (Wassermann, 1984).

Az elsők között készített csökkentett laktóztartalmú joghurtot Kosikowski (1979). A tejből ultraszűrőssel távolította el a laktózt, majd a kapott koncentrátumot vízzel felhígította, és fehérjéjét 3,3-4,6%-ra, zsíráját 1,4-2,6%-ra állította be. A tejhez szárított írórt (1%), és nátrium citrátot (4%) adott. Az általa készített joghurt laktóztartalma 0,48-0,63% volt.

Szigeti és Krász (1992) kétlépcsős fermentációs eljárással dolgozták ki a laktózmentes joghurt gyártástechnológiát. 6 órára nyújtották a fermentációt azáltal, hogy a keletkező tejsavat nátrium-, és kálium-hidroxid elegyével közömbösítették. Ezzel tudták biztosítani a tejsav baktériumok működését, így a tejcukor bontását.

Ibarra és mtsai (2012) probiotikummal dúsított alacsony laktóztartalmú joghurt gyártástechnológiáját dolgozták ki. A tejben lévő laktózt β -galaktozidáz segítségével bontották le (1ml/kg), majd a hagyományos joghurtkultúra mellé (*Streptococcus salvarius* ssp. *thermophilus*, *Lactobacillus delbrueckiss* ssp. *bulgaricus*) *Lactobacillus rhamnosus* (HN001) használtak, mely az egyik legerősebb jótékony hatással rendelkező

tejsavbaktérium. Ennek a probiotikumnak a túlzott jelenléte azonban meghosszabbítja az alvadási időt és ronthatja a termékminőséget. A 10 pontos Karlsure skálán 7 pontot elérő 10g/l alatti laktóztartalmú joghurtot $>1 \cdot 10^7$ cfu/ml HN001 csíraszámával tudtak előállítani.

A laktózmentes termékek mindegyikén markánsan érezhető a laktóz bontásából származó glükóz, galaktóz édes íze. A laktóz 70%-ának lebontása annyi édességet eredményez a tejben, mintha a teljes tejet 2%-nyi répacukorral édesítenénk (Zadow, 1986). Ez a jelenség előnyös abból a szempontból, hogy a termékgyártás során csökkenteni lehet a hozzáadott cukor mennyiségét. Azonban a hőkezelt tej és tejtermékeknel a redukáló cukrok jelenléte Millard reakciót okozhat, amikor a cukrok hő hatására során karamellizálódnak. Ez rontja a termék megjelenését. A tej édes ízének csökkentésére több lehetőség van, kálium kloridot vagy szerves savak káliumsóját lehet adagolni a tejhez (Flynn, 1994), bár főként a kálium hozzáadása napjainkban kritikus megítélés alá esik.

A piacon kapható regisztrált laktózmentes tejtermékek nyilvántartását a Magyar Táplálékallergia és Táplálék Intolerancia Adatbank végzi. A termékek listája évente frissítik. A kiadvány online formában jelenteti meg és ingyenesen letölthető. Ez a terméklista elsősorban szakemberek (dietetikusok, orvosok, védőnők) számára készült azzal a céllal, hogy munkájukat segítse a táplálékallergiában, táplálékintoleranciában szenvedő betegeknek nyújtott tanácsadásban, és a rendelkezésre álló élelmiszerekből a megfelelőek kiválasztásában.

2.2 A savanyú tejtermékek gyártása során végbemenő változások

A savanyú tejkészítmények mikroorganizmusokkal történő savanyítás, alvasztás során készülnek. Ezek a termékek a legősibb élelmiszerek egyikei, melyek a Közel-Keletről, a Balkánról és a Kaukázusokból származnak. Ezeken a területeken, az ottani hőmérsékleten és ottani környezetben lévő mikroorganizmusok kerültek a legelőről és a kézi fejés által a tejbe. A különböző területeken előforduló mikroorganizmusok révén különböző jellegű, különböző aromájú tejtermékek alakultak ki. A mikrobiológia és a tejfeldolgozás fejlődésével izolálták ezeket a mikroorganizmusokat, megismerték a baktériumok, gombák biológiáját valamint életműködését, így mára már ezek szintenyésztéssel készülnek a savanyított tejtermékek.

Minden kultúra jellegzetes íz-, és aromaanyagot termel, mely később a termék jellegét adja. A joghurtkultúra a Magyar Élelmiszerkönyv előírásai szerint *Streptococcus salivarius* subs. *thermophilus* és *Lactobacillus delbrueckii* subs. *bulgaricus* 1:1, esetleg 2:1 arányának a keveréke (MÉK 1-3/51-1). A baktériumok működési optima 37-45 °C-on van. A termékgyártás során fontos hogy a joghurtkultúrák működését 4,5-4,6 pH értéknél (34-36SH°) megállítsuk, így elkerülhető a túlsavanyodás. Ezt +5 °C-ra, vagy az alá történő hűtéssel érhetjük el. (Balatoni, Ketting, 1981, Csanádi, 2005). Az életműködésük blokkolásán túl a hűtés célja az íz-és aromaanyagok kialakulásának biztosítása is, mely ezen a hőfokon optimális. A joghurt legfontosabb aromaanyagai a hangyasav, ecetsav, propionsav, tejsav, diacetil és acetaldehid.

2.2.1 Beltartalmi változások

A savanyított tejkészítmények összetétele, tápértéke közel azonos a feldolgozott alapanyagtejjel, de a tápanyagok hasznosulásukat tekintve értékesebbeknek tekinthetőek, mint az tej, mivel a tejben lévő tápanyagok könnyebben emészthető formába kerülnek a mikrobiológiai fermentáció során.

A savanyú tejkészítmények előállítására használt tejsavbaktériumok a működésük során a tejben lévő fehérjéket előemésztik. A fehérjék egy részéből peptideket és szabad aminosavakat hasítanak le, így azok könnyen tudnak hasznosulni a szervezetünkben. A fehérjéket a fermentáció során keletkező tejsav rendkívül finom csapadék formájában kicsapja. A megnövekedett felület jobban hozzáférhető az emésztő enzimjeink számára, így gyorsabban le tudják bontani azokat (Csapó, Csapóné, 2002).

A tejsavas erjedés hatására CLA tartalom nőhet a termékben, mivel néhány *Lactobacillus*, *Propionibacterium*, *Bifidobacterium* és *Enterococcus* törzs is képes linolsavból konjugált linolsavat képezni (Sieber, 2004).

A tej legfontosabb szénhidrátja a laktóz. A fermentáció során a laktóztartalom csökken, mivel a mikroorganizmusok a laktózt használják fel tápanyagukul, úgy hogy közben tejsav képződik. A joghurt készítés során a tejben lévő tejcukor mennyisége 30%-kal is csökkenhet (Toba és mtsai, 1983).

A tejsavas erjedés során a termékek bizonyos vitaminokban gazdagodnak, mivel a tejsavbaktériumok és bizonyos élesztő fajok is képesek B₁-, B₂vitamin termelésre. Ezeknek a vitaminoknak a mennyisége akár 15-30%-kal is emelkedhet az alapanyagtejéhez képest (Szakály, 1999.) A kefir kultúráit *Propionibacterium* (P.) *shermanii* baktériummal kiegészítve akár tízszeresére lehet növelni a kefir B-vitamin tartalmát. Ezt a B-vitaminban gazdagított kefirt leszártva olyan embercsoportok táplálására használják fel, akik B-vitamin hiányban szenvednek, hisz 100-200 g ilyen szártott termék egy felnőtt napi B-vitamin szükségletét fedezi (Csapó, Csapóné, 2002). A B₁₂ vitamin viszont szükséges a baktériumok életműködéséhez, ezért ennek a koncentrációja akár 60%-kal is csökkenhet a feldolgozás hatására (Arkbage és mtsai., 2003). A tej hőkezelése miatt a C-vitamin tartalom szinte teljes egésze is elvész a joghurtban.

2.2.2 Kolloidkémiai folyamatok

A savanyú tejtermékek állománytulajdonságait elsősorban a tej beltartalmi paraméterei, majd pedig a gyártástechnológia, és az ott felhasznált anyagok határozzák meg.

Savanyú tejtermékek készítésekor a cél a megfelelő szilárdságú alvadék kialakítása, melyet a kazeinfehérjék szol állapotból gél állapotba történő átalakításával lehet elérni. Egy átlagos tehéntej fehérjetartalma 3,3-3,6%, melyből 2,7-2,9 kazeinfehérje, 0,6-0,72% savófehérje (Szakály, 2001). A kazeinfehérjék foszfortartalmú összetett fehérjék, α -, β -, κ - módosulatai vannak, melyek eltérő tulajdonságokkal rendelkeznek. A kazein fehérjéi közül a κ -kazeinnek, a joghurtgyártás szempontjából kulcsfontosságú szerepe van, mivel amfipatikus tulajdonságú molekula, azaz egyaránt tartalmaz apoláris és poláris részt. A kazeinfehérjék a tejben kalcium-kazeinát- kalcium foszfát komplexként vannak jelen és a κ - kazein ennek a komplexnek a külső részén helyezkedik el úgy,

hogy a víztaszító része a többi kazeinfehérje hidrofób részéhez kapcsolódik, míg a vízkedvelő része ennek a komplexnek a szélén helyezkedik el, így egy hidrátburok tud a komplex körül képződni, úgynevezett micella alakul ki. Ezt nevezzük oldott, szol állapotnak. A kazeinmicellák hőtűrése rendkívül magas, szerkezetük csak 120 °C-on sérül, viszont sav vagy oltóenzim hatására a kazein-komplex kicsapható, szol állapotból gél állapotba megy át. Ezt a tulajdonságot használják fel a savanyú tejtermékek gyártásánál.

2.2.3 Az alvadékkialakulásának folyamata

A kívánt zsírtartalmú tejben a fermentáló mikroorganizmusok tejcukorból tejsavat képeznek, ezzel teremtve az ideális körülményeket a további szaporodásukhoz. A keletkező tejsav a tej szénsavas, foszforsavas, és citromsavas sóival reakcióba lép. A kalcium-kazeinát és kalcium foszfát komplexből kalcium hasad le tejsavas kalcium formában és vízoldható savanyú kalciumfoszfát keletkezik. A pH csökkenése miatt a kazeinfehérje fokozatosan elveszti töltését, majd 4,6 pH-nál semlegessé válik. A semlegessé vált kazeinmicellák egymáshoz rendeződve laza aggregátumokat alkotnak. A micellák idővel szétnyílnak és Ca-ionok segítségével összekapcsolódnak. Az érlelés során a Ca-ionok oldatba mennek és a kazeinmicellák füzéreként alkotva üregeikbe zárják a savót. A kazeinfehérje a kolloidálisan oldott szol állapotból kocsonyás gél állapotba megy át. Amint megtörténik ez az állapot, az alvadékot azonnal le kell hűteni, hogy a túlsavanyodás és a savókiválás elkerülhető legyen.

Az alvadási folyamat elkerülhetetlen velejárója a **szinerézis**, a gél öregedése. A szinerézis minden esetben fellép az alvasztott tejtermékeknél függetlenül attól, hogy savas vagy oltós volt az alvasztás (Fenyvessy, Csanádi, 2007). A tej alvadásakor ugyanis a kazein micellák egymással összekapcsolódva térhálós szerkezetet alkotnak. Ez a váz magában tartja a savót. Az alvadás létrejötte után megnő a kohéziós erő, így a kazeinmicellák közelebb kerülnek egymáshoz. Ez eredményezi azt, hogy a kazein váz megfeszül, és nyomást ad a savóra. Az üregek belsejében túlnyomás alakul ki, ami kipréseli a savót, miközben az alvadék tömörödik és zsugorodik. Mindez addig tart, míg a kazeinmicellák hidrát burkai el nem érik egymás magját, ekkor megáll a szinerézis (Balatoni, Ketting, 1981).

A sajt illetve túrógyártás során az a cél, hogy minél több savót távolítsunk el az alvadéktól, míg a joghurt készítés során a savó alvadékban tartása a fontos (Fenyvessy, Csanádi, 2007).

A szinerézis mérséklésére több lehetőség van:

- Fontos a jó alapanyag megválasztása, mert a magas szomatikus sejtszám erős szinerézist okoz. Juhtej esetében például a 800.000 cfu/cm^3 szomatikus sejtszám jelentős mértékben rontja az állománytulajdonságokat és csökkenti a sajtkitermelést (Csanádi, 2005).
- Zsírtartalom csökkentés: minél magasabb a tej zsírtartalma annál gyengébb lesz a gél szerkezete, mert a zsírgolyócskák a gélhálózat egyes elemei közé beépülnek és gyengítik azok szilárdságát. A zsírnak ugyanakkor szerepe van a termék telt ízének kialakításában, így jelenléte szükséges az alapanyagtejben.
- Magas kazeintartalom: az alvadék keménysége és állománya egyenes arányban van a kazeintartalommal.
- megfelelő homogénezés: kisebb zsírgolyócska halmazok létrehozásával, mivel azok jobban be tudnak épülni a gél szerkezetbe.
- Megfelelő hőkezelés: a denaturált fehérjék arányának növelésével javítani lehet az alvadék szilárdságát, azonban a hőkezelés meg is hosszabbíthatja az alvadási időt.
- Megfelelő mennyiségű alvadási idő biztosítása.

A fent említett beltartalmi változások szabják meg az elkészülő termék minőségét és értékét, a kolloidkémiai folyamatok pedig az alvadék jellegét és a termék állománytulajdonságait.

A fermentált tejtermékek mátrixa rendkívül érzékeny rendszer, mely elsősorban az alapanyagtej beltartalmi paramétereitől függ, de befolyásolja a hőkezelés mértéke, a homogenizálás, a felhasznált kultúra, az inkubálási és a tárolási idő is. Éppen ezért minden tényező, ami ezeket érinti, hatással van az állománytulajdonságokra is és ez által a termékminőségre (Vélez-Ruiz, 2008).

A technológiára és beltartalmi változtatásokra érzékeny termékminőséget viszont nehéz a megfelelő színvonalon tartani a folyamatosan változó fogyasztói igények mellett. A gyártás szempontjából fontos komponenseket kell dúsítani, vagy éppen

kivonni a termékekből úgy, hogy a termék jellegét és élvezeti értékét megtartsák. A vegyes elvárások, miszerint legyen zsírszegény egy termék, legyen rostdús az élelmiszer, hozzáadott cukrot ne tartalmazzon, fedezze a napi vitaminszükségletet, mind-mind olyan kíváncsi és kihívás, melyekkel az élelmiszeriparnak lépést kell tartania, és ezeket csak folyamatos fejlesztésekkel és folyamatos innovációval tudja biztosítani.

Ebből adódóan több kutató vizsgálja a kevésbé kíváncsi, ezért kivont tápanyagok helyettesítésének lehetőségét.

A tej zsírtartalmának csökkentése érdekében, a zsír helyettesítésére zabból kinyert maltodextrint használtak fel joghurtoknál. A zsír helyettesítésére alkalmasnak bizonyult a komponens, mivel szignifikáns különbséget nem tudtak kimutatni sem ízben, sem állományban a 3%-os zsírtartalmú tejből és a tejszírmentes, 3%-ban maltodextrint tartalmazó tejből készített joghurtok között (Jacek, 2006).

Több szerző vizsgálta az egyes kezelések hatását a reológiai tulajdonságokra. Joghurtgyártás során az állománytulajdonságok javítására transzglutamiláz enzimet adagoltak a probiotikus starterkultúra mellé és megállapították azt, hogy bár az alvadási időt nem befolyásolta az enzim jelenléte, viszont az alvadékban a fehérjehálók sűrűbbek voltak és sokkal szabályosabbak, mint a kontroll mintákban. A transzglutamiláz tehát igazoltan javítja a joghurt alvadék szilárdságát és stabilabbá teszi a termék szerkezetét (Mirelda és mtsai, 2013).

Igazolt tény az, hogy a termékgyártás során felhasznált mikroorganizmusok is befolyásolják az alvadék szilárdságát, ezáltal a végtermék állománytulajdonságait. Sok baktérium termel pl. olyan piloszacharidokat, amelyeket nem épít be, hanem kijuttat a sejtől. Ezek hozzátapadnak a sejtfalhoz és nyálkát képeznek (Csapó, Csapóné, 2002). Az exopoliszacharidok hatására nő a joghurtoknak a viszkozitása, javulnak az állománytulajdonságok és csökken a gélöregedésre, a szinerézisre való hajlam. Ezt igazolja Jaros és mtsai (2002) kísérlete is, akik eltérő kultúrákkal (exopoliszacharidot termelő YC191 és klasszikus YC460) készítették joghurtot. Az YC191 kultúra által egy sokkal szilárdabb, gélöregedésre kevésbé hajlamos terméket kaptak, míg az YC460 kultúrával készített joghurt enyhén csomós, törékeny és gyengébb állományú lett.

Állománytulajdonságokat vizsgáltak Karsheva és mtsai (2013) különböző kultúrával készített tejtermékeknél. Kísérletük során a kontroll minta hagyományos

starterkultúrával (*Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus Bulgaricus*) készített termék volt, a kísérleti mintákba pedig a starterkultúra mellé *Lactobacillus salvarius*-t adtak. A 28 napos tárolási idő végére a *Lactobacillus salvarius* törzset tartalmazó termék pH-ja 3,85 volt, míg a kontroll mintáé 4,09. Lényeges különbség volt a joghurtok állománytulajdonságai között is, a szerzők a joghurtok keménységét emelték ki. Munkájukkal igazolták, hogy a technológiai lépéseken túl a mikroorganizmusok is hatással vannak a termék jellegére és állománytulajdonságaira.

2.3 A szabadgyökök, antioxidánsok, zsírok szerepe a táplálkozásban és az egészség megőrzésében

2.3.1 A szabadgyökök képződése és káros hatásai

A tápanyagok szervezetünkbe kerülve lebomlanak, oxidálódnak. E folyamat során a szabadgyök keletkezik (Balogh és mtsai, 2001). Szabad gyöknek nevezünk bármely atomot vagy molekulát, amely egy vagy több párosítatlan elektront tartalmaz. Ez a párosítatlan elektron megváltoztatja az atom vagy molekula kémiai reaktivitását (Szaleczky, 2000).

A környezetünkben és szervezetünkben folyamatosan keletkezik [szabadgyökök](#). Ez természetes élettani folyamat. A szabadgyököknek fontos szerepük van a szervezet normális működésének a fenntartásában, a sejtciklus szabályozásában, a metabolikus folyamatokban és a szervezetvédekező mechanizmusában (Davies, 2000). A szabadgyökök szerepe a régi, elöregedett sejtek kiválasztásában és elpusztításában játszik szerepet (Siees, 1991).

A szabadgyökök külső és belső tényezők hatására egyaránt kialakulnak, melyeket az egészségesen működő szervezet képes közömbösíteni (Benzie, 2000, Toporcov és mtsai, 2004). Azonban, ha a szervezetünkben felhalmozódnak (pl: dohányzás, sok vörös hús fogyasztása, stressz hatására), betegségek alakulnak ki. Ezek a molekulák rendkívül reakcióképesek, így a zsírsavmolekulákat, a szénhidrátokat és fehérjéket egyaránt károsítják. A lipidek károsodásával lipidperoxidáció indul el, melynek során hidroperoxidok keletkeznek. Ezek agresszív vegyületek, megtámadják az aminosavakat és az enzimeket is (Cadenas, 1989, Djuric és mtsai, 1998). A lipidperoxidáció esszenciális zsírsavhiányt vonz maga után, ezzel okozva a membrán szerkezetének

megbomlását, így a sejtek között kommunikáció zavar lép fel, ami később szövetelhalást eredményezhet (Lugasi és Blázovics, 2004).

Az orvostudomány elsősorban szív- és érrendszeri betegségeket, daganatos megbetegedéseket, [szem](#), ízületi és idegrendszeri elváltozásokat említi meg, de más megfigyelések bizonyos fokig az Alzheimer-kór és a Parkinson-kór kialakulását is a [szabadgyökök](#)kel hozzák összefüggésbe.

Sejtjeink tehát egész életünk folyamán ki vannak téve a [szabadgyökök](#) által okozott károsodásnak, amely számos betegség és az öregedés forrása is egyben. Ezen káros hatások csökkentésére kiválóan alkalmasak az antioxidánsok.

2.3.2 Az antioxidánsok jelentősége

Antioxidánsoknak nevezzük azokat a vegyületeket, amelyek különböző tulajdonságaik révén meggátolják a szervezetünkben lejátszódó, egyes biokémiai folyamatok során keletkező káros anyagok, például a szabad gyökök és egyéb, az oxidációt indukáló anyagok romboló hatását. Egyfajta védőpajzsként működnek az ártalmas, szabad gyökkel szemben. Olyan molekulák, melyek kis mennyiségben vannak jelen az oxidálandó szubsztráthoz képest, de mégis jelentős mértékben képesek csökkenteni vagy akár gátolni annak oxidációját (Halliwell és Gutteridge, 1995). Antioxidánsok nélkül károsodnának a szervezet olyan fontos anyagai, mint például a DNS és a sejtmembrán. Szervezetünk is képes antioxidánsokat termelni, fontos azonban, hogy fokozott igénybevétel esetén figyeljünk arra, hogy ilyen anyagokat a táplálékunkkal is bevigyünk. Ezek a vegyületek növényi eredetű nyersanyagokban, illetve az abból készült élelmiszerekben találhatók leginkább (Gábor Miklósné, 2012).

Az antioxidánsok többféleképpen csoportosíthatók. Lehetnek endogének, azaz a szervezet által megtermelt antioxidánsok (enzimek, koenzimek, kén tartalmú vegyületek) és lehetnek exogének, melyeket a táplálékból viszünk be (karotinoidok, vitaminok) (Vertuani és mtsai, 2004).

Egy másik csoportosítási szempontból lehetnek az antioxidánsok: lipofilek, azaz zsírban oldódók (A-vitamin, E-vitamin és β -karotin), hidrofilek: vízben oldódók (polifenolok, aminosavak, C-vitamin), citoszol antioxidánsok (Q10 koenzim) és szerkezeti antioxidánsok (nyolememek, szelén, cink) (Cornetti, 2009).

A harmadik szempont szerinti csoportosításnál megkülönböztetünk elsődleges illetve másodlagos antioxidánsokat. Elsődleges pl: C-vitamin, és húgysav, másodlagos

(más néven „védő” antioxidánsok) transzferin vagy a polifenolos vegyületek. Utóbbi csoport a védő hatását a fémion kelátorok gátlásával fejti ki (Apak és mtsai, 2007).

Az antioxidánsok egymást erősítő, szinergikus hatással rendelkeznek (Chaudiere és Ferrari-Iliou, 1999). Védik a szervezetet a káros anyagok okozta oxidációs sejtkárosodástól, a [karcinogének](#) okozta hatásoktól, erősítik az [immunrendszert](#), és csökkentik a szív működési zavarokat.

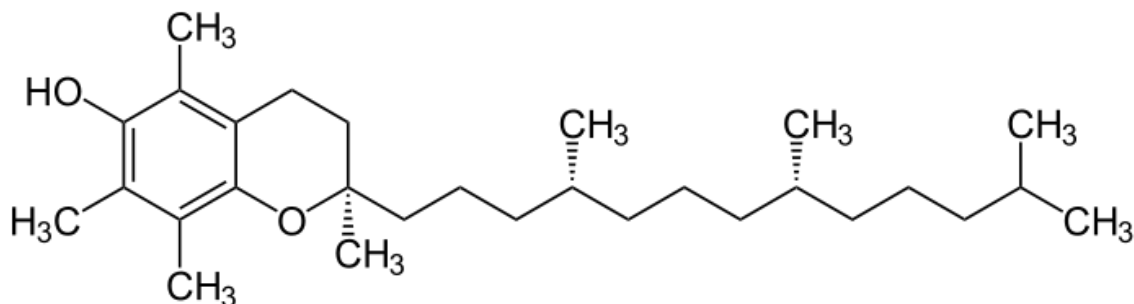
A nem megfelelő dózisban alkalmazott antioxidánsoknak azonban káros hatásuk is lehet, túlzott bevitelük peroxidációt okozhat. (Cao és mtsai, 1997, Vertuani és mtsai, 2004). Fontos tehát tudni és tisztában lenni a mértékletesség fontosságával, a táplálék megválasztásával, az egyes komponensek bevitelével, és az egészségesnek vélt antioxidánsok mennyiségével. A túladagolás nem csak a vitaminok, az antioxidánsok esetében is lehetséges!

Az antioxidánsok egyik jelentős képviselője az élelmiszerekben a vitaminok. A vitaminhiány komoly problémákat okoz még ma is a fejlődő és fejlett országokban egyaránt. A hiánybetegségek kialakulása a gyermekeket és öregeket, valamint azokat az embereket veszélyeztetik, akik egyoldalúan táplálkoznak (Nilson, 1998).

A hiánybetegségek megelőzésére több lehetőségünk van: változatos étrend, étrend-kiegészítők alkalmazása, funkcionális élelmiszer fogyasztása. A változatos étrend kialakítása a leghatékonyabb megoldás, viszont a legnagyobb hozzáértést és odafigyelést is igényli. Az étrend-kiegészítők használata sokakban bizalmatlanságot kelt, viszont a funkcionális élelmiszer mindennapi étkezésbe való beillesztése segítséget nyújthat. Ezek a dúsított élelmiszerek az étrend-kiegészítőknél könnyebben eljutnak az emberekhez, használatuk egyszerűbb és biztonságosabb is (Fletcher, 2004).

2.3.2.1 Az E-vitamin szerepe a szervezetben

Az E-vitamin a legkiválóbb zsírban oldódó antioxidánsuk. Szubsztituált koromángyűrűt tartalmaz, melyhez három izoprén egységből álló oldallánc kapcsolódik. Nyolcféle [E-vitamin](#) hatású anyag ismert: alfa, béta, gamma, delta, valamint az oldalláncban három kettős kötést tartalmazó 4féle tokotrienol-molekula. Ezek a metilcsoportok számában és elhelyezkedésében különböznek. Biológiai szempontból az [alfa-tokoferol](#) a leghatékonyabb forma (6. ábra) (Tóth, 1984).



6. ábra: Az α -tokoferol szerkezete

Egyetlen [tokoferol](#) molekula ezer [lipid](#) molekulát képes megvédeni az oxidációtól. Elsősorban a többszörösen telítetlen zsírsavakat, membrán-lipideket védi. Különlegesen kedvelt [antioxidáns](#), mert stabilizálja a sejtmembránt, gátolja [szabadgyök](#)-láncreakció kezdetét, és láncmegszakító is egyben (Pryor, 2000, Jiang, 2001). Fontos tudni a többi zsírolékony vitaminnal szemben, hogy az [E-vitamin](#) 60-70 százaléka a székklettel naponta kiürül, ezért pótlására gondos figyelmet kell fordítani.

Az E-vitamin igazoltan gátolja a prosztatata és mellrákos sejtek növekedését (Sigounas és mtsai, 1997). C-vitaminnal kombinálva hatékony az érlemeszesedés megelőzésében (Lee és mtsai, 2006, Cook és mtsai, 2007). Alkalmas a Parkinson-kór kezelésére és lassítja az Alzheimer-kór lefolyását (Klipstein-Grobush és mtsai, 1999).

E-vitamin hiányában a vérlemezkék aggregációja megnő, ami thrombus kialakuláshoz vezet. A tokoferolok membránstabilizáció funkciójuk mellett az E-vitamin a prosztanoidok bioszintézisére, ezáltal az immunrendszer működésére is hatással van. (Raimondi és mtsai, 2004). Az eikozapentaénsavból képződő prosztoglandin (PGE3) fokozott szintézise gyulladáscsökkentő hatású, ilyen módon az E-vitamin hatása fontos a kórokozók elleni védelemben is. Ez a hatás minden gazdasági állatfaj, és az ember esetében is érvényesül. (Fallon és mtsai, 1999.)

Kimondottan E-vitamin hiánytünetet emberen még nem mutattak ki, viszont állatokon igazolható az E-avitaminózis. Hatására az anyagcserezavarokon túl meddőség, vérszegénység és izomsorvadás lép fel (Prokisch, 2010).

A Magyar Élelmiszerkönyv 1-1-90/496 számú előírása alapján a felnőttek számára ajánlott napi bevétel E-vitamin esetében 12 mg.

A vitaminok jelentőségét és fontosságát ismerve, több takarmányozási kísérlet irányult a tej vitamintartalmának a növelésére, illetve a termékek vitamintartalmának fokozására dúsítással, vitaminok gyártásközi felhasználásával.

Weis és mtsai (2003) tejelő szarvasmarhák takarmányát E-vitaminnal kiegészítve 44 µg/100g-ról 116µg/100g-ra emelték a tej vitamintartalmát. Sütő és Béri (2009) szintén tejelő szarvasmarháknál jelentős vitamintartalom emelkedést értek el a tejben (53,3 µg/100g-ról 154,4 µg/100g-ra emelték a vitamin mennyiségét).

Ilic és Ashoor (1988) gyártásközben C- és A- vitamint adagoltak a készülő joghurthoz és vizsgálták annak stabilitását a 6 hetes tárolási idő alatt. Kéthetente mérték a termékekben a pH-t, a titrálható savtartalmat és az A-, C-vitamin koncentrációját. A tárolási idő alatt a C-vitamin tartalom gyorsabban csökkent, de a 3°C-on történő tárolási idő végére mindkét hozzáadott vitamin jelen volt akkora mennyiségben, hogy az az ajánlott napi bevitel 100%-át fedezni tudta. A kiegészítés szignifikánsan nem változtatta meg a termék pH-t, titrálható savtartalmát sem az érzékszervi tulajdonságait.

Cueva és mtsai (2002) B1, B2, B3, B9 vitaminokkal, magnéziummal és rosttal dúsították a tejet. A vitaminokból és a magnéziumból olyan dózisokat állítottak össze, melyek az ajánlott napi bevitel 30-60-90%-t fedezték, majd joghurtokat készítettek és vizsgálták azok állomány és érzékszervi tulajdonságait. A 30-60-90%-os csoportoknál szignifikáns különbséget igazoltak a szinerézisre való hajlam között. Ezeknél a joghurtoknál csökkent a gél-öregedésre való hajlam, valamint a pH. Az állományvizsgálat során igazolt különbségek azonban nem voltak akkorák, hogy az érzékszervi vizsgálatokban szignifikánsan megmutatkozzanak. A vitamin kiegészítéssel készült joghurtok sem ízükben, sem színükben nem különböztek a kontroll termékektől.

Hanson és Metzger (2010) D-vitaminnal dúsított ízesített joghurtokat vizsgált. A tejhez hőkezelés és homogénezés előtt különböző dózisban (100-250 IU/kiszerelési egység) vízzoldható D-vitamint adagoltak, majd hagyományos gyártástechnológiával joghurtot készítettek. A tejhez hozzáadott D-vitamin a feldolgozást követően, majd a 42 napos tárolási idő végére szinte teljes egészében jelen volt a termékben. A vitamin kiegészítés nem volt hatással a termékek érzékszervi tulajdonságaira.

Az Angliában egyik legkedveltebb Cheeddar sajt D-vitamin tartalmának növelési lehetőségeit vizsgálták Banville és mtsai (2000). A sajttej D-vitamin tartalmának növelésére vízzoldható D-vitamint, tejzsírban feloldott kristályos D-vitamint, valamint liposzómába zárt, „bekapszulázott” vízzoldható D-vitamint (Vitex-D) használtak fel úgy,

hogy mindhárom esetben a sajttej D-vitamin koncentrációja 400 IU/liter legyen. A tejet a Cheeddar sajt hagyományos gyártástechnológiájával dolgozták fel, és vizsgálták a kísérleti termékek beltartalmát és vitamintartalmát. A bekapcsolódott D-vitamin nagyobb mennyiségben maradt meg a kísérleti sajtokban (61,5%-ban), mint a vízdítható (42,7%), vagy a zsírban feloldott kristályos D-vitamin (40,5%). A D-vitamin nem volt detektálható a savóban, így arra következtettek, hogy a vízdítható illetve a kristályos D-vitamin kevésbé stabil a kapszulázott vitaminnal szemben, így azok a gyártás és az érlelési idő alatt könnyebben lebomlanak.

Ganesan és mtsai (2010) szintén D-vitamin kiegészítés hatásait vizsgálták. A D-vitamint por-, olaj- és oldott formájában adagolták a tejhez, majd a tej homogénezésével és homogénezése nélkül sajtot készítettek. Eredményeik alapján egyértelműen romlott a vitaminmegmaradás azokban a termékekben, melyeket homogéneztek. Ultraviola sugarak hatását vizsgálta a zsírban és vízben oldódó vitamintartalomban Guneser és Kargul (2012). Az UV fényre a C-vitamint követően az E-vitamin reagált a legérzékenyebben. A homogénezés és hőkezelés hatásait vizsgálták Delgado és tsai (2013) az anyatej vitamin és zsírtartalmára. Vizsgálatukban megállapították, hogy a 62,5 °C-os, 30 perces hőkezelés lényegesen lecsökkenti a tej E-vitamin tartalmát, és ronthatja a zsírsavprofilját.

2.3.2.2A szelén szerepe a szervezetben

A szelént 1817-ben Jons Jacob Berzelius fedezte fel. A svéd kémikust a felfedezéshez egy kénsavgyárban fellépő sorozatos megbetegedések kivizsgálása vezette. A felfedezés körülményeinek ellenére mára már bizonyított és igazolt, hogy a szelén a létfontosságú mikroelemek egyike (Schwarz és Foltz, 1957) és a rákellenes kutatások egyik alapeleme (Anke és mtsai, 2003).

A szelén esszenciális nyomelem, mely egyaránt alkot szerves és szervetlen vegyületeket. (Reilly 1998, Rayman 2000). A szelén a glutation-peroxidáz alkotója (Rotruck és mtsai 1973), mely más enzimekkel, fehérjékkel, vitaminokkal az antioxidáns rendszer szerves része.

Komplex antioxidáns hatású vegyület, ennek köszönhetően megelőz olyan betegségeket, mint például a daganatos elváltozások, szív és érrendszeri megbetegedések, stroke, szürke hályog, és lassítja az öregedési folyamatokat is.

(Watson, Leonard, 1986). Gátolja az erekben a vérrög kialakulását, növeli a HDL és csökkenti az LDL arányát a vérben. (Mark, 1998).

Nélkülözhetetlen az immunrendszer optimális működéséhez, növeli a szervezet általános ellenálló képességét. A szelén a glutation-peroxidáz antioxidáns hatású enzim működésében is segít (Herbert és mtsai, 1996). Ez az enzim az immunrendszer működésére hat azáltal, hogy serkenti a fehérvérsejtek termelődését és aktivitását. Védőhatást fejt ki a környezet és a táplálék toxikus hatásaival szemben (Mihailovic, 1998). Szerepe van a HIV-virus elleni kutatásokban is (Beck, 1998, Baum, 1997). Segít a szív és érrendszeri betegségek megelőzésében (Kok és mtsai, 1989). A szelén szükséges a spermiumok mozgásához (Rayman, 2000). E-vitaminnal együtt gyulladáscsökkentésre, pikkelysömör és ekcéma tüneteinek enyhítésére is alkalmas (Forceville, 1998).

Európa szerte a szelén ajánlott napi mennyisége 150µg, de az átlagos napi szelénfelvétel jóval az optimális mennyiség alatt van (Schramm és mtsai, 2010). Európa, köztük Magyarország is szelénhiányos területek közé tartozik. Az itt termesztett zöldség, gyümölcs nem vagy alig fedezi az emberi szükségletet, így a szelénpótlásra ajánlott napi bevitel jóval több, mint például az Amerikai Egyesült Államokban, vagy az Egyesült Királyságban. Az egyesült királysági Department of Health 60-75 µg napi felvételt javasol, míg Amerikában a Food Nutrition Board Academy 55 µg ír elő. Raymann (2000) publikációja szerint az 55 µg/nap szelén mennyiség nem elég a betegségek megelőzésére, mivel az optimális immunválasz elérése ebben a dózisban nem biztosított.

A szelén hiány és szeléntöbblet egyaránt káros lehet. Szelénhiányos táplálkozásnál a vázizomzat degenerálódik, a kalcium lerakódik az izomrostokban, melytől az izom állománya fehér színű lesz, továbbá a szelén túlsúlya miatt bénulás is kialakulhat. Gazdasági állataink közül a sertéseknél fokozottan figyelni kell a szelén mennyiségére, mert a meddőségen túl bénulást és szívleállást okozhat a szelén túladagolása (Szabó és mtsai, 1993.)

A szelénnek az embernél is súlyos hiánytünetei vannak, krónikus ízületi gyulladás, csontosodási zavarok, Keshanés Kaschin-Beck kór alakulhat ki. A Keshan-kór főleg Kínában gyerekeket érinti. Szezonális jelleggel lép fel, télen illetve nyáron. Kezelhető a betegség, nátrium-szelenit 0,5-1 mg/hetes adagolásával gyógyítható. A Kashin-Beck-kór tartós elfajulást okoz a végtag ízületeiben és a gerincben egyaránt. A

csontfejlődésben zavarok jelentkeznek: rövidebb kezek és ujjak fejlődnek. Extrém szelénhiányos esetben törpenövés, deformált ízületek is kialakulhatnak. Nátrium-szelenit tablettá adagolásával ez a betegség is megelőzhető.

Azoknak a betegeknek, akik szelénhiányosak 400-450 µg szelént is előírhatnak naponta. Ez a maximálisan felvehető mennyiség, mivel 750-900 µg szelén felvétele már mérgező is lehet. A szelenózis, a szelénfelesleg okozta mérgezés központi idegrendszeri zavarokat, bénulást és nyelési nehézségeket okoz. (Anke és mtsai, 2003). Szelénmérgezés embereken csak nagyon extrém esetben alakulhat ki, szakszerűtlen táplálék-kiegészítők szedésekor, vagy túl magas szeléntartalmú étel rendszeres fogyasztásával. Ilyenkor gyengülnek a körmök, kihullik a haj, hányás-hasmenés lép fel, fokhagymaszagú lesz a lehelet és idegrendszeri zavarok alakulnak ki (Yang és mtsai 1988).

Más a szelén szükségletük a nőknek, és más a férfiaknak. Az ajánlott napi szelén mennyiséget egyénre szabottan meg lehet határozni a vérplazma GPX aktivitásából (Thomson és mtsai, 1993).

A Magyar Élelmiszerkönyv 1-1-90/496 számú előírása alapján a felnőttek számára ajánlott napi bevitel szelén esetében 55µg.

A szelén és az E-vitamin egymás szinergistái. Segítik egymás felszívódását és fokozott védelmet nyújtanak a szénterótraklorid mérgezéssel szemben is (Kellof és mtsai, 1996, Lesgards és mtsai, 2002).

Szelént, mint takarmány kiegészítőt több etetési kísérletben is felhasználták azzal a céllal, hogy a gazdasági állatok termékét az ember számára kedvezőbbé tegyék.

Baromfi etetési kísérletekben szerves szelént használva növelhető a baromfihús és a tyúktojás szelén tartalma (Mézes, 2004).

Nátrium-szelenittel és szelénés élesztő felhasználásával szintén baromfi etetési kísérletben sikerült megnövelni a tojások szeléntartalmát. A kutatók nem tapasztaltak szignifikáns eltérést a tojás szeléntartalmában szerves és szervetlen kötésű szelén alkalmazása esetén (Sarudi és mtsai, 2004).

Halakkal is végeztek etetési kísérleteket, szelenometiononnal egészítették a haltápot, ezzel növelve az ember halhús általi szelén felvételének a lehetőségét. Ebben az etetési kísérletben a szelenometionon mellett szelenittel is kísérleteztek, mint takarmánykiegészítővel, de az 1-2 mg/takarmány kg-os dózis nem növelte meg a nemes lazac húsának szeléntartalmát (Lorentzen, 1994).

Afrikai harcsák takarmányát 10 napon keresztül 11,7mg/kg szelén kiegészítése 0,7 mg/kg-os filés szeléntartalmat eredményezett. A filé szeléntartalma az etetés napjaival egyenes arányban nőtt. (Schram és mtsai, 2010.)

Petrera és mtsai (2009) kecsék takarmányát szerves illetve szervetlen szelénnel egyéssítették ki 0,26mg szelén/egyed/ takarmány szárazanyag kg mennyiségben. A kiegészítés által a tejnek 32,26 ng/g illetve 24,82 ng/g lett a szeléntartalma.

Calamari és munkatársai (2010) az egyes szelénformák felszívódási hatékonyságát vizsgálták tejelő szarvasmarhákon. Nátrium szelenitet és szelén élesztőt 0,5 mgSe/takarmány szárazanyag kg dózisban adagoltak a szarvasmarhák alaptakarmányhoz, és vizsgálták a két anyag hasznosulási fokát. A vér és tejvizsgálati eredményekből megállapították, hogy a szelénélesztő hasznosulása lényegesen jobb a szervetlen változatnál. Az adagolt szelénélesztő 16,3%-kal, a szervetlen szelén adagolás 3,2%-kal emelte meg a tej szeléntartalmát.

Hasonló megállapításokat tettek Jian és mtsai (2014). Tejelő marhák takarmányát szintén nátrium szelenittel és szelén élesztővel egészítették ki 0,3 mg Se/takarmány szárazanyag kg mennyiségben 60 napon keresztül. Mindkét kiegészítés megnövelte a tej szeléntartalmát, de a szelénélesztő használatával ők is szignifikánsan jobb eredményt értek el, mint a szervetlen szelénsó (nátrium szelenit) alkalmazásával.

Arra, hogy a takarmánnyal megemelt szeléntartalom a tejben a feldolgozás hatására, a joghurt és sajt készítés során hogy módosul, nehéz adatokat gyűjteni, mert a szelén pótlásának nem a tejtermékek az az elsődleges forrásai. Vannak kísérletek arra vonatkozóan, hogy a tejtermékekben megemeljék a szeléntartalmat, de ezek nem takarmányozás útján történtek, hanem baktériumtevékenység révén vagy pedig gyártásközi dúsítással.

Egyre több kutatás foglalkozik a tejsavtermelő baktériumok és bifidobaktériumok multifunkcionális képességeivel: antimikrobiális hatásukkal, vitamintermelő képességükkel, exopoliszacharid előállításukkal, és az ásványi anyagok, fém ionok megkötő és felhasználó képességükkel.

Igazolták azt, hogy néhány tejsavtermelő és bifidobaktérium képes akkumulálni, és átalakítani a szervetlen szelént szerves formájúvá. Eszenyi és mtsai (2011) vizsgálták a probiotikus joghurt baktériumok szelén átalakítási tulajdonságait. Azt tapasztalták, hogy bizonyos baktériumok fajok képesek a nagy mennyiségű szelénsót, elemi szeléné átalakítva, nano méretű gömb formájában sejten belül tárolni. Ezek a nano részecskék

kinyerhetőek a baktériumból és hasznosíthatók, mint takarmány, vagy akár gyógyszeralapanyag.

Alzate és mtsai (2010) különböző koncentrációban (0,5-1-1,5-2-2,5 mg/liter) szelénnel dúsította a tejet, majd ebből a tejből joghurtokat készítettek. Vizsgálták azt, hogy a joghurt készítése során felhasznált egyes baktériumok (*Sterptococcus thermophilus*, *Lactobacillus bulgaricus*, *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus scidophilus*, *Bifidobacterium Lactis*) a különböző szelénkoncentrációk mellett hogyan viselkednek. Vizsgálatukban in vitro körülmények között a modellezték az emésztést, megfigyelve azt, hogy a szelén hogyan tud hasznosulni az emberi szervezetben. A joghurtok 4 hetes tárolási ideje alatt a baktériumszámban az első héten nem történt változás, viszont a negyedik hétre a baktériumszám szignifikánsan nagyobb volt a 2,5 mg/l mennyiségben szelénnel dúsított tejből készített joghurtokban, mint a kontroll termékben. Az emésztést modellező vizsgálataikból kiderült, hogy a termékben lévő szeléntartalom 75%-a képes hasznosulni a modellezett emberi szervezetben. A szerzők a cikkükben javasolják a szelén kiegészítésre irányuló további kutatásokat, mivel lehetőséget láttak és igazolták a hozzáadott szelén emberi szervezetben való hasznosulására.

Nagy és mtsai (2013) szelénnel dúsított joghurt 7 napon keresztül történő fogyasztásának élettani hatásait vizsgálták. Összesen 60 főből 6 csoportot képeztek: 3 kontrollt, akik „placebo” joghurtot kaptak juhtejből, kecsketejből és tehéntejből. A másik 3 csoport szelénnel dúsított joghurtot fogyasztott szintén juh-, kecske- illetve tehéntejből. A vizsgálatban résztvevőktől a kísérlet megkezdése előtt és után is vért vettek, valamint a 7. nap után gasztrointesztinális kérdőívet töltötek ki az elfogyasztott joghurtok elfogadásáról, ízéről, állagáról, és a jövőbeni fogyasztási hajlandóságáról. A vérvizsgálatokból megállapítható volt, hogy a szelén a juhtejből készült joghurtból szívódott fel a legjobban, majd ezt követte a tehéntejből készült joghurt szeléntartalmának felszívódása. Élettani szempontból fontos eredmény, hogy az összkoleszterin a kontrollcsoportban nőtt, ezzel szemben a szelénnel kezelt csoportban csökkent. A vörösvértestek hemoglobintartalma nőtt a székrekedéses panaszok javultak, valamint közérzetjavulásról is beszámoltak a szelénes joghurtot fogyasztók.

Vizsgálataikkal igazolták, hogy a szelénnel dúsított joghurtfajták elősegítik az egészségmegőrzést, javíthatják a közérzetet.

2.3.3 A zsírok szerepe a táplálkozásban

Kevés olyan alapanyag, illetve komponens van a táplálékunkban, mely a szervezetben annyi funkciót szolgálna, mint a zsír.

A táplálékkal bevitt zsírok a szervezetünk energiaforrásai, mivel páratlanul magas kalóriaértékkel bírnak, éppen ezért tudjuk a jóllakottság érzetét a zsírok fogyasztásával hamarabb elérni, mint más táplálóanyagok bevitelével (Kovács, 1999). A zsírok továbbá oldószerei a jól ismert A, D, E, K-vitaminoknak, segítik azok felszívódását és raktározását. Funkciójuk van a sejtmembránok, a hormonok és epesavak felépítésében.

A zsírok és zsírszerű vegyületek (pl: szterinek, glükopeptidek stb.) nélkülözhetetlenek az egészséges szervezet kialakításában és fenntartásában, azonban túlzott vagy nem megfelelő fogyasztásuk súlyos problémákat okozhat. 2018-ban a KSH adatai szerint a halálozások 49,4%-át adták a szív és érrendszeri betegségek, melyeknek háttérben meghatározó volt a táplálékkal bevitt zsír mennyisége és minősége.

Az élelmi zsiradékokat alkotó trigliceridek zsírsavai csoportosíthatók hosszúságuk szerint (rövid, közepes és hosszú szénláncú zsírsavak), illetve az egyes szénatomok közti kötések szerint (telített és telítetlen zsírsavak)

A **telített zsírsavakban** (SFA: Saturated Fatty Acid) a szénatomok között egy kötés van. A telített zsírsavak hosszú illetve közepes szénláncú tagjainak más-más funkciójuk van a szervezetben. A hosszú szénláncú zsírsavak hatással vannak az LDL koleszterin (Low Density Lipoprotein – kis sűrűségű lipoprotein) szintre azáltal, hogy az LDL receptorok aktivitását csökkentik, ezzel gátolva a sejtek LDL- felvételét, így az LDL koleszterin szint megnő a vérben (Wahrburg, 2004). A közepes hosszúságú zsírsavak nem okoznak ilyen hatást, mert rendkívül jó a felszívódásuk, egyből a vérkeringésbe jutnak, így nem növelik meg a vér szérum koleszterinszintjét. (Kovács 1999). E tulajdonságuknak köszönhetően gyakran használják ezeket a zsírsavakat diétákban és csecsemő tápszerekben egyaránt (Zsinka, 1997).

A **telítetlen zsírsavak** (UFA: Unsaturated Fatty Acids) a bennük lévő kettős kötések számától függően lehetnek egyszeresen (MUFA, Monounsaturated Fatty Acid) illetve többszörösen (PUFA Polyunsaturated Fatty Acid) telítetlen zsírsavak.

Az egyszeresen telített zsírsavak élettani jelentősége a koleszterinszint csökkentésben van. Sokkal hatékonyabbak az egyszeresen, mint a többszörösen telítetlen zsírsavak, mivel a HDL (High Density Lipoprotein) koleszterin szintet minimálisan befolyásolják, míg a szérum össz- és LDL koleszterinszintet mérséklük (Mata és mtsai, 1992). Az egyszeresen telítetlen zsírsavak azon túl, hogy koleszterinszintet szabályoznak, antioxidáns szerepet is betöltenek, mivel megvédik az oxidációtól az LDL koleszterint, ezzel csökkentve az érleszesedés kockázatát

(Wahrburg, 2004). Az egyszerűen telített zsírsavak közül az olajsavat (C18:1) és a palmitoleinsavat (C16:1) tartják a legjelentősebb zsírsavaknak. Ezek legfontosabb forrásai a halak és az olívaolaj. Mivel a mediterrán országok konyháiban ezek az élelmiszerek mindennapos használatúak, így a keringési betegségek okozta halálozások korszakának (Barna, 2006).

A többszörösen telítetlen zsírsavak (PUFA: Polyunsaturated Fatty Acid) egy része esszenciális az ember számára (linolsav, α -linolénsav). Szerepük a zsírsavcsere és a hormonrendszer szabályozásában van (Mata és mtsai, 1992, Barna, 2006), valamint szükségesek az agy normális fejlődéséhez és működéséhez. Hiányukban bőrgyulladás, agy és retinafejlődési zavarok léphetnek fel (Antal és Gaál, 1998, Zsarnóczy, 2001).

Ismerve a zsírok szerepét és egészségre gyakorolt hatását, egyre több publikáció foglalkozik az optimális minőségű és mennyiségű zsírbevitellel.

Az élelmiszerek, állati termékek minőségére több tényező is befolyással van: évszak, tartástechnológia, fajta, de az ember által leginkább befolyásolható tényező a takarmányozás. A hústermelés mennyiségét és minőségét elsősorban takarmányozással lehet a leghatékonyabban befolyásolni (Mézes, 2007), azonban a kiváló minőségű, optimális zsírsav összetételű hús is könnyen értékét veszítheti egy nem megfelelően megválasztott konyhatechnikai módszerrel történő feldolgozás során (Gundel, 2007).

Annak ellenére, hogy a tej a legősibb táplálékunk egyike, jelentek meg publikációk azzal kapcsolatban, hogy telített zsírsavtartalma miatt káros az egészségre. A magas telített zsírsavtartalom mellett azonban olyan értékes összetevőket hordoz a tej és a belőle készített termék, melyek az érlelés, érzékelés és a rák kialakulásának megelőzésében segíthetnek (Nicolosi és Laitinen, 1996).

A tejszír rendkívül gazdag zsírsavösszetételét tekintve, hisz több mint 200 különböző zsírsav található benne. Ennek nagy része rövid illetve közepes szénláncú zsírsav, ennek köszönhetően a tejszír emészthetősége kiváló.

Az emberi szervezet zsírsavellátottságának javítására több lehetőség is adódik: csökkenteni a felhasznált sertésszár és a napraforgóolaj mennyiségét, emelni a halfogyasztást, növelni a szójabab-, len-, repceolaj felhasználást. Az ezzel a területtel foglalkozó kutatások nem csak az elfogyasztandó élelmiszerek optimális arányát vizsgálják, hanem azt is, hogy a termelést illetve az alapanyag előállítását hogyan lehet úgy befolyásolni, hogy az élelmiszergyártók már ideálisabb zsírsav-összetételű anyagokkal dolgozzanak.

Az utóbbi évtizedben kerültek az érdeklődés középpontjába a konjugált linolsavak (Conjugated Linolic Acid, CLA) amelyek a természetben csak a kérődző állatok bendőjében keletkeznek, és ebből következően, csak a kérődzők termékeiből készült élelmiszerekben fordulnak elő érdemleges mennyiségben. A különböző konjugált linolsav izomereket a kérődzők bendőjében élő egyik baktérium, a *Butyrivibrio fibrisolvens* állítja elő a takarmányokkal a bendőbe jutó linolsav biohidrogénezésével. A konjugált linolsav kedvező hatásainak ismeretében több kísérletet végeztek annak megállapítására, hogy lehet-e a tej konjugált linolsav-tartalmát takarmányozással érdemben növelni (Dublecz, 2011). A CLA azon túl, hogy antikarcinogén tulajdonsággal is rendelkezik, hatással van az energia metabolizmusra is. A legnagyobb mennyiségében a kérődzőktől származó termékekben (hús, tej, tejtermék) fordul elő (Csapó és mtsai, 2001).

Dhiman és mtsai (1999) megállapították, hogy a legeltetett tehenek tejének CLA tartalma szignifikánsan nagyobb a szilázst és szénát fogyasztó tehenek tejének CLA tartalmánál. A legeltetési időben termelt tej konjugált linolsavtartalma (1,4 g/100 g zsír) számottevő mértékben meghaladta a télen fejt tej CLA tartalmát (0,4 g/100 g zsír). Ugyanezt tapasztalták Schmidt és mtsai (2006).

Viszket és mtsai (2010) szintén az évszak hatását vizsgálták. Szignifikáns különbséget állapítottak meg az évszakok között tej telített zsírsavtartalmát vizsgálva (tavasz: 64,44%, nyár:63,97%, ősz:64,10%, tél:64,65%). Az egyszerűen telítetlen zsírsavtartalom nyári mintákban volt a legmagasabb (28,68%), míg a legalacsonyabb a téli mintákban (27,91%). A többszörösen telítetlen zsírsavtartalomban az évszakok között nem volt szignifikáns különbség kimutatható.

Süli és Béri (2009) lenmag kiegészítés hatását vizsgálta a tej beltartalmi értékeire. A telített zsírsavtartalom közül a palmitinsav tartalom emelkedését, míg a telítetlen zsírsavak közül a CLA és a linolsav és α -linolénsav tartalom jelentős emelkedését emelték ki. A kiegészítés nem volt hatással a tej nyerszsírtartalmára.

Többen is vizsgálták azt, hogy a tej zsírsavösszetételét hogyan lehet az ember számára kedvezőbbé tenni. Arra, hogy a módosított zsírsavtartalmú tejben lévő értékes zsírsavak milyen mértékben és hogyan változnak a feldolgozás hatására, már kevesebb adatot lehet találni.

Zahng és mtsai (2006a) lenmaggal egészítették ki a juhok takarmányát és vizsgálták a kiegészítés hatását a tej zsírsavösszetételére, illetve a sajt beltartalmi értékeire. A lenmag etetés hatására szignifikánsan alacsonyabb lett a rövid illetve

hosszú szénláncú zsírsavak aránya tejben, míg a hosszú szénláncú zsírsavak aránya nőtt a kontroll csoporthoz képest. A juhok 26%-ban lenmagot tartalmazó takarmányával (260g/egyed/nap) 43%-kal magasabb C18:3 és 73%-kal több CLA tartalmat értek el a tejben a kontroll csoporthoz képest. Az értékes zsírsavak mennyiségükben és arányaiban is megmaradtak a feldolgozás után a sajtban. A kiegészítésnek nem volt hatása a sajt hozamára és állománytulajdonságaira. Munkájukkal igazolták azt, hogy a lenmag kiegészítésből származó tejből készített sajt zsírsavprofiljában nem tér el az alapanyagtejétől.

Zhang és mtsai (2006b) egy másik etetési kísérletükben a lenmag (670g/egyed/nap) és a napraforgómag (590 g/egyed/nap) kiegészítés hatásait mérte és hasonlította össze. A len etetéséből származó tejben alacsonyabb volt a rövid és közepes szénláncú zsírsavak aránya, mint a napraforgó kiegészítésből származó tejnél. A napraforgó kiegészítésével ugyanakkor magasabb CLA tartalmat tudtak elérni (2,5g/100g zsír) a többi csoporthoz képest (lenmag kiegészítés:1,7 g/100g zsír, kontroll: 1,1g/100g zsír) képest. A tejben megállapított különbségek a sajtokban is megmaradtak. A kapott eredményeik alapján azt a megállapítást tették, hogy a tej és a sajt CLA tartalmának növelésére alkalmasabb a napraforgó, mint a lenmag kiegészítés.

Vargas és mtsai (2013) szintén juhokkal vizsgálták a tej zsírsavtartalmának a módosítási lehetőségeit. Olajbogyó pogácsát, az olaj kinyerése után kapott mellékterméket adták a juhoknak különböző dózisokban. Vizsgálatuk során megállapították, hogy a takarmányhoz 10%-ban hozzáadott olajpogácsa 40%-ban növelte az egyszeresen telített zsírsavtartalmat, illetve 0,5%-kal a többszörösen telítetlen zsírsavtartalmat a tejben. A zsírsavak közti különbségek, a telített és telítetlen zsírsavak arányai az ő kísérletükben is megmaradtak a sajtban.

A legtöbb publikáció, mely a takarmányozáson keresztüli zsírsavmódosítást és termék zsírsavösszetételt részletez a juhok tejéből készült sajt zsírsavösszetételét dolgozza fel.

Tejelő tehenekkel az olajos mag kiegészítés hatásait Dihman és mtsai (1999) vizsgálták. Extrudált, full fat szóját és gyapotmagot használtak takarmány-kiegészítőnek 11,97%-ban. A szója kiegészítés hatására 109%-ban, a gyapotmag kiegészítés révén pedig 77%-kal emelkedett a tej és a sajt CLA tartalma a kontroll csoporthoz képest. Megapították továbbá azt, hogy a tej zsírsavprofilja nem változott a feldolgozás hatására. Eredményei alapján a tej és a sajt CLA tartalom növelésére az extrudált zsíros szóját alkalmasabbnak találták a gyapotmagnál.

Cattani és mtsai (2014) szintén tehéntejből készített sajt zsírsavösszetételét vizsgálták. Tejelő tehenek alaptakarmányát extrudált lenmaggal egészítették ki különböző dózisokban (0-500-1000 g/egyed/nap). A tej és belőle készített sajt zsírsavösszetétele között a szerzők különbséget állapítottak meg. A palmitinsavtartalom (C16:0) csökkent, míg az α -linolénsav tartalom nőtt. Ezek a különbségek azonban nem voltak szignifikánsak. Eredményeik alapján a rövid szénláncú telített zsírsavak kevésbé maradtak meg a termékben, míg annak γ -linolénsav (C18:3n-6) tartalma magasabb, mint a tejnek, továbbá az omega6 –omega3 zsírsavak aránya kedvezőbben alakult a lenmag kiegészítésből készült termékekben, mint a kontroll termékben.

Branciarri és mtsai (2014) a különböző eljárással készült olasz Pecorino sajtok zsírsavprofilját vizsgálták. Juhok takarmányát (0-100-200g/takarmány kg) lenmaggal egészítették ki, és a csoportok tejéből tejsavas, valamint oltós alvasztással sajtot készítettek. A két kezelési mód között a zsírsavösszetételben nem jelentkeztek szignifikáns különbségek, viszont a sajt szerkezetében igen. Korábban (Chilliard, Ferali, 2004) már feljegyezték azt, hogy a többszörösen telítetlen zsírsavtartalom befolyással lehet a sajt szerkezetére, ezt igazolták Branciarri és mtsai is ebben a kísérletükben. A telítetlen zsírsavak magas arányának állományra gyakorolt hatása leginkább az édes alvasztású sajtoknál jelentkezett. Itt a savas alvasztású sajtokhoz képest lágyabb szerkezetet jegyeztek a termékeknel.

A joghurtok zsírsavösszetételének változását leginkább a tárolási idő alatt elemezték, azt, hogy a tejben lévő zsírsavak milyen arányban maradnak meg a termékben, már kevesebben dolgozták fel.

A zsírsavösszetétel változását joghurtoknál Boylston és Beitz (2002) vizsgálták. 2%-os szójaolaj, 1% CLA takarmány kiegészítésből származó tehéntejből készített joghurt zsírsavösszetételére és CLA tartalmára nem volt szignifikáns hatással a feldolgozás és a 7 napos tárolás. Ezeket az eredményeket igazolták Dave és mtsai (2002) is.

Tehéntejből és juhtejből készített joghurtok zsírsavprofiljának változását Serafemiodu és mtsai (2013) vizsgálták. A 2 hetes tárolási idő végén a juhtejből készített joghurt zsírsavösszetételében nem történt szignifikáns különbség a tárolási idő kezdetéhez képest. A tehéntejből készített joghurtoknál étkezési adagra vonatkoztatva megállapították, hogy a telített zsírsavtartalom emelkedett, míg a telítetlen zsírsavtartalom csökkent a tárolási idő végére.

Naydenova és mtsai (2013) bivaly tejből készült joghurtot vizsgáltak. A telített zsírsavtartalom 3%-kal emelkedett a joghurtban, a nyerstejhez képest. A zsírsavak közül a mirisztinsav (C14:0), és a palmitinsav (C16:0) tartalom emelkedését, míg a telítetlen zsírsavak közül az olajsav (C18:1) és a CLA tartalom csökkenését emelték ki.

Grehev és Mihaylova (2012) különböző területről származó juhtejek és az abból készült joghurtok zsírsavösszetételét értékelték. Kísérletük elsődleges célja a két területről származó termék közti különbség megvizsgálása, de eredményeikből azt lehet megállapítani, hogy az egyszeresen és többszörösen telítetlen zsírsavtartalom, így ezzel az esszenciális zsírsavtartalom is csökkent a joghurtban. A joghurtok tárolásának hatása tehát nem egyértelmű, de a hagyományos joghurt starterek inkább kedvezőtlen változást idéztek elő a tárolás során a zsírsavösszetételben, főként a CLA tartalomban.

Joghurtok CLA tartalmának növelésére azonban vannak lehetőségek bakteriális tevékenység révén is. Jiang és mtsai (1998) 19 különböző baktérium törzset neveztek meg, melyek képesek linolénsavból konjugált linolsavat előállítani. Két törzset emeltek ki, a *Propionibacterium freudenreichii* spp. *freudenreichii* (ATCC 6207 és *Propioni*6), valamint a *Propionibacterium freudenreichii* spp. *shermanii* (9093) fajokat, melyek a tejben lévő linolsav 60-90%-át képesek CLA-á alakítani. Kim és Liu (2002) 13 tejsavtermelő baktériumot nevezett meg, melyek szintén képesek erre az átalakításra. Vizsgálatukban a *Lactococcus lactis* (L-01) bizonyult a legeredményesebbnek.

Estrada és mtsai (2011) ízesített joghurt zsírsavprofilját próbálták kedvezőbbé tenni lazacolaj gyártásközi felhasználásával. Az olajat kapszulába zárva 2%-nyi mennyiségben adták a joghurtoz. Eredményeik alapján a 4 hetes tárolási idő alatt a hozzáadott lazacolaj nem változtatta meg a joghurt pH-ját, sem az állagát a kontroll joghurthoz képest. A kiegészítésnek nem volt hatása a szinerézisre, illetve a baktériumszáma sem. A termékek színében viszont volt különbség, a lazacolajjal készített joghurtok színe a kontrollhoz képest sárgásabbnak bizonyult.

2.4 Az élelmiszerfejlesztés gazdasági vonatkozásai

A tejtermékvizsgálatokból és a kutatásokból származó eredmények nagy részét az élelmiszergyártók a gyakorlatban is alkalmazzák. Az új módszerek bevezetése, és alkalmazása nem csak költséges, de nagyon kockázatos vállalat is tekintve azt, hogy az újonnan kifejlesztett élelmiszerek többsége, 60-70%-a bevezetést követően rögtön megbukik és egy éven belül kikerül a forgalomból (Grunert és Valli, 2001). A teljes

mértékben új terméknek tekinthető élelmiszereknek mindössze a 2,2%-a marad tartósan a forgalomban (Ernst és Young, 1999).

A megjelenő új élelmiszerek, új termékek nem minden esetben innovatív élelmiszerek. A keleti országokban, mint pl. Japánban a termék innováció a termék gyártásfolyamatának, a gyártás technológiájának a fejlesztését is jelenti (Rosenkrantz, 2003). Porter (1990) szerint az innovációnak viszont magában kell foglalnia nem csupán a technológia fejlesztését, hanem a jobb módszerek és jobb alapanyagok alkalmazását, valamint a marketinget is.

Egy új termék bevezetése és piacon tartása elengedhetetlen megfelelő marketing nélkül. Az élelmiszerfogyasztási szokások változnak, egyes termékekkel szembeni igények nőnek, ugyanakkor egy-egy új termék sokszor bizalmatlanságot és ellenérzést vált ki a fogyasztóban. A siker kulcsa tehát a fogyasztói igényeknek való megfelelés (Costa és Jongen, 2006). Ennek megismerésére számtalan piackutatásba, felmérésbe, adatgyűjtésbe fogtak az élelmiszergyártók.

Az élelmiszerek fejlesztését három csoportra lehet bontani: nemzetközi, organikus és funkcionális. Az utóbbi két csoport az egészséges és minőségi táplálkozást célozza, míg a nemzetközi élelmiszerfejlesztés tudatos hagyománymegőrzést szolgál.

Az élelmiszeripari termékek jelentős része (46%-a) a kis és középvállalkozásokból kerülnek ki. Ezeknek a vállalkozásoknak a termékfejlesztés rendkívül kockázatos befektetés (MNÉTP, 2010), így Magyarországon az innováció viszonylag alacsony mértékű.

A termelők és feldolgozók helyzetét tovább nehezíti a kialakult piaci helyzet, hisz a jövedelmezőség eloszlása a termékpályákon rendkívül egyenlőtlen, az árak nagyon változékonyak, így a termelési költségek is kiszámíthatatlanok. A versenyképesség és hatékonyság növeléséhez a piaci szereplők helyzetének stabilizálására, megerősítésére és az innováció támogatására kell helyezni a hangsúlyt a tejágazatban. A tejtermelés a magyar mezőgazdaság és a magyar piaci termelés jelentős pillérének tekinthető, hisz a teljes állati termékpálya kibocsátásának 20%-át adja (Fledman, 2013).

Ennek érdekében a Magyar Kormány több eszközzel segíti a piaci szereplők működését (vissza nem térítendő támogatások, piaci árszabályozások, szakmai szervezetek).

Kapronczai és mtsai (2009) szerint nincs összhang az élelmiszertermelés és az innovációs háttér között. Ez okozza azt, hogy Magyarország élelmiszeripara Európai Unió támogatása ellenére elmarad a nyugat-európai országokéhoz képest.

Az Élelmiszer-feldolgozók Országos Szövetsége kezdeményezésére létrehozták a Magyar Nemzeti Élelmiszer-technológiai Platformot, mely működésével támogatja az innovációs tevékenységeket ezzel növelve a magyar élelmiszeripar versenyképességét és a hazai illetve export piaci szerepét.

2.5 A funkcionális élelmiszerek fogalma, hazai és nemzetközi helyzete

2.5.1 A funkcionális élelmiszer fogalma

Az egészséges életmód iránt érdeklődők, ma már számtalan egészséges táplálkozást hirdető irányzat közül választhatnak, s rengeteg hasznos információhoz juthatnak, mégis kevesen ismerik a funkcionális élelmiszerek fogalmát. Míg évről-évre nő a vitaminok és étrend-kiegészítők forgalma, addig az egészségünk megőrzésében is segítő funkcionális élelmiszereket hazánkban viszonylag kevesen vásárolják tudatosan.

Ez a fajta élelmiszer először az 1900-as évek végén Japánban jelent meg az akkori kormány támogatásával. A kifejlesztésnél az volt a cél, hogy betegségmegelőzéssel csökkentsék az akkori egészségügyi ellátások költségeit. Olyan élelmiszerek kifejlesztését támogatták, melyek a mindennapi táplálkozás részét tudják képezni, és többletfunkciójuk révén segítséget adnak a betegségek megelőzésében. Innen ered a funkcionális élelmiszer elnevezés.

Többen is definiálták ezen élelmiszerek fogalmát. Mindegyik megfogalmazásból kiderül, hogy ezek a termékek valamilyen többlet egészségügyi hatással rendelkeznek: előnyösek az egészségre, elősegítik az egyes testi funkciókat (pl.: emésztés) vagy erősítik az immunrendszert (Bíró, 1997). A funkcionális élelmiszerek olyan táplálékok, melyek tápértékük mellett valamilyen konkrét biológiai hatással rendelkező anyagot is tartalmaznak, illetve pozitív élettani hatást fejtenek ki (Szilvássy és Sári, 2008).

Európában az European Commission Concerted Action on Functional Food Science (FUFOSE-Group) 1999-ben a következő definíciót ajánlotta: „Az élelmiszer akkor tekinthető funkcionálisnak, ha a megfelelő táplálkozás-élettani hatásokon túl, a szervezetben egy vagy több cél-funkcióra kimutatható pozitív hatása van úgy, hogy jobb egészségi állapot vagy kedvezőbb közérzet és/vagy a betegségek kockázatának csökkenését segíti. Funkcionális élelmiszer kizárólag élelmiszer formájában kínálható,

nem mint tableta vagy kapszula. A szokásos táplálkozási magatartás integrális részét képezze, és hatását már a szokásos fogyasztási mennyiségnél fejtsse ki”.

A funkcionális élelmiszerek csak olyan betegségek megelőzésében játszanak szerepet, mely a táplálkozással összefüggésbe hozható. Ezek az élelmiszerek azonban csak egészséges étrenddel, az egészséges életvitel részeként tudnak segítséget nyújtani a betegségek megelőzésében. Önmagukban gyógyulást ezektől a termékektől nem várhatunk (Schenker, 1999).

A funkcionális élelmiszerekkel szemben támasztott követelmények:

- az összetevő természetes eredetű legyen és az emberi szervezet számára hasznosítható módon legyen jelen az élelmiszerben,
- legyen beépíthető a mindennapi étrendbe, javítsa azt és egyben az egészséget is,
- legyen alátámasztható tudományosan megalapozott tényekkel,
- a funkcionális jelleget adó összetevő ne befolyásolja az élelmiszer tápértékét, élvezeti jellegét.

2.5.2 A funkcionális élelmiszerek forgalomba hozatala

Adott élelmiszer funkcionális élelmiszerré való elismertetésének és forgalomba hozatalának jogi szabályozása országonként eltérő. Mivel nincs egységes definíció ezekre az élelmiszerekre, így a jogi háttér sem egyező.

A forgalomba hozatalnak Japánban vannak a legszigorúbb feltételei, mivel ezeket az élelmiszereket ott kimondottan gyógyászati célokra fejlesztették kik. A funkcionális élelmiszereknek Japánban külön élelmiszerkategóriájuk van: ezek a FOSHU termékek (Foods for Specified Health Use) (Sanders, 1998). Ezeknek az élelmiszereknek a dokumentált komponensei igazolt egészségügyi hatással kell rendelkezniük. További kritérium, hogy a mindennapi étrendbe beilleszthető legyen és a hatóanyagai természetes eredetűek legyenek (Roberfroid, 2000).

Az Amerikai Egyesült Államokban nincs ilyen szigorú jogi szabályozás, sem ennyire erős megfeleltetés. Itt négy élelmiszerkategóriát határoztak meg, pontosabban hármat emeltek ki:

- 1: Étrendkiegészítők
- 2: Gyógyélelmiszerek
- 3: Speciális étrendhez használt élelmiszerek
- 4: Egyéb (hagyományos élelmiszerek)

A funkcionális élelmiszer csoportba sorolását, a használat célja határozza meg, és ettől függ a termékre vonatkozó előírás is.

Magyarországon a 2003. évi LXXXII. élelmiszerekről szóló alaptörvényen túl a funkcionális élelmiszerek szabályozásával az 57/2010 (V.7.) FVM rendelet (az élelmiszerek forgalomba hozatalának, valamint előállításának engedélyezéséről, illetve bejelentéséről), a 19/2004 (II.26.) FVM-ESzCsM-GKM együttes rendelet (az élelmiszerek jelöléséről) és a 36/2004 (IV.26.) ESzCSM rendelt (a különleges táplálkozási célú élelmiszerekről) foglalkozik. Specifikus, egyértelmű jogi és piaci szabályozása azonban ezeknek az élelmiszereknek még jelenleg sem teljes.

A megvalósítás és a pontosabb kialakítás érdekében 2014. május 20-án megalakult a Funkcionális Élelmiszerlánc Termék Tanács (FÉLT), egy olyan érdekvédelmi és érdekképviselői szervezet, amely a termelők, gyártók, feldolgozók, kereskedők, felhasználók valamint a tudomány érdekeit, és véleményét képviseli. A Termék Tanács azzal a céllal alakult, hogy segítse a funkcionális élelmiszerláncához kapcsolódó jogszabályi fogalmakat és jogi hátteret megalkotni, a funkcionális élelmiszert előállítók és forgalmazók érdekeit képviselni és ezeknek az élelmiszereknek stabil piacot teremteni.

A korrekt piaci magatartást, a termékek folyamatos ellenőrzést, a fogyasztók védelmét és a fogyasztás biztonságát ezen termékek esetében is, továbbra is Fogyasztóvédelmi Hivatal, az Országos Élelmezés- és Táplálkozástudományi Intézet (OÉTI) valamint a Gazdasági Versenyhivatal biztosítja.

2.5.3 A funkcionális élelmiszerek piaci forgalma

30-40 évvel ezelőtt az alapvető élelmiszerek minimális választéka volt elérhető, ma már egy élelmiszer számtalan változata közül kiválaszthatjuk az igényeinknek megfelelő terméket.

Az eladott élelmiszerek mennyisége 1998-tól 2003-ig 60%-kal nőtt, majd 5 év alatt, 2008-ban újabb 40%-os emelkedést mutattak ki a 2003-as évhez viszonyítva (Euromonitor 2009).

Korábban említettük, hogy Japánt tekintik a funkcionális élelmiszerek őshazájának, itt több mint 1700 funkcionális élelmiszert fejlesztettek ki 10 év alatt, 1988 és 1998 között. Ezen termékek széles termékkínálata és az aktív fogyasztása 1999-ben 2.520 billió Ft árbevételt eredményezett Japánnak (Menrad, 2003).

Európában ezek a számok jóval szerényebbek és kevésbé pontosak, egyrészt azért mert a funkcionális élelmiszerek piaca nincs még annyira megerősödve, mint Japánban, vagy Amerikában, másrészt azért mert még nincs nemzetközileg elfogadott definíció a funkcionális élelmiszerekről. Pontos adatok híján 2003-ban Európában 320-640 billió Ft piaci részesedést, 2006-ban 2700 billió Ft-ot tulajdonítottak a funkcionális élelmiszereknek (Kotilainen és mtsai, 2006). Európában a funkcionális élelmiszereknek a legnagyobb felvevő piaca Németországban és Franciaországban van.

2.5.4 Funkcionális élelmiszerek Magyarországon

A tejtermékek magyarországi piacán egyértelműen a legtöbb funkcionális tejterméket gyártó és forgalmazó cég a Danone Kft. Az Activia Rostos termékcsalád élelmi rostok hozzáadásával készült, ezzel segítve az emésztést és a bélműködést. Az [Actimel](#) joghurtital a hagyományos joghurtkultúrák mellett L. Casei Danone-t (DN114001), B6-, C- és D-vitamint is tartalmaz, mely vitaminok hozzájárulnak immunrendszerünk megfelelő működéséhez. Az Actimelmárkát 1994-ben vezette be a Danone Csoport és máramár több mint 30 országban kapható.

A komáromi Solum Zrt. az omega 3-ban és CLA-ban gazdag GRASS tejet a fűfélékre és omega 3-ban gazdag takarmányozásra alapozva fejlesztette ki. Ez a termék a speciális takarmányozásnak köszönhetően a hagyományos tejekhez viszonyítva nagyobb mennyiségben tartalmazza az omega3 zsírsavakat konjugált linolsavakat, melyek a kíméletes hőkezelésnek köszönhetően el is jutnak a fogyasztóig.

Közismert funkcionális élelmiszer Magyarországon az Okos Tojás. A természetes, omega 3 zsírsavban gazdag takarmányokkal etetett haszonállatoknál E-vitaminnal akadályozzák meg a többszörösen telítetlen zsírsavak oxidációját. Az Okos Tojás harmincszor annyi omega 3 zsírsavat és ötször annyi E-vitamint tartalmaz, mint egy átlag tyúktojás. Azonban Okos tojásból is csak napi egy, de inkább mindössze heti 3-4 tojás fér bele a táplálkozási ajánlások szerint a kiegyensúlyozott étrendbe.

A funkcionális élelmiszerek piacán egyértelműen a legismertebbek a tejkészítmények. A tej azon túl, hogy alapvető élelmiszer és tápanyagforrás, sokféleképpen feldolgozható. Nincs még egy ilyen élelmiszer, melyet feldolgozva ilyen széles választékban lehetne kínálni. A tejből készült termékek mindegyike értékes

összetevőket hordoz, melyek az egészséges működésünk érdekében be kell építenünk a mindennapokba, nem szabad nélkülöznünk azokat.

A tej és tejtermékek fontosságát felismerve és kihasználva, több termékfejlesztési irány is elindult ezen a területen. Megjelentek a vitaminnal dúsított termékek (pl. Danone Densia) a zsírszegény joghurtok és élelmi rosttal dúsított habart joghurtok, laktóz csökkentett és laktózmentes tejtermékek. Mind-mind egészségmegőrzést és ideális étrendet céloz. A fejlesztésekkel próbálnak eljutni a fogyasztók minden szegmenséhez, minden korosztályhoz és minden ízléshez.

3. Anyag és módszer

3.1 A kísérletekhez felhasznált alapanyag tej

A kísérletekhez a biotejet a Körös-Maros Biofarm Kft. biztosította. A gyulavári telephelyén végzett kísérletekben holstein-fríz tejelő szarvasmarhák takarmányát antioxidánsokkal (E-vitaminnal valamint szerves, és szervesetlen szelénnel) egészítették ki. A kötetlen tartásban lévő kísérleti egyedek koruk, laktációs stádiumuk és tejtermelésük figyelembe vételével lettek kiválasztva úgy, hogy homogén csoportokat alkossanak (Sütő, Béri 2010).

Az etetési kísérletből származó elegytejeket mintáztuk meg és dolgoztuk fel. Mivel az etetési kísérletben minden egyed, így minden csoport önmagának volt a kontrollja. Az etetési kísérlet megkezdése előtti napon vettük atejmintát, ez volt a kontroll, majd az etetési kísérlet utolsó napján a kísérletbe beállított egyedek csoportonkénti elegytejéből. A feldolgozott tejeket a 2. táblázat tartalmazza.

Az olajos magvakkal (repce, napraforgó) történő takarmány kiegészítésből származó elegytejeket hűtve kaptuk meg steril kannákban. A takarmányozási kísérlet részletei, mint takarmányadag és a kísérleti állatállomány összetétele Süli Ágnes és Béri Béla közös munkáiban részletezettek (Süli és mtsai, 2015; Süli és mtsai, 2014; Süli, Béri 2009).

Az olajos magvak takarmánykiegészítéséből származó tej, és az abból készített termékek értékelése és összehasonlíthatósága céljából kontroll termékeket készítettünk, melyhez az alapanyagot szintén a Körös-Maros Biofarm Kft. bocsájtotta rendelkezésünkre.

2. táblázat: A takarmányozási kísérletből származó tejek

S.sz.	Csoportok
<i>E-vitamin és szelén kiegészítésből származó tejek</i>	
1.	Kontroll (50 liter)
2.	E-vitamin kiegészítésből származó elegytej (50 liter)
3.	E-vitamin és szerves szelén kiegészítésből származó elegytej
4.	E-vitamin és szervetlen szelén kiegészítésből származó elegytej (50 liter)
5.	Szerves szelén kiegészítésből származó elegytej (50 liter)
6.	Szervetlen szelén kiegészítésből származó elegytej (50 liter)
<i>Olajosmagvak kiegészítésből származó tejek</i>	
7.	Kontroll (30 liter)
8.	Repce kiegészítésből származó elegytej (30 liter)
9.	Napraforgó kiegészítésből származó elegytej (30 liter)

3.2 A kísérleti tejtermékek gyártása

A kísérleti tejtermékek gyártását és utóérlelését a Szegedi Tudományegyetem Mérnöki Karán lévő tejlaborban végeztük laboratóriumi körülmények között.

3.2.1 A joghurt készítése

Az alapanyagtejet gőzfűtésű duplikátorban 75°C-ra melegítettük fel és folyamatos keverés, illetve hőmérsékletellenőrzés mellett ezen a hőfokon tartottuk 5 percig. Nem az ipari körülmények között szokásos magas hőmérsékletet alkalmaztuk, mivel a biotej eredeti bioaktív komponenseit minél jobban meg kívántuk őrizni. A hőkezelés után a tejet a 60°C-ra visszahűtöttük és 20 MPa nyomáson homogenizáltuk (APV Gaulin Lab 60). A tejet 40°C-ra visszahűtöttük, majd 0,1g/5l mennyiségben YoFast88 (Ch, Hansens, Dánia) kultúrával oltottunk. Beoltást követően mindkét alapanyagtejből későbbi savóeresztés vizsgálatra párhuzamos mintákat vettünk ki 100 ml-es centrifuga csövekbe. Ezeket a mintákat később egyszerre és ugyan úgy kezeltük, mint a többi tejet, terméket. A beoltott tejet lepoharaztuk (Junior Handy, Zootechnika Kft., Gödöllő) és termosztátban 45°C-on 4,6 pH-ig inkubáltunk. A pH értékét folyamatosan ellenőriztük Orion 4 Star Plus (Thermo Scientific, Singapur) készülékkel. 4,6 pH elérése után a joghurtokat 5 °C-ra hűtöttük és 24 órán keresztül tároltuk.

A laktózbontott joghurt gyártástechnológiája a fent említetteken túl annyiban volt más, hogy a homogenizálás után a tej feléhez 2 ml/liter (0,2%) mennyiségben laktáz enzimet adagoltunk. A laktáz enzim alapos elkeverése után a mintákat 1 órára termosztátba helyeztük, és 40°C-on inkubáltuk. Az inkubálás végén a tejcukortartalmat refraktométerrel (RFM712, VWR International Kft.) ellenőriztük. A laktázzal kezelt minták laktóztartalma minden esetben 0,5g/100cm³ alatt volt. Ezt követően minden gyártási lépése megegyezett a fent leírtakkal.

3.2.2 A sajt készítése

Az alapanyagtejet a sajt esetében 70°C-on hőn tartottuk 5 percig. Ezt követően 32°C-on kalcium-kloridot adtunk a tejhez 0,2g/liter mennyiségben. A kalcium-klorid elkeverése után *Lactobacillus casei* startert (Ch, Hansens, Dánia) 0,02 g/liter mennyiségben) és 0,9 ml/liter oltóenzimet (Chy Max, Hansens) kevertünk el a tejben. Az enzimmel beoltás célja, hogy a folyékony sajttejet szol állapotból gél állapotba vigyük át, megalvasszuk. Esetünkben 40 perc volt az alvasztási idő. Az alvadékat 0,5 cm-es rögökre vágtuk, ezzel növelve a savó leadásának a felületét. A hőmérséklet enyhe emelése mellett (35-38°C-on) folyamatosan mozgattuk a rögöket, hogy ne csomósodjanak össze. A képződött savót fokozatosan elvezettük a sajtkádból. Az alvadékat formába tettük és 0,08 MPa nyomáson 1 órán át préseltük. A sajtot konyhasóval bedörzsöltük. Az úgynevezett száraz sózást követően hűtőben 5 napon keresztül 10°C alatt érleltük. Ez alatt az idő alatt kialakult a sajtnak a kérge és leszáradt a felülete. 5 nap után vákuummal légmentesen lecsomagoltuk a sajtokat és további 20 napig, szintén 10°C-on utóérleltük. Az érlelés után félkemény, trappista jellegű sajtokat kaptunk.

3.3 Beltartalmi vizsgálatok

A beltartalmi vizsgálatokat a Eurofins Food Analytica Laboratóriumi és Innovációs Kft. végezte el akkreditált módszerekkel.

Szárazanyag tartalom meghatározás MSZ 2714-2:1989 2. fejezet szerint történt az alábbi anyagokkal és eszközökkel: Binder ED 115 típusú szárítószekrény, kvarchomok (Reanal), szilikagél (Reanal), szárító tégely, analitikai mérleg (Ohaus), vízfürdő (GFL TYP). A bemért minta 102°C-on tömegállandóságig szárították, majd a minta szárazanyagtartalmát g/100g egységben képlettel számították.

Zsírtartalom meghatározás az MSZ 9602:1984-es szabványnak megfelelően a Röse-Gottlieb módszerrel történt az alábbi anyagokkal és eszközökkel: Binder ED 115 típusú szárítószekrény, szilikagél (Reanal), szárító tégely, analitikai mérleg (Ohaus), vízfürdő (GFL TYP), ammónium-hidroxid (Reanal), etanol (Molar), dietil-éter (Molar), petroléter (Molar), rázótolcsér, rotációs vákuumbepárló (Heidolph LABOROTA 4010/4011 T).

Zsírsavösszetétel meghatározása: a minta előkészítését az MSZ EN ISO 5509:200 szabvány szerint végezték, a zsírsavösszetétel meghatározása MSZ ISO 558:1992 szabvány szerint történt. A minta zsírtartalmának kinyerése után 0,1g zsírhoz 4 ml izo-oktanolt (VWR) adagoltak, majd kálium-hidroxidos metanollal metil észtert állítottunk elő. Nátrium-szulfít hozzáadását követően az oldat tisztájából 1 ml-t kipipettáztak és az automata injektorral rendelkező Thermo Focus GC készülékbe injektálták.

A Gázkromatográfiás analízis körülményei:

- Kolonna: 100m x 0,25 mm kvarc kapilláris (FAME) állófázis
- kolonnatér hőmérséklete: 250 °C
- injektor: splitter 175°C, injektálási térfogat: 1 µl
- vivőgáz: He, sebessége: 20 cm/s

Az értékek a csúcsok retenciós ideje alapján lettek beazonosítva az ismert összetételű standard és kalibrációs oldatok segítségével.

Fehérjetartalom meghatározás a blokkoncsolásos módszerrel végezték a MSZ 1385:1987 szabvány szerint. A fehérje mennyiségét a mért nitrogéntartalomból számítással kapták meg: $\text{fehérjetartalom} = \text{Nitrogéntartalom} \times 6,38$

E vitamin tartalom meghatározás a MSZ EN 12822:2000 szabvány szerint, akkreditált módszerrel történt.

Felhasznált anyagok, eszközök: metanol (Molar), etanol (Molar), nátrium-szulfát (Reanal), KOH-oldatok (elszappanosításhoz) (Reanal), antioxidáns (aszcorbinsav) (Reanal), oldószerek, extraháló szerek (dietil-éter, n-hexán) (Molar) és HPLC minőségű desztillált víz (Molar). Standard oldatok felhasználásával és a törzsoldatok megfelelő hígításával kalibrációs oldatokat készítettünk, rotációs vákuumbepárló (Heidolph LABOROTA 4010/4011 T), HPLC (Thermo Finnigan Surveyor HPLC System).

A minta homogenizálása után 15 grammot 500 ml-es gömblombikba helyeztek és 100 ml etanol, 50 ml 50%-os kálium-hidroxid és 2 g aszcorbinsav jelenlétében 1 órán

keresztül visszafolyós hűtőben főzték. A mintaoldatot 1000 ml-es választótölcsérbe töltötték, majd 25 ml abszolút etanolt, 200 ml desztillált vizet és 150 ml petrolétert adtak hozzá. Az oldatot 1 percen keresztül rázták, majd hagyták szétválni a fázisokat. Az alsó vizes fázist leengedték, a hexános fázist különválasztották. A vizes fázist kirázták petroléterrel. A szerves fázisokat 3*400 ml desztillált vízzel semlegesséig mosták. A pH-t fenolftalein indikátorral folyamatosan figyelték. Rotációs vákuumbepárló készülékekkel a szerves fázist majdnem szárazra párolták, majd 50 ml metanolban felvették. Ezt injektálták a HPLC-be. HPLC-s körülmények:

- Eluens: 90% metanol, 10% desztillált víz.
- Áramlási sebesség: 1 ml/másodperc
- Detektálás: DA detektor 254 nanométer

Fluoreszcenz detektor emissziója: 330 nanométer,
exinkciója 295 nanométer.

- Kolonna hőmérséklete: 35 °C, típusa: Hyper colone 5 μ ODS (C18) 120A

A kalibrációs görbéhez viszonyítva, a kapott kromatogramm csúcsterülete alapján történt a kiértékelés.

Szeléntartalom meghatározáshoz felhasznált anyagok, eszközök: sósav (25 tömegszázalékos és hígított) (Molar), salétromsav (Molar), nátrium-borohidrát (Sigma-Aldrich) oldat, szeléntörzsoldat, szelénstander oldat (Reanal), ultrahangos vízfürdő (Branson 5510 E-MT), atomabszorpciós spektrofotométer (Thermo ICE 3500).

A szelén mennyiségét az MSZ EN 14627:2005-ös szabvány szerint, akkreditált módszerrel határozták meg hidridfejlesztéses atomabszorpciós spektrometriával nyomás alatt, feltárás után.

A mintához salétromsavat adtak, feltárták, roncsolták, majd 12 óráig pihentették. Ezt követően ultrahang fürdőbe helyezték 5 percre és az oldatot vízzel hígították. Ezután következett a mérés hidrid-technikával. Folyamatos áramlással a Na-borohidrid és a mintaoldat származékot képez a szelénnel. Ezt a származékot az atomabszorpciós spektrofotométer 196 nanométeren méri.

A kalibrációs görbéhez viszonyítva, a kapott kromatogramm csúcsterülete alapján történt a kiértékelés.

3.4 Műszeres állományvizsgálat

Az elkészített joghurtok állománytulajdonságainak megállapítására műszeres vizsgálatokat végeztünk, továbbá megvizsgáltuk a kontroll és laktózbontott joghurtok alvadék szilárdsága közti különbséget.

A műszeres vizsgálatot QTS állományvizsgáló analizátorral (CNS Farnell), az adatfeldolgozást Pro Texture szoftvercsomaggal végeztük (1. kép).



1. kép:QTS állományvizsgáló műszer

A készülék a rágás mechanizmusát modellezi. A műszer egy, a termékbe behatoló próbatesttel méri a behatolási és kihúzása közben fellépő erőket illetve rögzíti az időt. A mérőfej le-felmozgatása során a minta ellenállásának, állományának hatására a mérőcellában fellépő erő változik. Ennek az erőnek az adatait az időbeli változásait méri és rögzíti a gép.

Alkalmazott paraméterek az állományvizsgálat során:

Vizsgálat típusa: állomány profil analízis (TPA)

Próbatest átmérője: 1,2 cm

Próbatest mozgásának sebessége:< 1000 mm/sec, 1mm/sec lépésközzel

Sebesség pontossága: jobb mint a teljes skála 1%-a

Maximális erő: 2500N

Terhelési sorozat:125000-ig, 1g lépésközzel, 15000-ig 0,2g lépésközzel

Terhelési pontosság: jobb mint a cellában lévő értékek 0,05%-a

A műszer 15 paramétert képes mérni és rögzíteni. A joghurt állománytulajdonságainak a leírására az alábbiak a legalkalmasabbak:

Első törési erő: az az erő, ami ahhoz kell, hogy a joghurt felszínét megszakítsuk, és behatoljunk a mintába.

Keménység: a maximális terhelhetőség az első ciklusban, egysége: g. Az az erő, amely ahhoz szükséges, hogy a termék szerkezetét megbontsuk, benne változást okozzunk. A joghurtnál ilyen pl. az erő az első kanál joghurtba tevéséhez szükséges erő.

Tapadási erő: negatív csúcs az első ciklusban, egysége: g. Az alvadék szétszakításához szükséges erő. Joghurtnál az az erő, ami a kanál kivételéhez kell.

Tapadási munka, tapadósság: a teljes negatív terület az első ciklusban, egysége: g*sec. Érzékszervileg az az erő, amely ahhoz szükséges, hogy a rátapadt felületről eltávolítsuk az anyagot.

3.5 A savóeresztés mérése

A centrifugacsőben megalvasztott mintákat 1500 fordulat/percen 2 percig centrifugáltuk (MPW 350). A centrifugálás hatására kiváló savót eltávolítottuk az alvadéktól. A korábban bemért tej, a kapott alvadék és savó súlyát négy tizedes jegy pontossággal rögzítettük (Ohaus Explorer (Ohaus, USA) analitikai mérleg). A savóeresztés mértékét a kiváló savó, eredeti tejre vonatkoztatott arányával, %-ban adtuk meg.

3.6 A kísérleti termékek érzékszervi bírálata

6 fős bíráló bizottság 20 pont összpontszámú bírálatot végezte el a joghurtok érzékszervi minősítését. 4 szempontot vettek figyelembe: állomány, szín, szag illetve íz. Az egyes tulajdonságsoportok érzékszervi minősítését 1-5-ig terjedő skálán pontozták, ahol 5 a legkiválóbb és 1 a legrosszabb érték. A pontozást a Magyar Élelmiszerkönyv 1-3/51-1 előírásai szerint, a savanyú tejkészítmények érzékszervi követelményeinek megfelelően történt.

A kísérleti joghurtok bírálati szempontjai

- 5 pont: egyenletesen csontfehér színű, májas homogén alvadék, mely felfölöződéstől mentes, kellemesen savanykás ízű és illatú.
- 4 pont: a vizsgált 4 tulajdonságcsoporthoz valamelyike kifogásolható, míg a termék élvezeti értéke kifogástalan (pl: savóeresztés, nem elég intenzív illat).
- 3 pont: egyértelműen kifogásolható egy vagy több tulajdonság (renyhe alvadás, folyós állomány, üres, túl intenzív íz).
- 2 pont: erősen kifogásolható termék, csontfehértől eltérő szín, rossz állománytulajdonságok, idegen szag és utóíz.
- 1 pont: mind a négy tulajdonságcsoporthoz erősen kifogásolható.
- 0 pont: alkalmatlan fogyasztásra.

Kísérleti sajtok bírálati szempontjai

- 5 pont: Száraz vagy enyhén zsíros felületű, egyenletes, homogén kéreggel rendelkező halványsárga színű sajt, melynek térszámjában egyenletes eloszlásban és méretben borsó nagyságú erjedési lyukak vannak.
- 4 pont: a vizsgált 4 tulajdonságcsoporthoz valamelyike kifogásolható, míg a termék élvezeti értéke kifogástalan (pl: nem elég intenzív illat, erjedési lyukak nagyon aprók és rendszertelenek).
- 3 pont: egyértelműen kifogásolható egy vagy több tulajdonság (kellemetlen utóíz, vagy idegen szag, a sajttészta színe nem egyenletes).
- 2 pont: erősen kifogásolható termék, a sajttészta állaga csomós, törtfehér, halványsárga színtől eltérő szín, rossz állománytulajdonságok, idegen szag és utóíz.
- 1 pont: mind a négy tulajdonságcsoporthoz erősen kifogásolható.
- 0 pont: alkalmatlan fogyasztásra.

A bírálók által adott összpontszámokat átlagoltuk, az eredmények grafikus ábrázolása az így kapott átlagokból történt.

3.7 Matematikai, statisztikai értékelés

MS Excel 2010 programmal készítettük a táblázatokat, diagramokat, ábrákat, valamint az átlagokat és szórás értékeket is ebben a programban számoltuk. Az adatok statisztikai értékelést SPSS for Windows 13.0 verzióval végeztük.

Az adatok varianciájának homogenitását Levene teszttel ellenőriztük.

Az egyes takarmányozási kísérletből származó tej és termékek, valamint különböző kiegészítésekből származó termékek értékeit egytényezős varianciaanalízissel hasonlítottuk össze. Homogén varianciák esetén Tukey tesztet, nem homogén varianciák esetén Tamhane tesztet alkalmaztunk a csoportok közötti szignifikáns különbségek meghatározására.

Az állományvizsgálat értékeit homogén varianciák esetén kétmintás T próbával, nem homogén varianciák esetén Welch próbával értékeltük.

Az antioxidáns kísérletből kikerülő termékek értékeit a kiindulási tejnek az értékeivel páronként hasonlítottuk össze párosított T próba alkalmazásával.

Minden esetben 5%-os szignifikancia szinten dolgoztunk.

4. Eredmények

4.1A feldolgozás hatása az antioxidánsal történő takarmánykiegészítésből származó tejnél

4.1.1 A vitamintartalom változása a feldolgozás hatására

A vizsgálatunk célja volt megfigyelni azt, hogy a takarmány kiegészítés révén a tejben megnövelt vitamin- és szeléntartalom, mennyiben változik a feldolgozás hatására a termékekben, illetve hogy a természetes úton történő E-vitamin dúsításnak van-e hatása a kísérleti termékek érzékszervi tulajdonságaira.

Az egyes termékek gyártása előtt minden esetben mintát vettünk az alapanyagtejéből, majd a feldolgozás után az elkészült termékéből.

Mivel 5 különböző csoport tejét dolgoztuk fel, melyek különböző kombinációban kapták az E-vitamint és a szelént, így sajnos nem tudtuk egységes vitamin koncentrációval kezdeni a termékgyártást. Az alapanyagtej vitamin és szelén tartalma adott volt, a gyártás során nem alkalmaztunk további dúsítást.

Az alapanyagtej beltartalmi paramétereit a 3. táblázatban foglaltam össze. A táblázat értékeiből látható, hogy a különböző dózisban takarmány-kiegészítőként adagolt E-vitamin megjelent a tejben, és érdemben növelte annak vitamintartalmát.

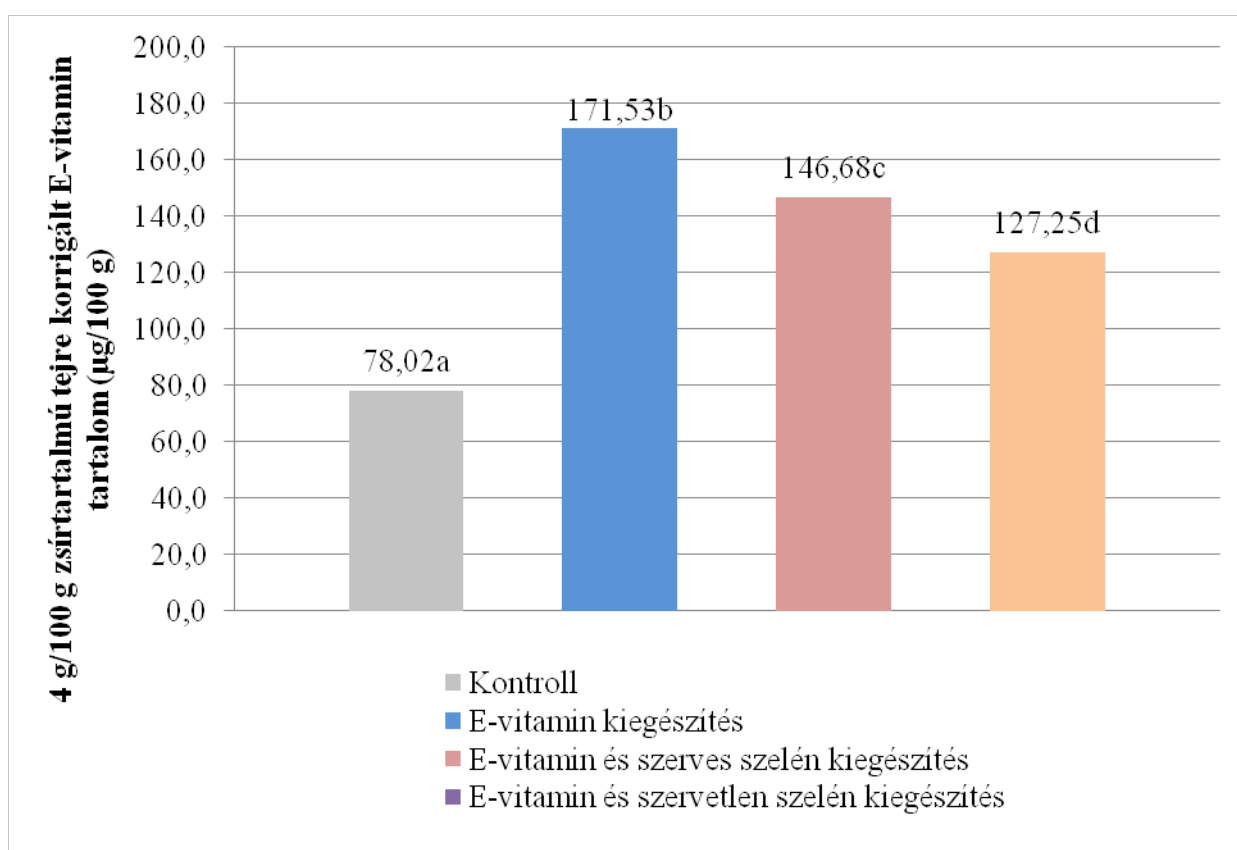
3. táblázat: A feldolgozott kísérleti tejek beltartalmi értékei (n=6)

Tej	Száranyag (g/100g)		Fehérje (g/100g)		Zsír (g/100g)		E-vitamin (µg/100g)		
	átlag	szórás	átlag	szórás	átlag	szórás	átlag	szórás	CV%
Kontroll	12,87	±0,34	3,49	±0,15	3,90	±0,13	76,00	5,90	±7,76
E-vitamin kiegészítés	15,98	±0,48	3,47	±0,13	3,83	±0,16	164,00	7,32	±4,46
E-vitamin és szerves szelén kiegészítés	15,57	±0,56	3,98	±0,20	3,79	±0,07	139,00	12,41	±8,93
E-vitamin és szervetlen szelén kiegészítés	16,19	±0,14	3,53	±0,06	3,68	±0,04	117,00	7,67	±6,55

Az antioxidáns etetési kísérletből származó tejből hatszoros ismétléssel sajtot és joghurtot készítettünk. A termékgyártás párhuzamosan történt, a felhasznált anyagok, a körülmények és a technológiai lépések minden ismétlés esetében azonosak voltak.

Az egyes csoportok közti szárazanyag és zsírtartalombeli különbségek a kísérlet beállításából adódtak. A kontroll tejminta a kísérletben szereplő összes egyed elegytejéből lett véve, majd az etetési kísérlet végén a termékgyártásra felhasznált tej pedig külön-külön a csoportok elegytejéből került ki.

Ahhoz, hogy az egyes csoportok vitamintartalmát össze tudjuk hasonlítani, 4 g/100g zsírtartalomra korrigáltuk az E-vitamin mennyiségét. A korrigált értékeket a 7. ábra mutatja.



7. ábra: A kísérleti tejek E-vitamin tartalma (n=6)

a,b,c,d: a különböző betűvel jelölt értékek szignifikánsan eltérnek egymástól ($P < 0,05$).

Mindegyik kiegészítésből származó tej E-vitamin tartalma szignifikáns mértékben magasabb a kontroll tej E-vitamin tartalmához képest, ezáltal azok többletfunkcióval is rendelkeznek. A kontroll tej E-vitamin tartalma az irodalmi adatokban szereplő értékekkel összhangban van, Csapó, Csapóné (2002) 110 µg/100g-ban állapította meg ennek a vitaminnak az átlag értékét. Weiss és Wyatt (2003) kísérletük során a tejben 44 µg/100g E-vitamin tartalmat 116 µg/100 g-ra emelte takarmányozással, míg Gunaser és Karagul (2012) 80 µg/100g E-vitamin tartalmú kontroll tejjel dolgozott.

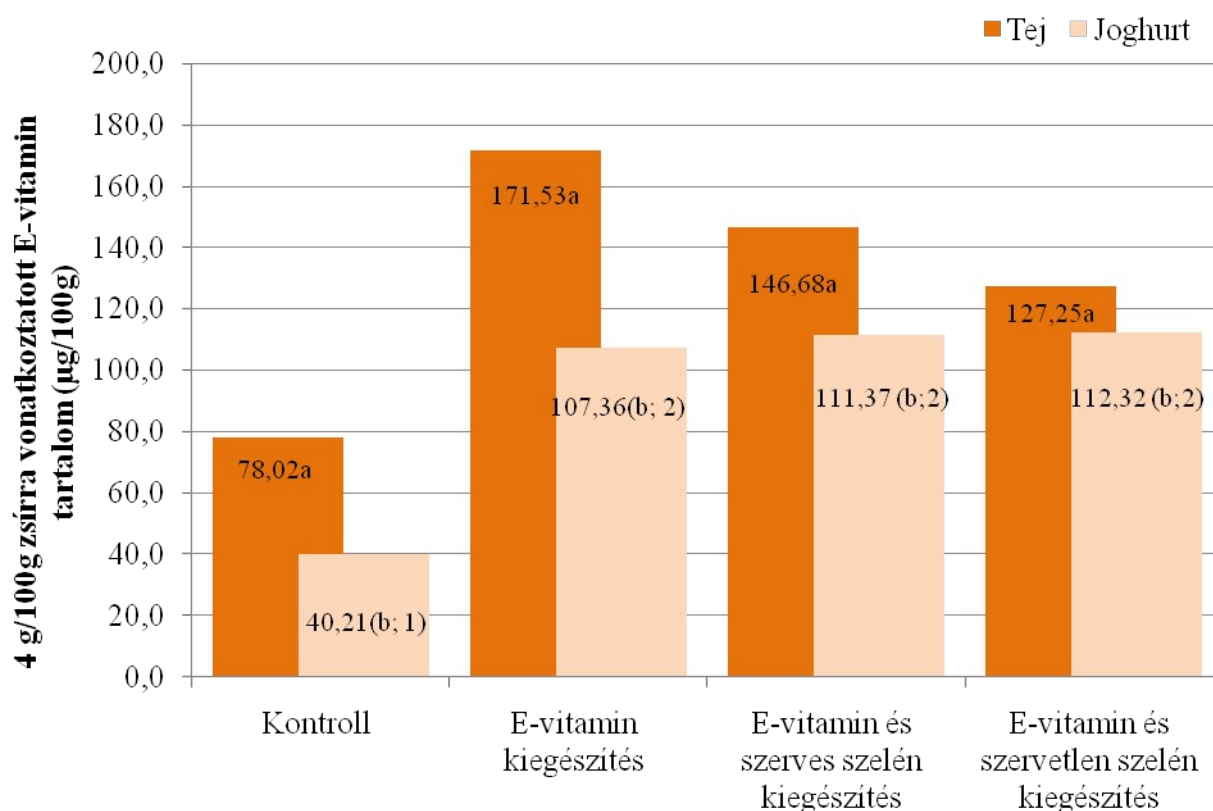
A joghurtkészítés során az 4. táblázatban közölt vitaminok csoportonként eltérő mértékben maradtak meg a termékben.

4. táblázat: A kísérleti joghurtok átlagos beltartalmi értékei (n=6)

Joghurtok	Száranyag (g/100g)		Fehérje (g/100g)		Zsír (g/100g)		E-vitamin (µg/100g)		
	átlag	szórás	átlag	szórás	átlag	szórás	átlag	szórás	CV%
Kontroll	12,28	±0,32	3,35	±0,05	3,89	±0,12	39,00	±3,22	8,27
E-vitamin kiegészítés	11,83	±0,12	3,47	±0,07	3,75	±0,13	100,50	±3,78	3,76
E-vitamin és szerves szelén kiegészítés	15,33	±0,44	3,89	±0,15	3,74	±0,06	104,0	±12,79	12,30
E-vitamin és szervetlen szelén kiegészítés	15,41	±0,21	3,51	±0,06	3,66	±0,03	102,67	±3,61	3,52

Mivel nem volt lehetőség az alapanyagtej zsírtartalmának sztenderdizálására, így a kísérleti joghurtok vitamintartalmát szintén 4 g/100g zsírtartalomra korrigálva ábrázolom a 8. ábrán, ahol grafikusán is látszódik a tej vitamintartalma, valamint a termékben megmaradt vitamin mennyiség egyaránt.

Az ábrából látható, hogy a vitaminveszteség a szelén jelenlétében mérsékeltebb, mint a kontroll és a tisztán E-vitamin kiegészítés esetében. A tisztán E-vitamint tartalmazó tejből készített joghurtokban a vitamin 62,58 (±1,41)%-a maradt meg a feldolgozás után, míg szelén jelenlétében a vitamin megmaradás 77,09 (±15,88)%-os illetve 88,59 (±7,35)%-os volt. Az E-vitamin lényegesen nagyobb arányú megmaradása a termékben egyértelműen a szelén jelenlétének köszönhető, mivel a gyártástechnológia, és a joghurtkészítéshez használt kultúrák mind a négy esetben azonosak voltak. A legkisebb E-vitamin megmaradás a kontroll termékben volt tapasztalható (51,89 ±6,79%).



8.ábra: Az alapanyagtej, és a belőle készített joghurtok E-vitamin tartalma (n=6)

a,b: csoporton belül a különböző betűvel jelölt értékek szignifikánsan eltérnek egymástól ($P < 0,05$)

1,2: csoportok között a különböző betűvel jelölt értékek szignifikánsan eltérnek egymástól ($P < 0,05$).

A tej és a termék közti vitamintartalombeli különbségek azonban mind a négy csoport esetében jelentősek, az E-vitamin tartalom a feldolgozás hatására szignifikáns mértékben csökkent. A vitamin tartalom csökkenését okozhatta egyrészt a hőkezelés (Delgado és mtsai, 2013), valamint egyéb tényezők, mint pl. a kavitációval segített oxidációhomogénezés közben, a bakteriális tevékenység, a savasság, melyek destabilizálhatják a tokoferol láncot. Hanson és Metzger (2010) a joghurtkészítés során hozzáadott D-vitaminnal dúsították a tejet, kísérletükben nem volt szignifikáns hatással a feldolgozás a D-vitamin tartalomra. Ilic és Achoor (1988) által készített joghurtokban a gyártás során hozzáadott A-vitamin 30%-a, C-vitamin 20%-a maradt meg a termékben.

Amennyiben a kontroll termékhez hasonlítjuk a kísérleti joghurtok vitamintartalmát, megállapíthatjuk azt, hogy a kiegészítések, függetlenül attól, hogy

mekkora volt a vitaminveszteség, eredményesek voltak, mivel szignifikáns mértékben magasabb E-vitamin tartalmú termékeket sikerült előállítani a kontroll joghurthoz képest.

Az hogy a kiegészítés szerves vagy szervetlen szelénrel történt, a joghurt E-vitamin tartalmát nem befolyásolja, hisz e között a két csoport között E-vitamin tartalom esetében nincs szignifikáns különbség.

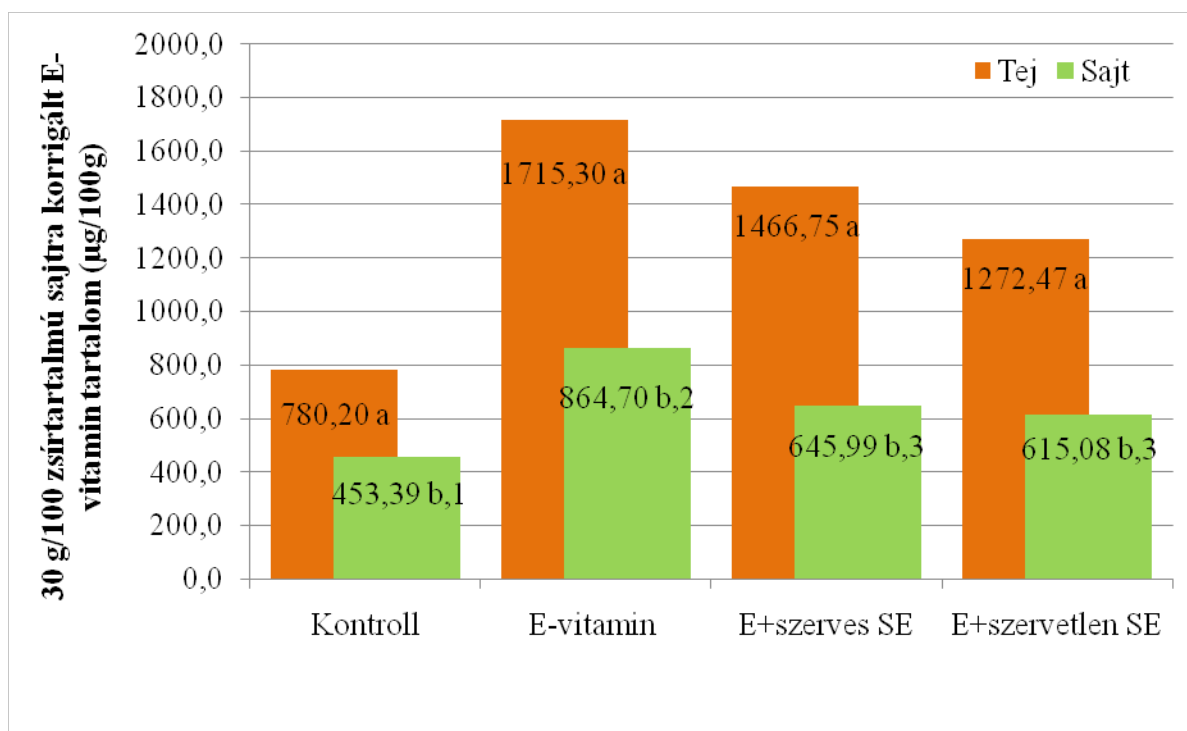
A joghurtgyártás szempontjából tehát ajánlott az E-vitamin kiegészítést szelénrel kombinálni, mivel így garantáltabb a vitamin megmaradása a termékben.

A sajtok esetében a vitamin megmaradása jóval kiegyenlítettebb volt a csoportok között. A kísérleti termékek átlagos beltartalmi értékei az 5. táblázatban vannak összefoglalva.

5. táblázat: A kísérleti sajtok átlagos beltartalmi értékei (n=6)

Sajt	Száranyag (g/100g)		Fehérje (g/100g)		Zsír (g/100g)		E-vitamin (µg/100g)		
	átlag	szórás	átlag	szórás	átlag	szórás	átlag	szórás	CV%
Kontroll	56,01	±0,33	22,58	±0,82	26,13	±0,72	395,0	±23,71	6,00
E-vitamin kiegészítés	62,27	±0,16	23,21	±0,36	30,89	±0,34	890,0	±53,09	5,97
E-vitamin és szerves szelén kiegészítés	66,56	±0,24	24,86	±0,77	33,07	±0,13	712,0	±41,28	5,80
E-vitamin és szervetlen szelén kiegészítés	65,66	±0,40	23,92	±0,57	31,46	±0,92	645,0	±43,17	6,69

Arányaiban 1 kg sajt elkészítéséhez 10 liter tejet használtunk fel. Az arányokat a 9. ábra szemlélteti, ahol a kísérleti sajtok zsírtartalmát 30 g/100g-ra korrigáltuk. A feldolgozás végére mind a négy csoport esetében a termék vitamintartalma szignifikáns mértékben csökkent a tej vitamintartalmához. A tisztán E-vitamin takarmánykiegészítést kapó tehenek tejéből készített sajtban a tej E-vitamin tartalmának 50,49 (±3,90)%-a, az E-vitamin és szerves szelén kiegészítésből 44,46 (±6,02)%, E-vitamin és szervetlen szelén kiegészítésből 48,44 (±3,63)% volt a vitamin megmaradás (9. ábra).



9.ábra:A tej és a belőle készített sajtok E-vitamin tartalma (n=6)

a,b: csoporton belül a különböző betűvel jelölt értékek szignifikánsan eltérnek egymástól ($P < 0,05$)

1,2,3: csoportok között a különböző betűvel jelölt értékek szignifikánsan eltérnek egymástól ($P < 0,05$).

Banville és mtsai (2000) is hasonló eredményeket kaptak, ők szintén zsírban oldódó vitamin tartalomváltozást (D-vitamin)figyeltek sajtokban. Kísérletükben nem természetes módon dúsított, hanem gyártás közben hozzáadott vitaminnal dolgoztak, melynek 61,5 ($\pm 5,40$)-a maradt meg a termékben.

Ganesan és mtsai (2011) szintén D-vitamindúsítással készített sajtokban vizsgálták a vitamin megmaradását, esetükben az oldatként adagolt vitamin 81 ($\pm 2,9$)-ban, olajként adagolt 98 ($\pm 2,4$)-ban és a porként hozzáadott vitamin 98 ($\pm 6,7$)-ban maradt meg a sajtban.

Kísérletünkben szignifikánsnak bizonyult a különbség az tej és az abból készített sajtok E-vitamin tartalma, mégis a tej és a sajt vitamintartalmának adatai között a korreláció szoros ($r=0,894$). Ez azért lehet, mert az E-vitamin zsírban oldódó vitamin, a sajt pedig koncentrálna a tej szárazanyagát, így a zsírral együtt az E-vitamint is. A gyártástechnológia során szinte csak a savó távozik el a termékből, minimális a fehérje és a zsírvesztesség. Ezzel magyarázható a két adatsor közti markáns kapcsolat.

A kontroll és a kísérleti sajtok vitamintartalmának vizsgálatával hasonló következtetéseket lehet megállapítani, mint a joghurtok esetében. Mindegyik kiegészítésből származó termék vitamintartalma szignifikáns mértékben magasabb a kontroll sajt vitamintartalmához képest, tehát a tejben lévő vitamin többlet értéket adott a kísérleti sajtoknak is. A vitamin kiegészítés ilyen szempontból sikeresnek tekinthető, mivel szignifikáns különbségeket eredményezett. A kísérleti sajtok vitamintartalma azonban nem akkora, hogy jelentősnek lehessen tekinteni. Ezeket a mennyiséget a termékben akár egy gondosan összeállított, változatos takarmányozással is lehet biztosítani kiegészítés nélkül.

4.1.2 A szeléntartalom változása a feldolgozás hatására

Az alapanyagtejek beltartalmi értékeit és szelén tartalmát az 6. táblázat foglalja össze. A szelén kiegészítés az egyes kísérleti csoportok esetében azonos mértékű volt, így nem csak a kontroll csoporthoz, de egymáshoz viszonyítva is tudjuk értékelni a termékek tekintetében a kiegészítések hatékonyságát.

A táblázatból látható, hogy a kontroll tej szeléntartalma közel azonos az irodalmi adatokkal: 2,08 µg/100 g (Goncalves, 2007), 2,5 µg/100 g (Reykdal és mtsai, 2011) 2,5 µg/100g (Csapó, Csapóné, 2002).

6.táblázat: A feldolgozott kísérleti tejek beltartalmi értékei (n=6)

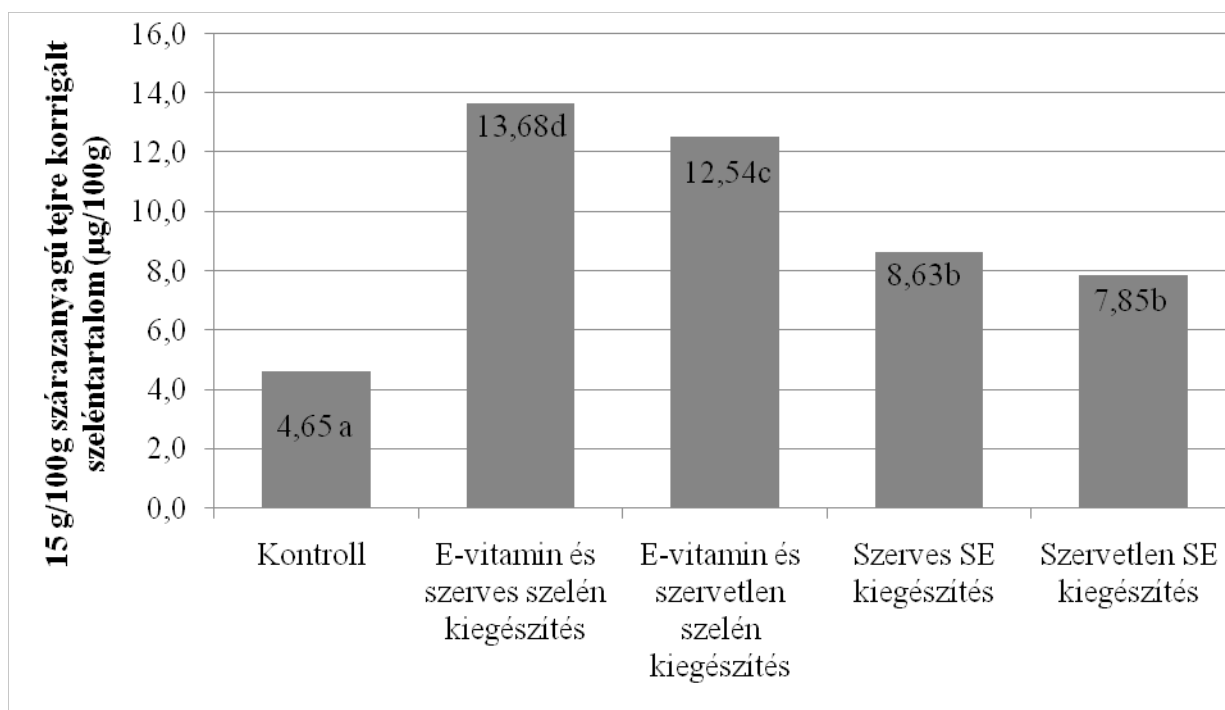
Tej	Száranyag (g/100g)		Fehérje (g/100g)		Zsír (g/100g)		Szelén (µg/100g)		
	átlag	szórás	átlag	szórás	átlag	szórás	átlag	szórás	CV%
Kontroll	12,87	±0,34	3,49	±0,15	3,90	±0,13	3,98	±0,15	3,70
E-vitamin és szerves szelén kiegészítés	15,57	±0,56	3,98	±0,20	3,79	±0,07	14,18	±0,29	2,06
E-vitamin és szervesetlen szelén kiegészítés	16,19	±0,14	3,53	±0,06	3,68	±0,04	13,53	±0,34	2,50
Szerves SE kiegészítés	17,48	±0,23	3,54	±0,07	3,69	±0,04	10,07	±0,64	6,40
Szervesetlen SE kiegészítés	15,32	±0,16	3,71	±0,12	3,74	±0,06	8,02	±0,21	2,67

Több szerző elemezte a tej szeléntartalmának változásait és annak emelési lehetőségeit (Yanardag és Orak, 1998, Goncalves és mtsai, 2007, Petrera és mtsai 2009,

Meyer és mtsai, 2014), de arra vonatkozóan, hogy a megemelt szeléntartalom hogyan illetve mennyiben változik a feldolgozás hatására, már kevesebb irodalom foglalkozik.

Ezt figyelembevéve végeztük el a gyártási kísérleteket, annak érdekében, hogy megfigyeljük a feldolgozás hatására bekövetkező szeléntartalom változást, és képet kapjunk arról, hogy a sajtkészítés során mekkora lehet a szelénveszteség.

A kísérleti tejek szeléntartalmát az összehasonlíthatóság érdekében a 15 g/100g szárazanyag tartalmú tejsre adtuk meg a 10. ábrán.



10.ábra:A kísérleti tejek átlagos szeléntartalma (n=6)

a,b,c,d: a különböző betűvel jelölt értékek szignifikánsan eltérnek egymástól ($P < 0,05$).

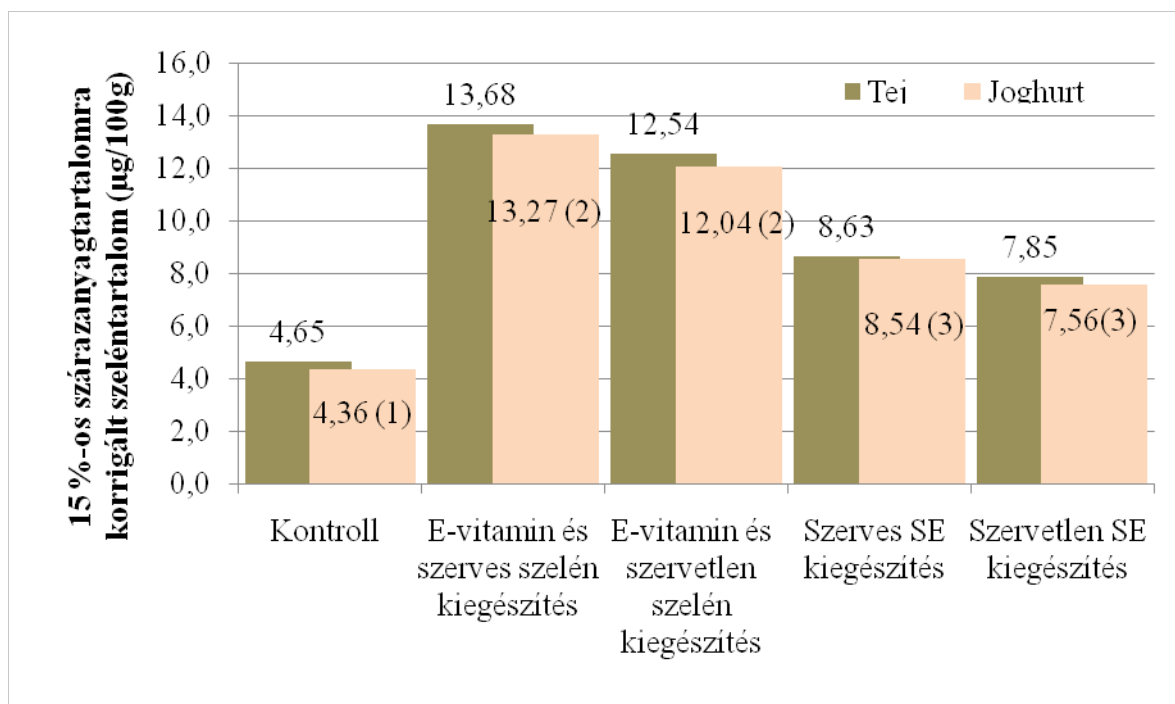
Mindegyik kiegészítésből származó tej szeléntartalma nem csak a kontroll tejtől, de egymástól is szignifikáns mértékben eltérnek.

Az egyes csoportok tejséből készített joghurtok beltartalmi értékeit a 7. táblázat foglalja össze.

7. táblázat: A kísérleti joghurtok beltartalmi értékei (n=6)

Joghurt	Száranyag (g/100g)		Fehérje (g/100g)		Zsír (g/100g)		Szelén (µg/100 g)		
	átlag	szórás	átlag	szórás	átlag	szórás	átlag	szórás	CV%
Kontroll	12,28	±0,32	3,35	±0,05	4,06	±0,19	3,57	±0,10	2,90
E-vitamin és szerves szelén kiegészítés	15,33	±0,44	3,89	±0,15	3,74	±0,06	13,55	±0,22	1,60
E-vitamin és szervesetlen szelén kiegészítés	15,41	±0,21	3,51	±0,06	3,66	±0,03	12,37	±0,22	1,75
Szerves SE kiegészítés	17,10	±0,39	3,44	±0,11	3,68	±0,03	9,73	±0,62	6,39
Szervesetlen SE kiegészítés	15,22	±0,16	3,65	±0,14	3,66	±0,13	7,67	±0,16	2,13

A szeléntartalom a joghurtkészítés során szinte változatlan maradt. A feldolgozás után a kísérleti csoportok tejének szeléntartalma és a joghurtok szeléntartalma között a párosított T próba nem mutatott ki szignifikáns különbséget, tehát kijelenthetjük, hogy a joghurt gyártástechnológiája nem befolyásolja a szelén tartalmat. A 11. ábrából is látható, hogy a joghurtokban a szelénveszteség minimális.



11.ábra:A tej és a belőle készített joghurtok szeléntartalma (n=6)

1,2,3: csoportok között a különböző betűvel jelölt értékek szignifikánsan eltérnek egymástól (P<0,05).

A szelén kiegészítésből készített joghurtok emésztést modellező vizsgálataival igazolták azt, hogy a joghurtban lévő szeléntartalom 75%-a képes hasznosulni az emberi szervezetben Alzate és mtsai (2010), így a tejtermékek szeléndúsítása hatékony alternatívái lehetnek a napi szükséges szelénbevitel egy részének fedezésére.

A sajtkészítés során a szeléntartalomban nagyobb változások történtek, mint a joghurtok esetében. Ebben az esetben a termékeknel lényegesen nagyobb volt a szelénveszteség. A kísérleti sajtok beltartalmi értékeit a 8. táblázat foglalja össze.

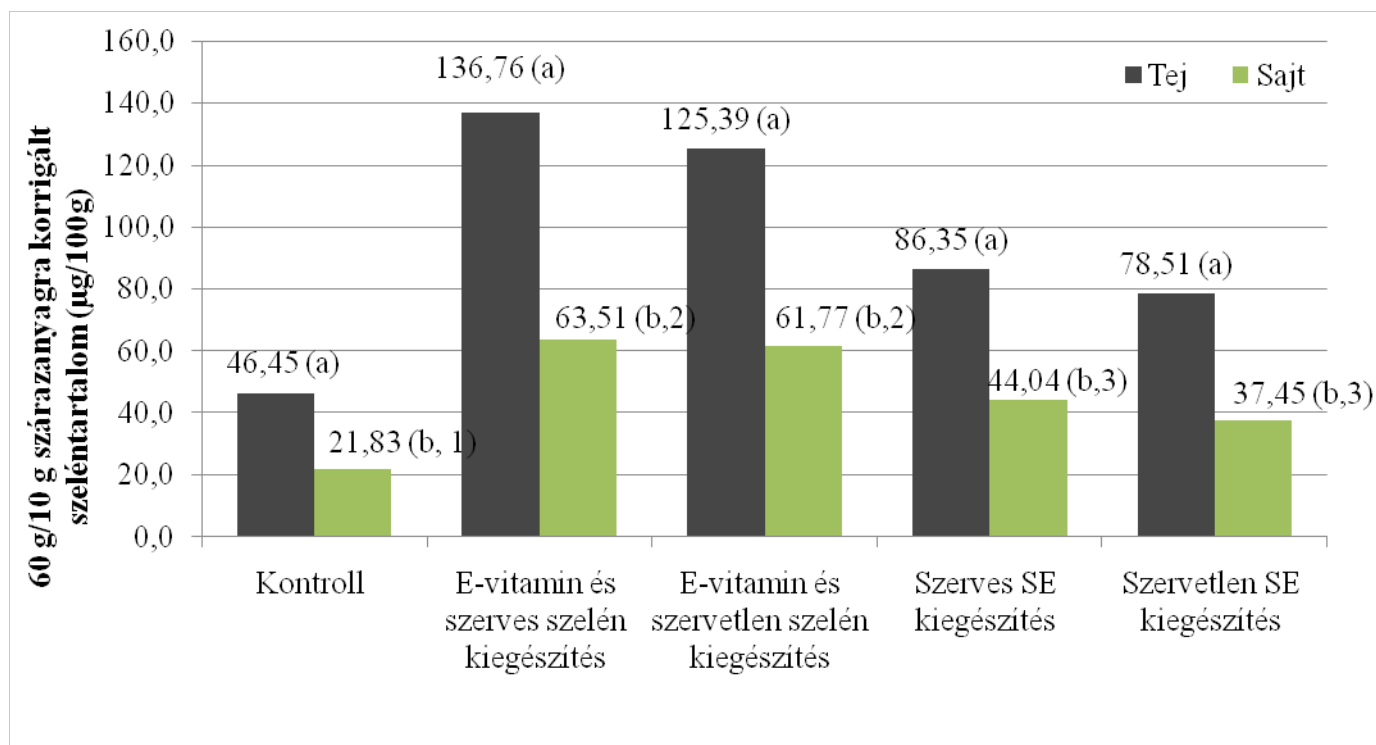
A táblázat értékeiből látható, hogy a kiindulási értékekhez képest a szelén mennyiségének csupán fele maradt meg a sajtban. A kontroll termékeknel a szelénveszteség 46,97 ($\pm 2,75$)-os volt. E-vitamin jelenlétében a szelén 46,48 ($\pm 1,67$) és 49,30 ($\pm 1,55$) %-ban távozott a savóval, míg a tisztán szelén kiegészítésből származó termékeknel 51,08 ($\pm 2,02$) és 47,74 ($\pm 1,44$)-os volt a szelén veszteség.

8. táblázat:A kísérleti sajtok átlagos összetétele (n=6)

Sajt	Száranyag (g/100g)		Fehérje (g/100g)		Zsír (g/100g)		Szelén ($\mu\text{g}/100\text{g}$)		
	átlag	szórás	átlag	szórás	átlag	szórás	átlag	szórás	CV %
Kontroll	56,01	$\pm 0,33$	22,58	$\pm 0,82$	26,13	$\pm 0,72$	20,83	$\pm 1,75$	8,58
E-vitamin és szerves szelén kiegészítés	66,56	$\pm 0,24$	24,86	$\pm 0,77$	33,07	$\pm 0,13$	70,45	$\pm 1,38$	1,96
E-vitamin és szerves szelén kiegészítés	65,66	$\pm 0,40$	23,92	$\pm 0,57$	31,46	$\pm 0,92$	67,60	$\pm 0,37$	0,55
Szerves SE kiegészítés	64,17	$\pm 1,09$	24,34	$\pm 0,84$	31,25	$\pm 0,31$	47,08	$\pm 0,55$	1,16
Szerves SE kiegészítés	66,25	$\pm 0,17$	22,86	$\pm 0,35$	33,89	$\pm 0,25$	41,35	$\pm 0,31$	0,76

A kiegészítések ellenére a sajtok szeléntartalma rendkívül csekély. Kiegészítés nélkül Törökországban hasonló jellegű terméknél 9,09 $\mu\text{g}/100$ szelént (Yanargad és Orak, 1998), izlandi termékben 21,6 $\mu\text{g}/100\text{g}$ (Reykdal és mtsai, 2011) szelént jegyeztek.

A szelénveszteség csak azzal magyarázható, hogy a mikroelem a vízfázissal távozott, így nem tudott beépülni a sajttészta. Az egyes csoportok tejének szeléntartalma és az ezekből készített sajtok szeléntartalmát a 12. ábra mutatja.



12.ábra: A tej és a belőle készített sajtok szeléntartalma (n=6)

a,b: csoporton belül a különböző betűvel jelölt értékek szignifikánsan eltérnek egymástól ($P < 0,05$)

1,2,3: csoportok között a különböző betűvel jelölt értékek szignifikánsan eltérnek egymástól ($P < 0,05$).

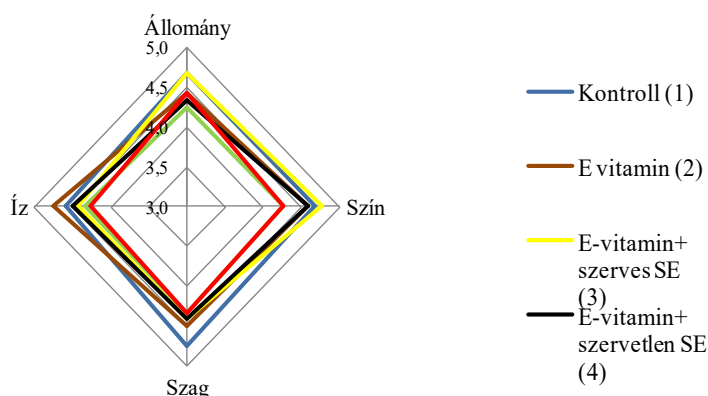
A szeléntartalombeli különbségek a tej és a kísérleti sajtok között minden esetben szignifikáns mértékűek voltak, azonban a kísérleti termékek szeléntartalmukat tekintve szignifikánsan magasabbak voltak a kontroll termékhez képest, azaz a kiegészítés eredménye a termékben is érvényesült.

A tejben lévő szeléntartalom a joghurtokban több mint 90%-ban volt detektálható, míg a sajtok esetében a veszteség több mint 50%-os volt.

A veszteségek ellenére a takarmányozáson keresztül emelt szeléntartalom a kísérleti tejtermékek táplálkozási értékét megnövelte, mivel 100g joghurt fogyasztásával az ajánlott napi szelénbevitel 24%-át, vagy 10 dkg sajt fogyasztásával akár 100%-át lehet fedezni.

4.1.3 Az érzékszervi vizsgálatok eredményei az antioxidánssal történő takarmánykiegészítésből származó tejből készített termékénél

A termékekben természetes módon jelen levő E-vitamin és szeléntartalom nem változtatta meg a késztermék jellegét és élvezeti értékét a kontroll termékekhez képest. Ezt az érzékszervi vizsgálaton kapott eredmények igazolják, melyet a 13. ábra mutat.



13.ábra: A kísérleti joghurtok érzékszervi vizsgálati eredményei (n=6)

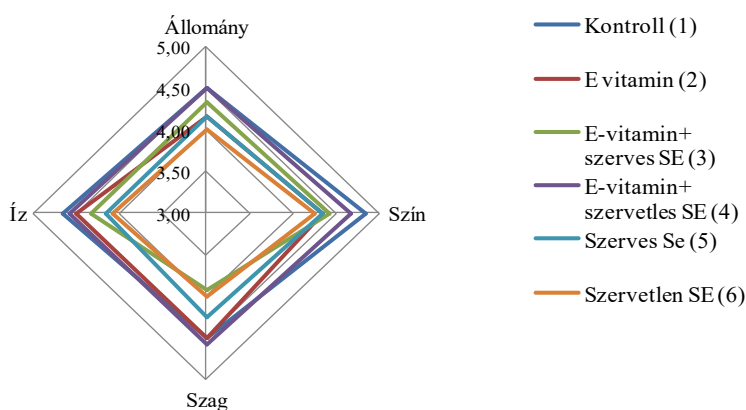
Az 1-5-ig terjedő skálán a kontroll joghurtok kapták a legmagasabb bírálati pontokat, átlagban 18,7 pontot, míg a legkevesebbet a tisztán szelén kiegészítésből származó joghurtok, melyek átlagosan 17,2-17,3 összpontszámot értek el. A bírálók az 5-ös és 6-os csoportból kikerülő joghurtoknál az alacsonyabb pontszámokat a termék kevésbé jellegzetes ízével magyarázták, mivel ezek nem voltak annyira aromásak és illatosak, mint a többi joghurté, de minőségüket és élvezeti értéküket nem kifogásolták.

A pontszámokat elemezve az említett megjegyzések nem voltak akkora mértékűek, hogy az egytényezős varianciaanalízis alapján szignifikáns különbséget adjanak. Statisztikai módszerrel elemezve a bírálók pontszámait, a joghurtok egyik vizsgált tulajdonsága sem tér el szignifikáns mértékben sem a kontroll terméktől, sem

egymástól. A joghurtok minősége egyenletes volt, érzékszervi jellemzői nem kifogásolhatóak. A kiegészítésnek tehát nem volt hatása a joghurtok érzékszervi jellemzőire.

Hanson és Metzger (2010) vitamindúsítás hatásait vizsgálta ízesített joghurtokban, az érzékszervi tulajdonságokra nem volt hatással a kiegészítés. Nem kifogásolta az érzékszervi jellemzőket Ilic és Ashoor sem (1988) a hozzáadott A- és C-vitaminnal készített joghurtoknál sem.

A sajtok esetében is hasonlóan kedvező pontszámokat kaptunk az érzékszervi minősítés során.



14.ábra: A kísérleti sajtok érzékszervi vizsgálati eredményei (n=6)

A 14. ábrából jól látszódik, hogy mindegyik kiegészítésből származó tejből készített sajt érzékszervi tulajdonságai közel azonosak. A termékek azonos színvonalat képviseltek, a kiegészítés hatására nem romlott egy vizsgált tulajdonság sem.

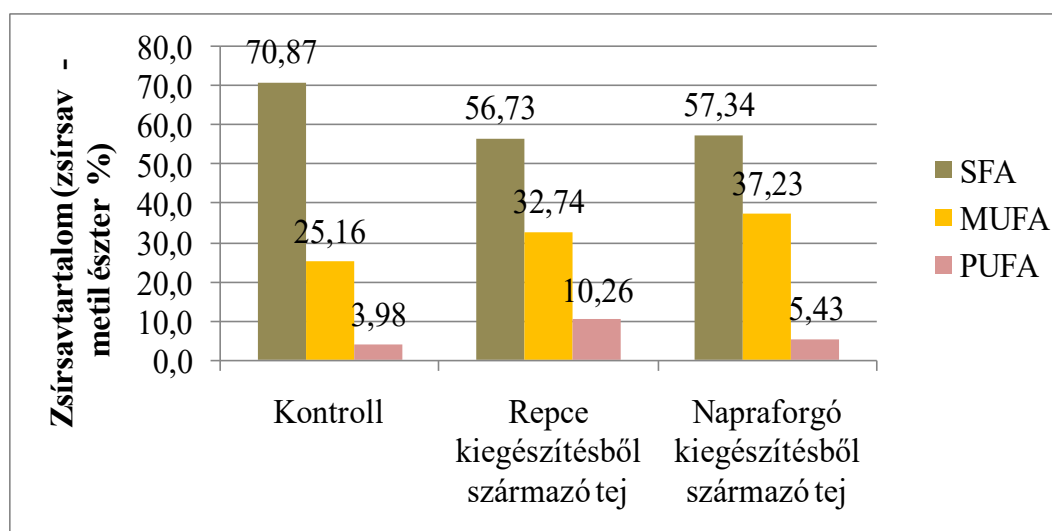
A legmagasabb összpontszámot a kontroll termékek érték el, ahol 18,5 átlagpontot adtak a bírálók, ezt követte a 4-es, majd 2 és 3 csoport, valamint az 5-ös és 6-os csoportból kikerülő termékek. A tisztán szelén kiegészítésből származó sajtok,

haszonlóan a joghurtokhoz, az összpontszámot tekintve az utolsó helyen álnak a rangsorban. A bírálók a sajtok esetében is az aromákat hiányolták, kevésbé volt jellegzetes a többi termékhez viszonyítva. A statisztikai próba alapján azonban nem lehet szignifikáns különbséget kimutatni a termékek érzékszervi pontszámai között.

4.2 Zsírsvösszetétel vizsgálat a kísérleti termékekben

Az alábbi kísérleteknek a célja megfigyelni azt, hogy a takarmányozással sikeresen módosított zsírsvartartalmú tej a feldolgozás hatására milyen mértékben változik meg. Összehasonlítottuk a tej valamint a belőle készített joghurt és sajt zsírsvaprofilját, az értékes, esszenciális zsírsvak mennyiségét és a telített-telítetlen zsírsvak egymáshoz viszonyított arányát.

A kísérleti tejek olyan szarvasmarháktól származnak, melyek repcét illetve napraforgót kaptak takarmány kiegészítésként. Különböző etetési kísérletből származó tejeket dolgoztunk fel, melyek küönböző zsírsvösszetétellel rendelkeztek. A feldolgozott tejek zsírsvaprofilját az 1. melléklet tartalmazza. A repce és napraforgó etetésével sikeresen módosult a tej zsírsvösszetétele, nemcsak az egyes zsírsvakban, hanem a telített és telítetlen zsírsvartartalomban is jelentős változásokat eredményezett az olajos mag kiegészítés. A telített és telítetlen zsírsvak arányát a 15. ábra szemlélteti.



15.ábra:A kísérleti tejek SFA, MUFA, PUFA tartalma (n=6)

Mivel a vizsgálat célja az volt, hogy a zsírsvartartalom változást végigkövessük az egyes termékekben, így kiegészítésenként elemezzük a joghurtok és sajtok eredményeit.

4.2.1 Arepcével történő takarmány kiegészítésből származó tej zsírsavösszetételének változása a feldolgozás hatására

A repce kiegészítésből származó tej telített és telítetlen zsírsavainak mennyiségét megváltoztatta a feldolgozás. Mindkét terméknel, a joghurt illetve a sajt esetében is nőtt a telített zsírsavak mennyisége (2. melléklet).

A joghurt telített zsírsavai közül a vajsav (C4:0) és a laurinsav (C12:0) szignifikáns mértékben nőtt, míg a kaprilsav (C8:0), kaprinsav (C10:0), kaprinsav (C12:0), mirisztinsav (C14:0) és henikozánsav (C21:0) mennyisége csökkent. Ezen zsírsavak változását a feldolgozás hatására Nayedova és mtsai (2013) is feljegyezték.

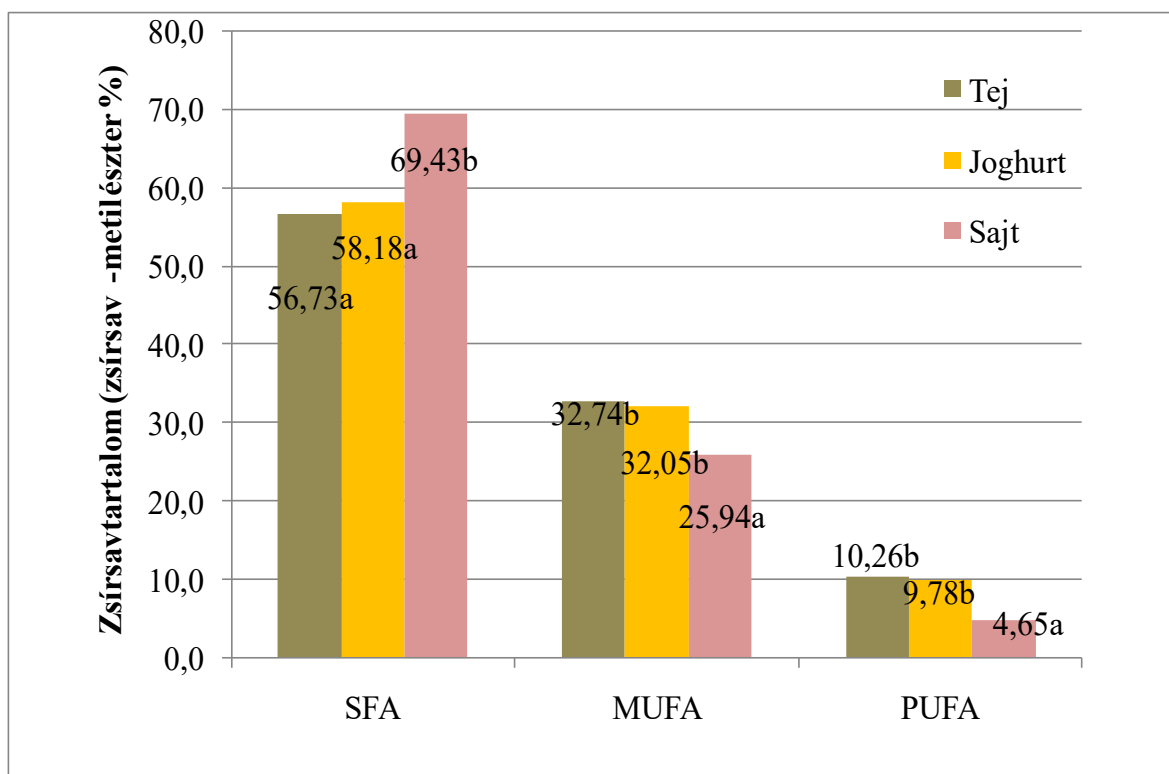
A telítetlen zsírsavak közül az elaidinsav (C18:1t) mennyisége szignifikánsan magasabb, míg a CLA (C18:2), eikozadiénsav (C20:2), eikozatrién (C20:3), arachidonsav (C20:4) és dokozapentaténsav (C22:5) mennyisége szignifikánsan alacsonyabb volt a joghurtban a tej értékeihez képest.

Bár nem volt szignifikáns mértékű a csökkenés, de az olajsav (C18:1) és γ -linolénsavak (C18:3) mennyisége kevesebb lett a joghurtban. Grechev és Mihaylova (2012) joghurtvizsgálati eredményeik alapján hasonló megállapítást tettek.

A fent említett néhány zsírsav mennyiségi változása a joghurtokban megemelte a telített és csökkentette a telítetlen zsírsavak össz mennyiségét, de a változás nem okozott szignifikáns különbséget a tejben lévő arányokhoz képest (16.ábra).

A sajt esetében már markánsabb különbségek jelentkeztek. A feldolgozás után jelentős mértékben, 22%-kal megnőtt a telített zsírsavtartalom (15.ábra). A változás akkora mértékű volt, hogy szignifikáns különbséget eredményezett a tej és a sajt SFA-MUFA-PUFA tartalma között egyaránt.

A kaprinsav (C10:0), laurinsav (C12:0), pentadekánsav (C15:0) és palmitinsav (C16:0), mennyisége emelkedett a termékben, míg az arachidinsav (C20:0), heneikozánsav (C21:0), behénsav (C22:0) és lignocerinsav (C24:0) tartalom szignifikánsan csökkent a sajtban a tejhez képest. A pentadekánsav (C15:0) és palmitinsav (C15:00) tartalom Cattani és mtsai (2014) által készített sajtokban is emelkedtek. Zahng és mtsai (2006) a fent említett zsírsavakon túl a vajsavtartalom (C4:0) emelkedését is kiemelték, de ez utóbbinak a növekedése a mi esetünkben nem volt szignifikáns mértékű.



16. ábra:A takarmány repcével történő kiegészítésből származó tej SFA, MUFA, PUFA tartalmának változása a feldolgozás hatására (n=6)

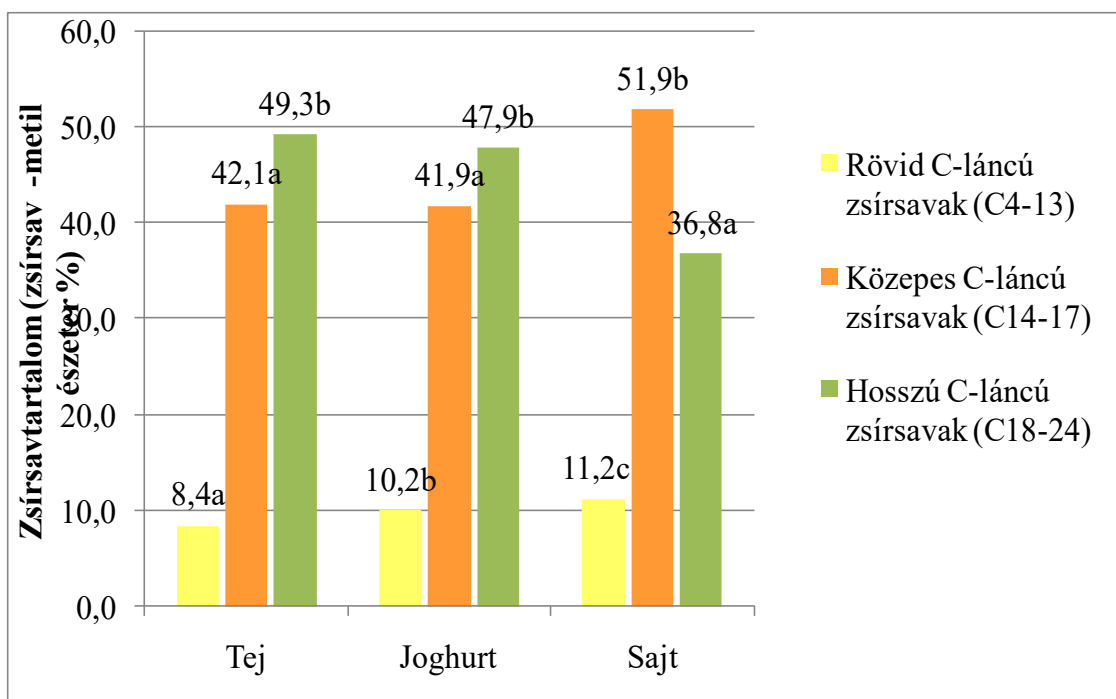
a,b,c: az egyes csoportokon belül a különböző betűvel jelölt értékek szignifikánsan eltérnek egymástól ($P < 0,05$).

A telítetlen zsírsavak közül az eikozadiénsav (C20:2), γ -linolénsav (C18:3n6), és a CLA mennyisége emelkedett szignifikáns mértékben. Utóbbi két zsírsavak emelkedését Dhiman és mtsai (1999) is igazolták, akik szója és gyapotmag, valamint Cattani és mtsai (2014), akik a lenmagkiegészítés hatását vizsgálták sajt zsírsavösszetételére.

Az 17. ábra a rövid, közepes és hosszú szénláncú zsírsavak mennyiségi változásait mutatja. Az ábrából látható, hogy a hosszú szénláncú zsírsavak mennyisége csökkent leginkább, míg a rövid és közepes szénláncú zsírsavak emelkedtek a joghurtban és a sajtban egyaránt. Szignifikáns változást okozott a feldolgozás a rövid szénláncú zsírsavakban, melyeknek mennyisége emelkedett, illetve a hosszú szénláncú zsírsavakban, melyek mennyisége csökkent. A közepes szénláncú zsírsavak mennyisége nem változott szignifikáns mértékben. Hasonló megállapítást tettek a rövid szénláncú

zsírsavak növekedésében Naydenova és mtsai is (2012), azonban Florence és mtsai (2012) ezeknek a zsírsavaknak a csökkenését állapította meg a joghurtgyártás során.

A joghurtkészítés során tapasztalt viszonylag csekély zsírsavösszetétel változás a tejsavbaktériumok alacsony lipázaktivitásával magyarázható (Alm, 1982, Zourari és mtsai, 1992), így a zsírsavak arányaiban és mennyiségükben is megmaradhatnak a feldolgozás után.



17.ábra:A különböző hosszúságú zsírsavak mennyisége a takarmány repcével történő kiegészítésből származó tejből készített termékekben (n=6)

a,b,c: azonos C-lánc hosszúságon belül a különböző betűvel jelölt értékek szignifikánsan eltérnek egymástól ($P < 0,05$).

A sajtban a hosszú szénláncú zsírsavak növekedéséről és a rövid-közepes szénláncú zsírsavak csökkenéséről számoltak be Zhang és mtsai (2006), míg ezzel ellentétben Collins és mtsai (2003) a rövid szénláncú zsírsavak emelkedését mutatta ki.

A mi esetünkben jelentős mértékben emelkedett a közepes, és csökkent a hosszú C-láncú zsírsavak mennyisége a kísérleti sajtokban. Hasonló tendenciát publikáltak Dihman és mtsai (1999). A hosszú szénláncú zsírsavak csökkenése ellenére nagy mennyiségben volt jelen a termékben a linolsav (C18:2), ugyanakkor az α -linolénsav (C18:3) és a dokozapentaténsav (C22:5) viszonylag kis mennyiségben maradt meg a

feldolgozás után, így a sajtban az omega6-omega 3 arány nagyon eltolódott (9. táblázat).

9. táblázat:A takarmány repcével történő kiegészítésből származó tejből készített termékek omega6-omega3 zsírsavainak arányai (n=6)

	Tej	Joghurt	Sajt
$\omega 3$	4,61	4,09	0,67
$\omega 6$	5,14	5,34	3,02
$\omega 6$ - $\omega 3$ arány	1,11	1,31	4,51

Az élettanilag kiemelt jelentőségű omega6-omega3 zsírsavak aránya joghurtban alakult a legkedvezőbbben. Az 1,35 érték már terápiás értéknek tekinthető, így a repce etetése igen értékes funkcionális termék előállítását teszi lehetővé.

Naydenova és mtsai (2013) a bivalytejben 4,54 omega6-omega3 arányt jegyeztek, Estrada és mtsai (2011) zsírsavmódosítással olyan joghurtokat fejlesztettek ki, melyekben az arány 1,8 volt.

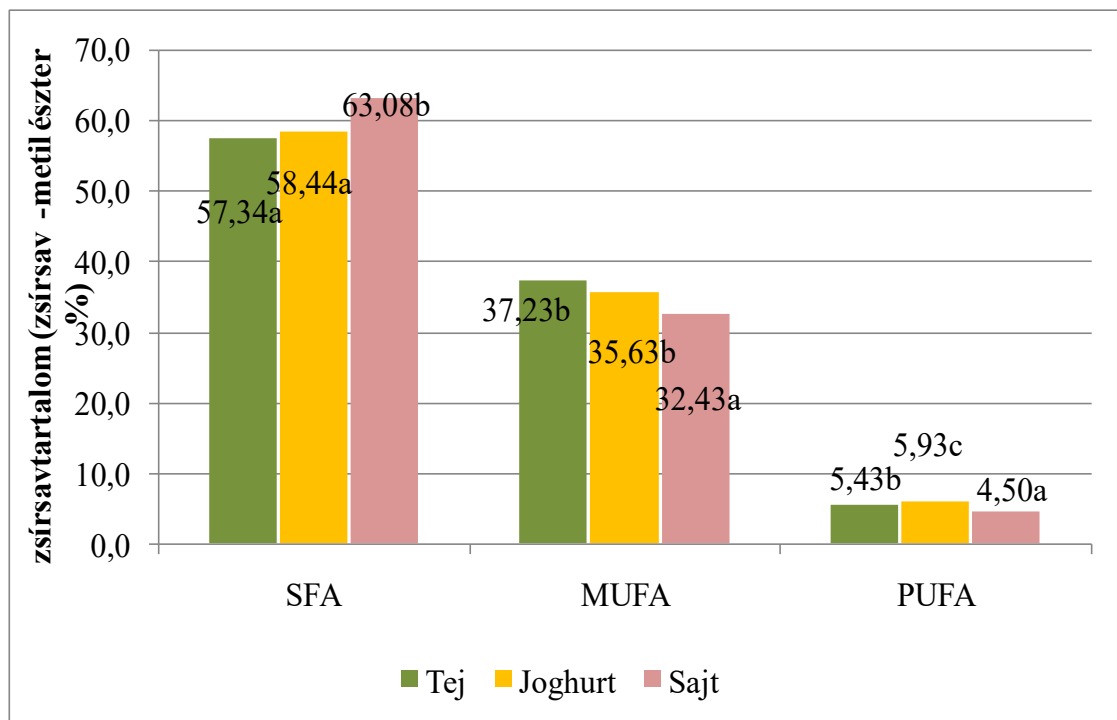
Sajtban takarmány kiegészítés révén Vargas és mtsai 1,38-at, Zhang és mtsai (2006) lenmag etetésével 3,2 omega6-omega3 arányt értek el.

4.2.2. A napraforgóval történő takarmány kiegészítésből származó tej zsírsavösszetételének változása a feldolgozás hatására

A napraforgó etetésével a repcéhez hasonlóan kedvező eredményeket értek el a tejben is.

A napraforgó kiegészítésből származó termékek zsírsavösszetételét a 3. melléklet részletezi.

A napraforgó kiegészítésből származó tej feldolgozása során arányaiban hasonló következtetést tudunk levonni, mint a repce kiegészítésből származó termékeknél. A napraforgó kiegészítésből származó joghurt telített és telítetlen zsírsavtartalmát arányaiban szignifikánsan nem változtatta meg a joghurt gyártástechnológiája. Azonban ha az egyes zsírsavakat külön-külön elemezzük, láthatjuk, hogy a joghurt C4:0, C10:0, C12:0, C13:0, C14:0, C16:0, C21:0 zsírsavak szignifikáns mértékben eltérnek a tej értékeitől (18. ábra).



18. ábra:A takarmány napraforgóval történő kiegészítésből származó tej SFA, MUFA, PUFA tartalmának változása a feldolgozás hatására (n=6)

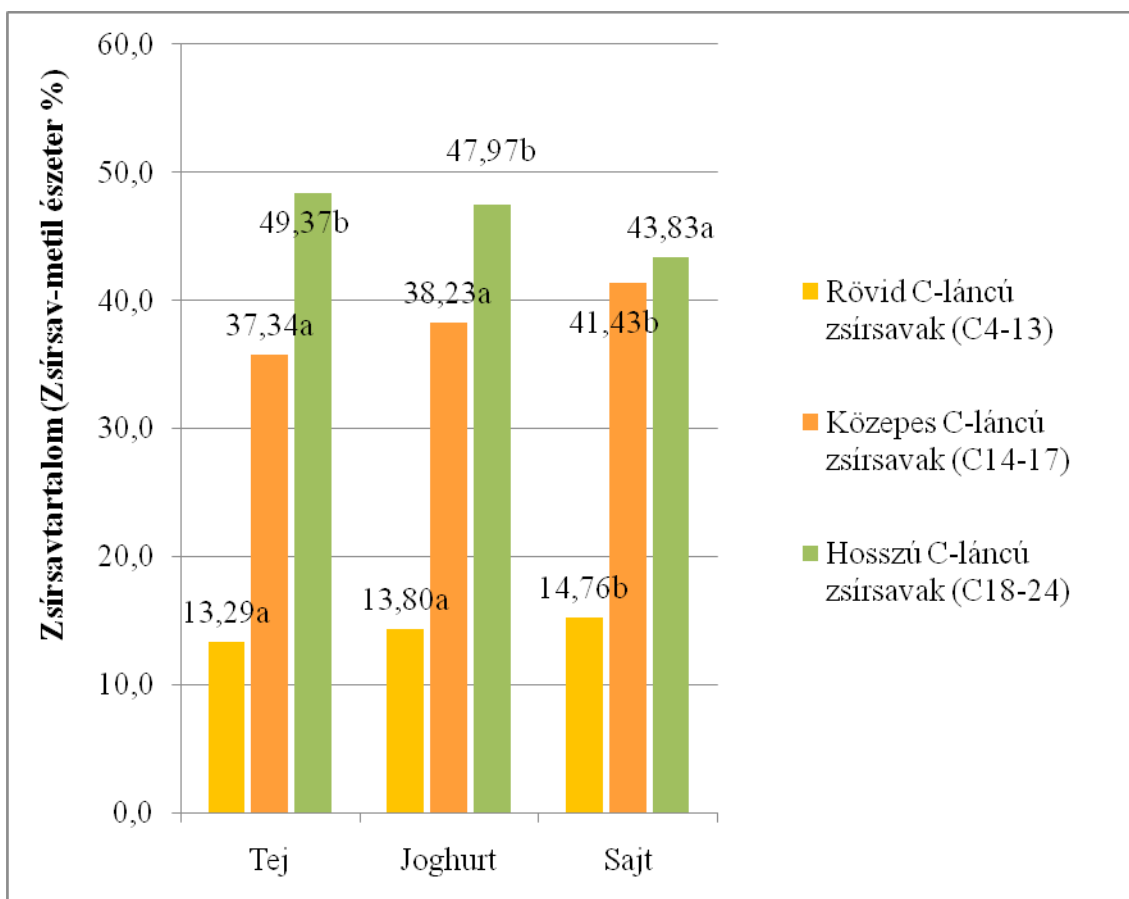
a,b,c: az egyes csoportokon belül a különböző betűvel jelölt értékek szignifikánsan eltérnek egymástól ($P < 0,05$).

A korábbi, 2. mellékletben jelzett szignifikáns változások és tendenciák a napraforgó kiegészítésből származó joghurtoknál is megfigyelhetők.

A telítetlen zsírsavak közti szignifikáns különbséget az elaidinsav (C18:1) és az arachidonsav (C22:4n6) kivételével az egyes zsírsavak mennyiségének a csökkenése okozta. A repce kiegészítésből származó joghurtok értékeivel, és a korábban említett szerzők vizsgálataival összhangban (Naydenova és mtsai is 2013, Grechev és Mihaylova (2012), a napraforgó kiegészítésből származó tejből készített joghurt α -linolén-sav és CLA tartalma is csökkent, bár a mi kísérleteinkben a csökkenés nem volt szignifikáns mértékű.

A sajtoknál a CLA tartalom szignifikáns mértékű növekedése volt megfigyelhető, 11,3%-kal nőtt a mennyisége a tejhez képest. Dhiman és mtsai (1999) takarmánykiegészítéssel 0,6-0,73 g/100g, Zhang és mtsai (2006) 2,4-2,5 g/100g CLA tartalmat tudtak elérni a sajtokban, a mi esetünkben a napraforgó kiegészítéssel 0,49g/100g CLA tartalom volt kimutatható.

A szignifikáns változások a különböző hosszúságú szénláncok egymáshoz viszonyított arányát is változtatták (19. ábra).



19.ábra:A különböző hosszúságú zsírsavak mennyisége a takarmány napraforgóval kiegészítésből származó tejből készített termékekben (n=6)

a,b,c: azonos C-lánc hosszúságon belül a különböző betűvel jelölt értékek szignifikánsan eltérnek egymástól ($P < 0,05$).

A repce értékeihez hasonlóan a napraforgó kiegészítésből származó tejből készített termékeknel, a joghurtoknál és a sajtoknál egyaránt a hosszú szénláncú zsírsavak mennyiségei csökkentek, míg a közepes és rövid szénláncú zsírsavak - a joghurt kivételével - ellentétes tendenciát mutatnak.

A különböző hosszúságú szénláncok mennyiségi változása a termékekben csak a sajtoknál volt szignifikáns mértékű.

Az omega6-omega3 zsírsavak aránya az alapanyagtejhez képes kedvezőtlenül alakult (10. táblázat). A tejhez képest a nagy eltolódást a sajtban az α -linolénsav (C18:3n3) mennyiségének 54%-os, a dokozapentaténsav (C22:5n3) mennyiségének 25%-os csökkenése okozta.

10. táblázat:A takarmány napraforgóval történő kiegészítésből származó tejből készített termékek omega6-omega3 zsírsavainak arányai (n=6)

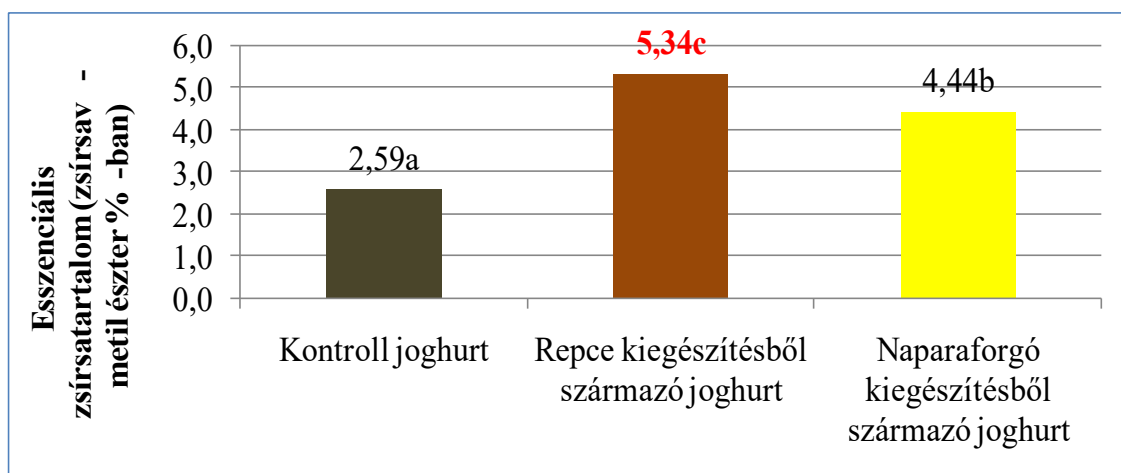
	Tej	Joghurt	Sajt
$\omega 3$	1,07	1,04	0,61
$\omega 6$	3,89	4,44	3,01
$\omega 6$ - $\omega 3$ arány	3,64	4,27	4,93

4.2.3 A takarmány repcével és napraforgóval történő kiegészítésének hatása a tejtermékekre

Ahhoz, hogy értékelni tudjuk a takarmány kiegészítés által természetes úton módosított zsírsav összetételű termékek táplálkozási értékeit, az összehasonlíthatóság érdekében kontroll termékeket is készítettünk.

A kísérleti joghurtok eredményeit az 11. táblázat tartalmazza. A táblázat értékeiből látható, hogy a kontroll termékhez képest a takarmány kiegészítésből származó joghurtoknak lényegesen magasabb a táplálkozásbiológiai értékes telítetlen zsírsavtartama. A napraforgó és repce kiegészítésből származó termékek MUFA és PUFA tartalmában is szignifikánsan eltérnek a kontroll joghurthoz képest.

Az emberi szervezet számára nélkülözhetetlen esszenciális zsírsavakban szignifikánsan gazdagabbak a napraforgó illetve repce kiegészítésből származó joghurtok a kontroll termékhez képest (20. ábra).



20. ábra: Az esszenciális zsírsavak mennyisége a kísérleti joghurtokban

(n=6, az adatok zsírsav-metilészter %-ban szerepelnek)

a,b,c: a különböző betűvel jelölt értékek szignifikánsan eltérnek a egymástól (P<0,05).

A szignifikáns különbséget a kontroll termékekhez képest az adta, hogy a repce kiegészítés hatására a joghurtokban az esszenciálisnak számító omega 6 zsírsavtartalom 206%-kal, a napraforgó kiegészítésből származó joghurtban 171%-kal nőtt a kontroll joghurthoz képest. A linolsavtartalmat a joghurtban repce etetésével 5,12%-ra napraforgó etetésével 3,39 %-ra sikerült emelni. Estrada és mtsainak (2011) 4,44%-ot tudtak elérni a termékfejlesztésük során. A linolsavtartalom táplálkozás szempontjából azért fontos, mert a szervezet belőle linolénsavat képes előállítani.

11. táblázat: A kísérleti joghurtok zsírsavösszetétele

(n=6, az adatok zsírsav-metilészter %-ban szerepelnek)

Zsírsav neve		Kontroll joghurt		Repce kiegészítésből származó joghurt		Napraforgó kiegészítésből származó joghurt	
		átlag	szórás	átlag	szórás	átlag	szórás
Vajsav	C 4:0	2,26 ^a	±0,15	2,65 ^a	±0,31	3,25 ^b	±0,33
Kaprónsav	C 6:0	1,13 ^a	±0,05	1,55 ^b	±0,19	2,53 ^c	±0,06
Kaprilsav	C 8:0	1,87 ^b	±0,19	0,77 ^a	±0,11	2,23 ^c	±0,07
Kaprinsav	C 10:0	3,45 ^c	±0,40	2,07 ^a	±0,08	2,30 ^b	±0,12
Undekánsav	C 11:0	3,25 ^b	±0,20	0,26 ^a	±0,05	0,32 ^a	±0,02
Laurinsav	C 12:0	3,15 ^b	±0,16	2,69 ^a	±0,32	2,94 ^b	±0,11
Tridekánsav	C 13:0	0,19 ^a	±0,02	0,19 ^a	±0,02	0,23 ^b	±0,02
Mirisztinsav	C 14:0	12,91 ^b	±1,91	9,31 ^a	±0,77	10,16 ^b	±1,27
Pentadekánsav	C 15:0	1,27 ^b	±0,13	1,14 ^a	±0,05	1,41 ^c	±0,02
Palmitinsav	C 16:0	31,70 ^c	±0,73	28,07 ^b	±2,85	22,72 ^a	±0,78
Heptadekánsav	C 17:0	1,91 ^c	±0,16	0,66 ^a	±0,11	1,02 ^b	±0,06
Sztearinsav	C 18:0	7,80 ^a	±0,30	8,46 ^b	±0,58	9,00 ^b	±0,25
Arachidinsav	C 20:0	0,22 ^b	±0,02	0,19 ^b	±0,03	0,15 ^a	±0,01
Heneikozánsav	C 21:0	0,02 ^a	±0,00	0,02 ^a	±0,00	0,03 ^b	±0,00
Behénsav	C 22:0	0,23 ^b	±0,04	0,10 ^a	±0,01	0,10 ^a	±0,01
Lignocerinsav	C 24:0	0,02 ^a	±0,01	0,06 ^b	±0,01	0,06 ^b	±0,01
SFA		71,38^b		58,18^a		58,44^a	
Mirisztoleinsav	C 14:1	0,84	±0,09	0,85	±0,09	0,84	±0,01
Palmitoleinsav	C 16:1	2,20 ^c	±0,22	1,86 ^a	±0,10	2,08 ^b	±0,05
Elaidinsav	C 18:1tn9t	1,20 ^a	±0,14	1,17 ^a	±0,07	2,36 ^b	±0,16
Olajsav	C 18:1n9c	20,39 ^a	±0,95	27,77 ^b	±1,76	30,07 ^c	±0,32
Eikozénsav	C 20:1	0,06 ^a	±0,01	0,22 ^b	±0,02	0,08 ^a	±0,01
Erukasav	C 22:1n9	0,18	±0,02	0,18	±0,02	0,20	±0,02
MUFA		24,87^a		32,05^b		35,63^c	
Linolsav	C 18:2n6	2,30 ^a	±0,18	5,12 ^c	±0,31	3,39 ^b	±0,03
γ-linolénsav	C 18:3n6	0,10 ^c	±0,01	0,08 ^b	±0,01	0,02 ^a	±0,00
α-linolénsav	C 18:3n3	0,82 ^a	±0,05	4,07 ^b	±0,15	1,01 ^a	±0,01
c9t11-konjugált linolsav	C 18:3	0,20 ^a	±0,01	0,34 ^b	±0,05	0,43 ^c	±0,03
Eikozaidénsav	C 20:2	0,04 ^c	±0,00	0,01 ^a	±0,00	0,03 ^b	±0,00
Eikozatirénsav	C 20:3n6	0,01 ^a	±0,00	0,10 ^b	±0,01	0,13 ^c	±0,01
Arachidonsav	C 20:4n6	0,18 ^b	±0,06	0,04 ^a	±0,01	0,90 ^c	±0,08
Dokozapentaénsav	C 22:5n3	0,08 ^c	±0,01	0,02 ^a	±0,00	0,03 ^b	±0,00
PUFA		3,72^a		9,78^c		5,93^b	

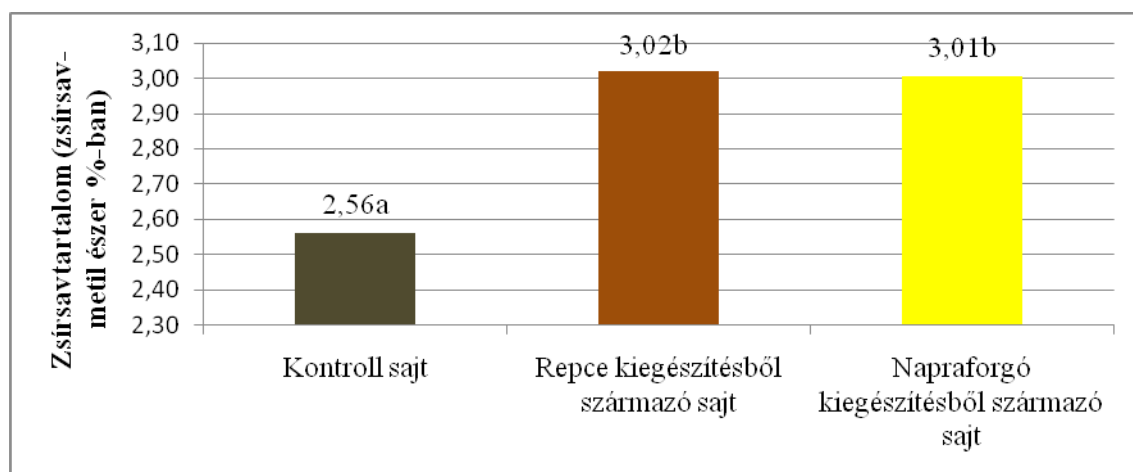
a,b,c: a vízszintes sorokon belül a különböző betűvel jelölt értékek szignifikánsan eltérnek a egymástól

(P<0,05).

A CLA tartalom a napraforgó kiegészítésből származó joghurtban alakult kedvezőbben, 0,43%-ot ért el a mennyisége. A szervezet egészséges működéséhez napi 3g CLA bevitelre van szükség (IP és mtsai, 1994), ezt az ajánlott mennyiséget 100g napraforgó kiegészítésből származó joghurttal 14%-ban lehet fedezni.

A MUFA és PUFA tartalom szignifikánsan nagyobb mennyiségét lehet megállapítani a sajtoknál is. A kísérleti sajtok zsírsavprofilját a 12. táblázat tartalmazza.

A készített sajtok telített és telítetlen zsírsavarányai szignifikáns mértékben különböznek egymástól. A többszörösen telítetlen zsírsavtartalom a takarmány-kiegészítésből származó sajtok esetében szignifikánsan emelkedett a kontroll csoporthoz képest, viszont PUFA tartalomban a nem mutatható ki különbség a kiegészítésből származó termékek között. Az élettanilag kedvezőbb egyszeresen telítetlen zsírsavak mennyisége a napraforgó kiegészítésből származó sajtokban volt a legmagasabb, míg az esszenciális zsírsavak mennyisége a repce kiegészítésből készített termékénél volt kedvezőbb (21. ábra).



21.ábra: Az esszenciális zsírsavak mennyisége a kísérleti sajtokban

(n=6, az adatok zsírsav-metilészter %-ban szerepelnek)

a,b,c: a különböző betűvel jelölt értékek szignifikánsan eltérnek a egymástól ($P < 0,05$).

12. táblázat:A kísérleti sajtok zsírsavösszetétele

(n=6, az adatok zsírsav-metilészter %-ban szerepelnek)

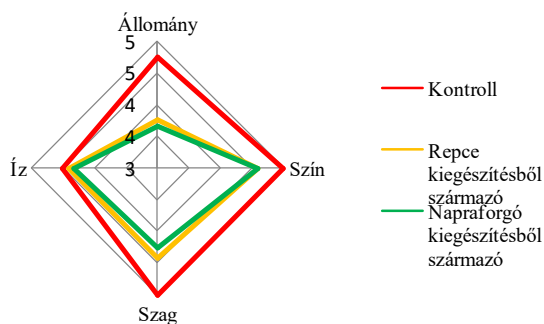
Zsírsav neve		Kontroll sajt		Repce kiegészítésből származó sajt		Napraforgó kiegészítésből származó sajt	
		átlag	szórás	átlag	szórás	átlag	szórás
Vajsav	C 4:0	2,50 ^a	±0,10	1,71 ^b	±0,07	4,30 ^c	±0,52
Kaprónsav	C 6:0	1,45 ^a	±0,08	1,45 ^a	±0,08	2,46 ^b	±0,09
Kaprilsav	C 8:0	0,90 ^a	±0,09	0,90 ^a	±0,10	2,19 ^b	±0,02
Kaprinsav	C 10:0	3,40 ^b	±0,05	3,50 ^b	±0,07	2,81 ^a	±0,17
Undekánsav	C 11:0	0,20 ^a	±0,02	0,27 ^b	±0,03	0,27 ^b	±0,01
Laurinsav	C 12:0	4,13 ^c	±0,13	3,24 ^b	±0,09	2,48 ^a	±0,09
Tridekánsav	C 13:0	0,18 ^b	±0,02	0,17 ^a	±0,02	0,24 ^c	±0,02
Mirisztinsav	C 14:0	12,84	±0,87	11,38	±1,93	12,36	±1,22
Pentadekánsav	C 15:0	4,26 ^c	±0,03	3,18 ^b	±0,20	1,06 ^a	±0,03
Palmitinsav	C 16:0	34,02 ^b	±0,05	33,95 ^b	±0,59	24,22 ^a	±0,67
Heptadekánsav	C 17:0	0,92 ^b	±0,04	0,64 ^a	±0,06	1,08 ^c	±0,07
Sztearinsav	C 18:0	7,58 ^a	±0,29	8,75 ^b	±0,63	9,30 ^b	±0,01
Arachidinsav	C 20:0	0,15	±0,01	0,15	±0,01	0,15	±0,20
Heneikozánsav	C 21:0	0,03 ^a	±0,01	0,04 ^b	±0,01	0,03 ^a	±0,01
Behénsav	C 22:0	0,07 ^b	±0,01	0,06 ^a	±0,00	0,08 ^c	±0,00
Lignocerinsav	C 24:0	0,03 ^a	±0,00	0,04 ^b	±0,00	0,04 ^b	±0,01
SFA		72,66^c		69,43^b		63,08^a	
Mirisztoleinsav	C 14:1	0,79 ^a	±0,09	0,94 ^b	±0,10	0,87 ^b	±0,04
Palmitoleinsav	C 16:1	2,20 ^b	±0,07	1,84 ^a	±0,16	1,83 ^a	±0,07
Elaidinsav	C 18:1tn9t	1,20 ^a	±0,08	1,41 ^a	±0,19	2,18 ^c	±0,04
Olajsav	C 18:1n9c	19,18 ^a	±0,43	21,52 ^b	±1,07	27,34 ^c	±1,35
Eikozénsav	C 20:1	0,02 ^a	±0,00	0,03 ^b	±0,00	0,02 ^a	±0,00
Erukasav	C 22:1n9	0,17 ^a	±0,02	0,20 ^b	±0,01	0,18 ^a	±0,02
MUFA		23,56^a		25,94^b		32,43^c	
Linolsav	C 18:2n6	2,22 ^a	±0,12	2,66 ^b	0,30	2,65 ^b	±0,09
γ-linolénsav	C 18:3n6	0,15	±0,01	0,15	0,01	0,15 ^c	±0,01
α-linolénsav	C 18:3n3	0,46 ^a	±0,01	0,61 ^c	0,01	0,59 ^b	±0,01
c9t11-konjugált linolsav	C 18:3	0,53 ^b	±0,02	0,51 ^b	0,03	0,49 ^a	±0,02
Eikozaidénsav	C 20:2	0,20 ^a	±0,01	0,45 ^b	0,03	0,39 ^b	±0,02
Eikozatirénsav	C 20:3n6	0,03 ^b	±0,00	0,02 ^a	0,00	0,03 ^b	±0,00
Arachidonsav	C 20:4n6	0,17 ^a	±0,01	0,20 ^b	0,01	0,18 ^c	±0,01
Dokozapentaénsav	C 22:5n3	0,04 ^b	±0,00	0,06 ^c	0,01	0,03 ^a	±0,01
PUFA		3,79^a		4,65^b		4,50^b	

a,b,c: a vízszintes sorokon belül a különböző betűvel jelölt értékek szignifikánsan eltérnek a egymástól (P<0,05).

Mindkét kiegészítés szignifikáns mértékben megnövelte a sajtok esszenciális zsírsavtartalmát a kontroll termékhez képest. Míg a két kiegészítés közt esszenciális zsírsavtartalomban a joghurtoknál volt szignifikáns különbség, addig a sajtoknál ez az eltérés már nem jelentkezett. A kísérleti sajtok CLA tartalmát vizsgálva a repce kiegészítéssel szignifikánsan magasabb értéket lehet elérni, mint a napraforgó kiegészítéssel.

4.2.4 Az érzékszervi vizsgálatok eredményei a takarmány repcével és napraforgóval történő kiegészítésből származó tejből készített termékeknél

Az egyes kiegészítések révén megnövekedett telítetlen zsírsavtartalom kihatással voltak a joghurt állománytulajdonságaira (22. ábra).



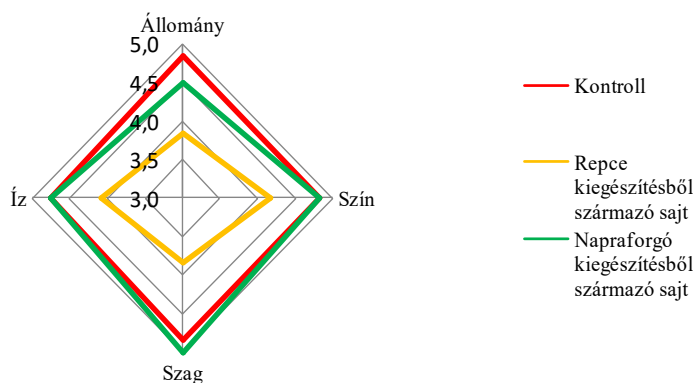
22. ábra: A kísérleti joghurtok érzékszervi bírálati eredményei (n=6)

Mindkét kiegészítésből származó termék állományának szilárdságát gyengébbnek ítélték meg a bírálók a kontroll termékekhez képest. Véleményük szerint ezek a joghurtok nem voltak olyan szépen kanalazhatóak, mint a hagyományos joghurt. A kontroll termékek a bírálaton 19,3 átlagpontszámot, míg a repce kiegészítésből

származó termékek 17,2, napraforgó kiegészítésből származó joghurtok pedig 16,8 pontot kaptak. A vizsgált paraméterek között színben és illatban nem jeleztek különbséget, viszont ízben elmaradt a repce és a napraforgó kiegészítésből származó joghurt, mivel azokat nem találták annyira aromásnak és kellemesen savasnak, mint a kontroll mintát.

A bírálaton kapott pontszámokat elemezve az állomány szilárdsága és az íze a kiegészítésből származó termékeknek valóban szignifikánsan alacsonyabb lett, míg a többi paraméter pontszámai között nem igazolható statisztikai különbség.

Az állományszilárdság a sajtok esetében is eltért a kontroll terméktől (23. ábra). A kapott értékeket összegezve minden tulajdonságcsoporthoz szignifikánsan gyengébb a repce kiegészítésből származó termék. A repce kiegészítésből készített sajtok az érzékszervi bírálatot 15,9 átlagpontot kaptak. A bírálók a sajt szerkezetét gyengének találták, az erjedési lyukak nem voltak szabályosak, nem volt elég kérges a termék és nem volt egyenletes a metszésfelülete, könnyen mállott a sajttészta.



23.ábra:A kísérleti sajtok érzékszervi bírálati eredményei (n=6)

A napraforgó kiegészítésből származó sajt esetében is hasonló megállapításokat tettek azzal a különbséggel, hogy kérgesebbnek és némileg szilárdabbnak ítélték meg a

terméket, azonban az ebből a kiegészítésből származó sajt is gyengébbnek bizonyult a kontroll sajtéhoz képest.

A kontroll termék 19,3, napraforgó kiegészítésből származó termék 19,1, míg a repce kiegészítésből származó sajtok 15,9 átlagpontszámot értek el az érzékszervi minősítés során.

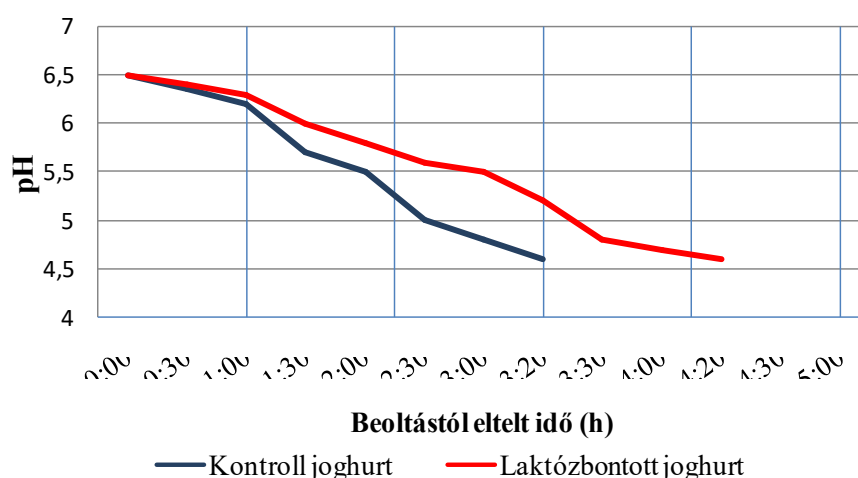
A kiegészítésből származó termékek gyengébb érzékszervi tulajdonságai a telítetlen zsírsavak magas jelenlétéből adódhatott. Több szerző is jelezte a magas PUFA tartalom kedvezőtlen hatását a sajt szerkezetére (Martin és mtsai, 2009, Lucas és mtsai, 2008, Hurtaud és mtsai, 2009).

4.3. A laktózmentes joghurtok vizsgálati eredményei

Teljes és laktózmentes alapanyagtejből joghurtokat készítettünk és vizsgáltuk az alvadási idő alakulását, a laktóz bontásának a hatását a joghurt állománytulajdonságaira és az alvadék savóeresztésére.

4.3.1. Az alvadási idő alakulása

A laktózmentes alapanyag alvadék kialakulása jóval lassabb volt a kontroll tej alvadékképződéséhez képest (24.ábra)



24.ábra:A pH alakulása a kísérleti termékekben (n=3)

A beoltást követő 3. órában a kontroll termék pH-ja átlagosan a 4,77 volt, míg a laktózmentes termékeké 4,99. A különbség a kezelések között szemmel látható volt, a kontroll termékek alvadékszilárdsága ekkor már majdnem elérte a kívánatos szintet, míg a laktózmentes joghurtok állománya ekkor még renyhe, majdnem folyós volt.

A kontroll termékek a 4,6 pH-t átlagosan 3 óra 25 perc alatt érték el, a kísérleti termékeknek átlagban 4 óra 21 perc kellett. Eredményeink szerint, a tejhez 0,2%-ban hozzáadott laktáz enzim az alvadási időt átlagosan 1 órával hosszabbította meg.

A szignifikánsan hosszabb alvadási idő, a laktózmentes termékeknél a savtermelés kései megindulásával magyarázható.

4.3.2 A műszeres állományvizsgálatok eredményei

A joghurt minőségének jellemzésekor az egyik legfontosabb szempont az állománytulajdonság. A joghurt állományjellemzésre leginkább alkalmas, és egzakt módon mérhető négy tulajdonságot vizsgáltunk: első törési erőt, keménységet, tapadó képességet és tapadósságot.

Első törési erő

Az első törési erő, az az erő, amely ahhoz szükséges, hogy a joghurt alvadékának rugalmasságát legyőzve a próbatest behatoljon abba, azaz az alvadék felszínét átszakítsa. A laktóz bontásának hatására az ehhez szükséges erő a duplájára nőtt a kontrollhoz képest.

A laktózmentes joghurt erősebb állománytulajdonságai szignifikáns különbséget adtak (13. táblázat).

13. táblázat: Az első törési erő joghurtban (n=90)

Első törési erő (g)	Kontroll joghurt	Laktózmentes joghurt
Átlag	10,00 ^a	35,57 ^b
Minimum	6,00	68,00
Maximum	35,00	124,00
Szórás	5,39	13,45

a,b: a vízszintes sorokon belül a különböző betűvel jelölt értékek szignifikánsan eltérnek a egymástól (P<0,05).

A kontroll termékek értékei ebben a tulajdonságcsoporthoz rendkívül nagy eltérést mutatnak, ami a savókiválással magyarázható. Az első törési erőt akkor rögzíti az állományvizsgáló műszer, amikor a mérőfej eléri-átlépi a termék felszínét. Azoknál a termékeknél, ahol akár egy minimális savókiválás is megtörtént, a mérőfej a savóba hatol először, nem az alvadékba, így ezek az értékek széles határok között mozognak.

Keményység

Az az erő, amely ahhoz szükséges, hogy a termék szerkezet megbontsuk, benne változást okozunk. A joghurtnál ilyen pl. ez erő az első kanál joghurtba nyomásához szükséges erő (14. táblázat).

14. táblázat:A joghurtok keménysége (n=90)

Keménység (g)	Kontroll joghurt	Laktózmentes joghurt
Átlag	106,80 ^a	120,69 ^b
Minimum	68,00	101,00
Maximum	124,00	134,00
Szórás	13,45	6,62

a,b: a vízszintes sorokon belül a különböző betűvel jelölt értékek szignifikánsan eltérnek a egymástól (P<0,05).

A laktózmentes termékek alacsony szórása a kontroll termékekéhez képest stabilabb, egyenletesebb, homogénebb szerkezetű termékekre utal.

Tapadási erő:

A görbe negatív csúcsa, érzékszervi megfelelője: az az erő, ami a kanál kihúzásakor az alvadék tapadását legyőzve, annak megmozdításához szükséges (15. táblázat).

15. táblázat:A tapadási erő a joghurtokban (n=90)

Tapadási erő (g)	Kontroll joghurt	Laktózmentes joghurt
Átlag	-55,23 ^a	-72,89 ^b
Minimum	-99,00	-119,00
Maximum	-7,00	-31,00
Szórás	19,40	23,49

a,b: a vízszintes sorokon belül a különböző betűvel jelölt értékek szignifikánsan eltérnek a egymástól (P<0,05).

A tapadási erő a keménységgel van összefüggésben. Ennél a tulajdonságnál is szignifikáns különbség van a két termék között. A nagyobb tapadási erő is a laktózmentes joghurtok erősebb, szilárdabb állományt igazolja.

Tapadó képesség:

A próbatest behatolási ciklusát leíró görbe alatti terület. Érzékszervileg az az erő, amely ahhoz szükséges, hogy a rátapadt felületről eltávolítsuk az anyagot (16. táblázat).

16. táblázat:A joghurtok tapadóképessége (n=90)

Tapadó képesség (g*sec)	Kontroll joghurt	Laktózmentes joghurt
Átlag	-34,98 ^a	-42,80 ^a
Minimum	-65,32	-79,46
Maximum	-2,55	-14,21
Szórás	13,17	14,33

a,b: a vízszintes sorokon belül a különböző betűvel jelölt értékek szignifikánsan eltérnek a egymástól (P<0,05).

A kontroll termékek alacsonyabb tapadóssága a laktózmentes képest már a műszeres vizsgálat alapján is sejteti, hogy a kontroll joghurt viszkózusabb és lágyabb szerkezetű.

Összességében elmondható hogy mind a műszeres állományvizsgálatok során megfigyelt négy tulajdonságsoport esetében szignifikáns különbség volt kimutatható a kontroll és a laktózmentes termékek között. A laktózmentes joghurt állománya szilárdabb és keményebb a hagyományos joghurtokhoz képest. Ez a különbség mérhető és statisztikailag is igazolható.

4.3.3 A savóeresztés vizsgálata

Ezzel a vizsgálattal az állománytulajdonságokon túl a laktózmentes joghurt szinerézisre való hajlamát is szeretnénk volna megismerni. A savó kiválás a fogyasztó szempontjából is fontos tulajdonság, és a termék esztétikai megjelenését is befolyásolja. A joghurtkészítés során a cél az, hogy minimalizálják a savóeresztést.

A vizsgálathoz a henger alakú centrifugacsövekbe készített mintákat használtunk fel. Ezeket a mintákat ugyan úgy kezeltük, mint a műszeres állományvizsgálatra készített mintákat. A centrifugálás után kapott eredményeket a 17. táblázat foglalja össze.

A kontroll termékekénél átlagban a kezeletlen tejből 78,53%-a alvadék, 21,47% savó képződött. A laktózmentes alapanyagból 85,37% alvadék, a savó mennyisége pedig 14,63%. A kétféle termék savóeresztése közti különbség szignifikáns mértékű.

A savóeresztés csökkenése a joghurtgyártás szempontjából kívánatos, egyrészt a termék esztétikai megjelenése miatt, másrészt, a savóval értékes komponensek távoznak el a termékből. A savókiválást megakadályozva, növelni lehet a savanyú tejtermékek táplálkozásbiológiai értékét.

17. táblázat:A kontroll és laktózmentes joghurtok savóeresztése (n=15)

Kontroll joghurt		
	Alvadék a tej %-ban	Savó a tej %-ban
Átlag	74,76	25,24^b
Minimum	63,15	19,01
Maximum	80,99	36,85
Szórás	6,48	6,48
CV%	8,66	25,67
Laktózmentes joghurt		
	Alvadék a tej %-ban	Savó a tej %-ban
Átlag	85,60	14,40^a
Minimum	83,79	12,17
Maximum	87,83	16,21
Szórás	1,27	1,27
CV%	1,48	8,81

Kontroll joghurt alvadékkihozatala



Laktózbontott joghurt alvadékkihozatala



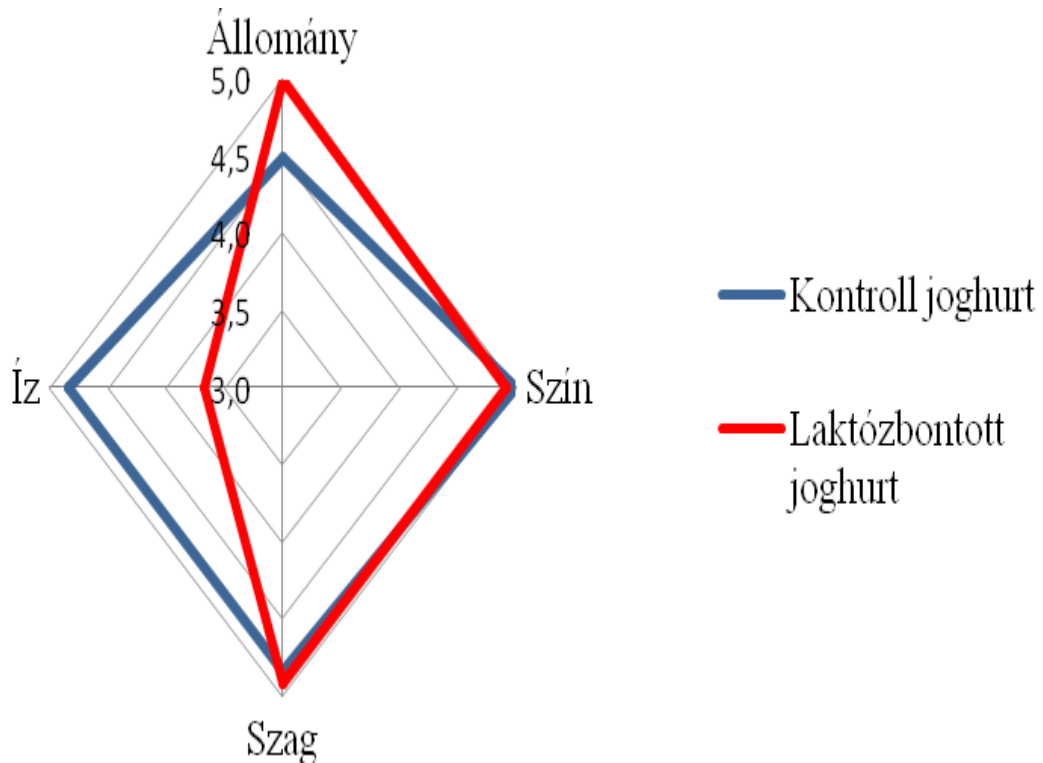
a,b: a különböző betűvel jelölt értékek szignifikánsan eltérnek a egymástól ($P < 0,05$).

A legújabb trendek szerint a fogyasztók kedvelik és keresik a krémesebb, szilárdabb állagú és teltebb ízű termékeket (pl.: görög joghurtok), valamint előnyt élveznek azok a termékek, melyek kevesebb hozzáadott cukrot tartalmaznak.

A tejben lévő laktóz bontásával nemcsak a laktóz intoleranciával küzdők számára, hanem egy sokkal szélesebb fogyasztói réteg elvárásainak, kritériumainak lehet megfelelni egy egyszerű technológiai lépéssel. Állományjavítók és ízfokozók hozzáadása nélkül van lehetőség egy olyan kiváló állományú joghurt előállítására, melynek minimális a savóeresztése, megfelelő állománytulajdonságú és kellemes.

4.3.4 A laktózmentes joghurtok érzékszervi vizsgálatának eredményei

Az elkészített termékek érzékszervi bírálatát ebben a kísérletben is 6 fős bírálóbizottság végezte. Az eredményeket a következő 25. ábra szemlélteti.



25.ábra:A kontroll és a laktózmentes joghurtok érzékszervi vizsgálati eredményei (n=6)

A bírálók a kontroll termékre átlagban 19,2, míg a laktózmentes termékekre 18,5 összpontszámot adtak. A két termék között a külső tulajdonságokban, mint szag és illat, különbséget megállapítani nem lehetett. Mindkét termék színe kifogástalan és egyenletesen csontfehér, elszíneződésektől mentes volt, melyhez joghurtra jellemző, kellemesen savanykás illat párosult. A laktózmentes termékek íze kevésbé volt zamatos, az édes íz dominált, mely a hagyományos natúr joghurtokhoz képest idegen volt.

A bírálók pontszámait összegezve a kontroll és a laktózmentes joghurtok állománya és íze között a statisztikai próba alapján szignifikáns különbség volt kimutatható. A műszeres állományvizsgálatok adatait, miszerint a laktózmentes joghurt állománya szilárdabb, az érzékszervi vizsgálatok eredményei is igazolták. A laktózmentes termék

íze édesebb volt a hagyományoz képest, nem volt meg ebben a joghurtban a termékre jellemző savanykás, enyhén csípős és kellemesen zamatos utóíz.

5. Következtetések

5.1 Az E-vitamin és szelén kiegészítés hatása a termékekre

A természetes módon megemelt E-vitamin és szelén tartalomjelentős része megőrizhető a tejtermékekben.

Minden esetben szignifikáns mértékben csökkent a tejben lévő vitamintartalom a feldolgozás hatására. A vitamintartalom csökkenése mérsékelhető szelén jelenlétében. Azok a termékek, melyekben jelen volt a szelén, minden esetben magasabb volt a vitamin megmaradása.

A vitaminvesztés oka lehet egyrészt a hőkezelés (Moltó és mtsai, 2011), másrészt a lipidperoxidáció. Az oxidáció során szabadgyökök keletkeznek, melyek megtámadják a molekula szerkezetét, és megbonthatják a tokoferol láncot (Burton és mtsai, 1981). A vesztés a mikrobiális tevékenységgel is magyarázható. A tejsavtermelő baktériumok ugyanis képesek β -galaktozidáz enzim termelésére, mely enzim a liázok csoportjába tartozik. A liáz enzimek képesek vízfelvétel nélkül C-C, C-O, C-N kötések hasítani (Tóth, 1984), ezáltal megbonthatják a tokoferol szerkezetét.

A sajtok vitaminvesztése az egyes csoportok között sokkal kiegyenlítettebb, mint a joghurtok esetében. Mindhárom csoport átlagát tekintve 52,35%-osnak mondható a vitaminvesztés a kísérleti sajtokban. A kapott értékek arányaiban megegyeznek Banville és mtsai (2000) szintén zsírban oldódó, D-vitamin megmaradás vizsgálataival.

A kiegészítések révén minden esetben szignifikánsan magasabb E-vitamin tartalmú tejtermékeket sikerült előállítani, melyek érzékszervileg kifogástalanok voltak.

A feldolgozás a szeléntartalomban nem okozott akkora változásokat, mint az E-vitamin tartalomban. A kiegészítéseknek nem volt szignifikáns hatása a termékek érzékszervi tulajdonságaira. Egyenletes színvonalú, megfelelő színű, állagú, szagú és ízű termékeket kaptunk, melyek érzékszervileg nem voltak kifogásolhatók.

Az eredményekből megállapítható, hogy van lehetőség természetes úton megnövelni a tejtermék vitamintartalmát úgy, hogy annak 100 g-jában részben fedezze a napi szükségletet egy részét (pl: E-vitamin kiegészítésből származó sajt 10 dkg-jában 7,4%-

ban fedezi a napi ajánlott E-vitamin mennyiséget, míg az E-vitamin és szelén kiegészítésből készülő sajtok 10 dkg-ja 100%-ban biztosítja a napi szelénszükségletet).

Tapasztalatunk szerint, ahhoz hogy napi E-vitamin szükségletünk 50%-át fedezni tudjuk 100g természetes úton növelt E-vitamin tartalmú joghurtból, ahhoz legalább 680 µg/100g E-vitamin tartalmú tej, mint alapanyag szükséges.

Annak érdekében, hogy pontosabb képet kapjunk a sajtkészítés során fellépő vitamin és szelén termékbe történő átvitelről, a veszteségekről, érdemes részletesebb kísérleteket is végezni, ahol a keletkező savót is vizsgáljuk, a kitermelést is figyelembe vesszük és feltárjuk, hogy a szelén és az E-vitamin mely tejalkotókhoz és pontosan hogyan kötődik. Ezeknek az ismereteknek a birtokában lehet a technológiákat, azok paramétereit megválasztani, valamint a gyártást és a termékminőséget – lásd funkcionális tejtermék - standardizálni.

Vizsgálatainkból nem derül az ki, hogy a tárolási idő alatt milyen mértékben változik a termék vitamin és szeléntartalma. Mindenképp érdemes volna a gyártás végén rögtön, valamint joghurtoknál a 1-2-3. héten, sajtoknál a teljes eltarthatósági időben E-vitamin és szeléntartalmat mérni, hogy tájékozódjunk az érés és tárolás során végbemenő változások mértékéről és tendenciájáról. Hasonló jellegű kísérletek beállításánál megfigyelhető továbbá az, hogy adott vitamin és szeléntartalmú tej, a különböző gyártástechnológiákkal milyen joghurtot, milyen sajtot eredményez (eltérő hőkezelés alkalmazása, különböző baktériumkultúrák használata. eltérő állományú termékek).

5.2. Zsírsavösszetétel vizsgálat a kísérleti termékekben

A takarmányozásnak köszönhetően olyan módosított zsírsav-összetételű tejjel végezhattük a termékkísérletet, melyeknek értékes zsírsavai lényegesen nagyobb mennyiségben voltak jelen, egy hagyományos, kontroll tejhez képest. A joghurt és sajt gyártása mindkét termék zsírsavösszetételére jelentős, részben eltérő irányú hatást gyakorolt, melynek előidézője az eltérő típusú fermentáció. A tejhez képest előnyös és hátrányos változások is tapasztalhatók.

A kiegészítések révén a kontroll termékhez képest a kísérleti termékeknek szignifikáns mértékben alacsonyabb telített és magasabb telítetlen zsírsavtartalommal rendelkeztek.

A koleszterinszint szabályozásában kiemelt jelentőséggel bíró egyszeresen telítetlen zsírsavtartalom a napraforgó kiegészítésből származó termékekben nagyobb mennyiségben voltak jelen, mint a repce kiegészítésből készült sajtban és joghurtban.

Az esszenciálisnak számító többszörösen telítetlen zsírsavtartalmat tekintve viszont a repce kiegészítés volt eredményesebb sajtban és joghurtban egyaránt. A repce kiegészítés ebből a szempontból kedvezőbb termékeket adott, mint a napraforgó kiegészítés. A repce révén a joghurt esszenciális zsírsavtartalma 5,34%, napraforgó kiegészítésből 4,44%, a sajt esszenciális zsírsavtartalma 3,02% míg napraforgó kiegészítésből készített sajt esetében ezeknek a zsírsavaknak a mennyisége 3,01% volt.

Mindkét kiegészítésből származó termék esetében, a sajtban és a joghurtban egyaránt eltolódott a tejhez képest az omega6-omega3 zsírsavak aránya a feldolgozás hatására. Vizsgálatainkban azt tapasztaltuk, hogy a joghurtban őrizhető meg leginkább a tejben lévő omega6-omega3 arány, a sajtkészítés során az omega3 zsírsavak szignifikáns mértékű csökkenése jelentősen megnövelte ezeknek a zsírsavaknak az egymáshoz viszonyított arányát

A repce kiegészítésből származó termékeknel alakult kedvezőbben omega6-omega3 zsírsavak aránya, a joghurtnál az 1,35 érték már terápiás értéknek tekinthető, így a repce etetése igen értékes funkcionális termék előállítását teszi lehetővé.

A legmagasabb CLA értékeket joghurtnál a napraforgó kiegészítés (0,43%), míg sajtoknál a repce kiegészítés eredményezett (0,51%).

A tejben lévő különböző hosszúságú szénláncok a joghurtkészítés során minimális mértékben változtak. A kísérleti joghurtokban a rövid és közepes szénláncú zsírsavak mennyiségei nőttek, míg a hosszú szénláncú zsírsavak mennyiségei csökkentek. A változás csak a repce kiegészítéséből származó joghurt rövid szénláncú esetében volt szignifikáns mértékű.

A kiegészítések hatással voltak a joghurt és a sajt érzékszervi tulajdonságaira egyaránt. A magas telítetlen zsírsavtartalom hatására a kísérleti joghurtok aromája és íze kifogásolható volt, míg a sajtok állománya gyengébbnek bizonyult.

Összességében elmondható, hogy a takarmányozáson keresztüli zsírsavmódosítás révén többlet egészségügyi hatással rendelkező termékeket lehet előállítani. A tej

zsírsavösszetételét, az értékes zsírsavak mennyiségét leginkább a joghurtokban lehet megőrizni. Élettanilag a legtöbb előnyöket hordozó termékek a repce kiegészítésből származnak, így az eredményeink alapján a repce kiegészítés alkalmasabbnak bizonyul funkcionális élelmiszer kifejlesztésére.

A kiegészítések azonban negatív hatással voltak a joghurt és a sajt érzékszervi tulajdonságaira egyaránt. A magas telítetlen zsírsavtartalom hatására a kísérleti joghurtok aromája és íze kifogásolható volt, míg a sajtok állománya gyengébbnek bizonyult.

Kísérleteink alapján a takarmány repcemaggal való kiegészítése élettanilag kedvezőbb terméket eredményez, mint a napraforgó kiegészítés.

A tej magas telítetlen zsírsavtartalma csökkentheti a termék minőségét, elsősorban az érzékszervi tulajdonságokat ronthatja. Erre felkészülve és a lehetséges íz- és állományhibákat megelőzve további kísérletek szükségesek az alkalmazott olajos magvak kombinációjának illetve más, magas olajtartalmú növények kombinációba vonásával továbbvinni a kísérletet, hogy a legjobb termékminőséget és legjobb zsírsavösszetételt megtaláljuk. Érdeemes továbbá megvizsgálni egyes rostkészítmények állomány- és ízjavítóként való használhatóságát megvizsgálni, illetve az exopoliszacharidot termelő kultúrák hatásait részletesebben feltárni.

5.3A laktózmentes joghurtok vizsgálati eredményei

A joghurtok állománytulajdonságainak javításával több szerző is foglalkozott. Jacek (2006) transzglutamiláz enzim adagolásával javította az állomány szilárdságát és tette stabilabbá a joghurt szerkezetét, Jaros és mtsai (2002) különböző exopoliszacharidot termelő kultúrák hatásait vizsgálták a gélöregedésre, Karsheva és mtsai (2013) szilárdabb állományú joghurtot ért el úgy, hogy a hagyományos starterkultúrához *Lactobacillus salvariust* adott hozzá.

Laktózmentes termék, laktózmentes joghurt előállítására ma már több lehetőség is van (enzimes bontás, ultraszűrés, többlépcsős fermentáció), de irodalmi adat ezeknek a termékeknek a jellegéről és állománytulajdonságairól még viszonylag kevés áll rendelkezésre.

Kísérleteinkben a laktóz bontása az alapanyagtejben szignifikáns különbségeket eredményezett a joghurt állomány és savóeresztési tulajdonságaiban egyaránt.

A műszeres állományvizsgálati adatok alapján, a laktózmentes tejből készített joghurtok szerkezetének megbontásához és módosításához szükséges erők szignifikánsan magasabbak, mint a hagyományos, kontroll joghurt állománymódosításához szükséges erők.

A laktóz bontásával nem csak az állománytulajdonságok javíthatóak, hanem a savóeresztéssel járó veszteségek is 32%-kal csökkenthetők.

Az állománytulajdonságokban bekövetkező mérhető változásokat a monoszacharidok kisebb mérete és molekulatömege adhatja. Korábban említettük azt, hogy a tej zsírtartalma kedvezőtlenül hat a joghurt állománytulajdonságaira, mert instabillá teszik az alvadékot azáltal, hogy a zsírgolyócskák nehezen illeszkednek a fehérjék érzékeny hálózatába. Hasonló tulajdonsága lehet a laktóznak is. Mivel részeire szakadt, így lehetséges, hogy a kisebb molekulák jobban tudnak illeszkedni a fehérjemátrixba, ezáltal erősebbé és szilárdabbá tehetik azt.

A fent említett különbségek és eredmények nem csak a szerkezeti stabilitásból, hanem a magasabb vízmegkötő képességből is adódhatnak. A laktóz molekula bomlása során keletkező monomerek szabad elektronjaik révén kötéseket alakítanak ki a vízmolekulákkal. Alapvetően a laktóz molekula monohidrát, azaz képes egy molekula vizet megkötni. Amint glükózra és galaktózra bomlik a két monoszacharidot összekötő oxigén híd megszakad, és rendkívül reakcióképes szabad végek keletkeznek, így mindkét molekulához 1-1 molekula víz kapcsolódhat. A vízmolekula és a monoszacharid közt kialakult erős kötéssel magyarázható az, hogy a laktózbontott joghurt savóeresztése lényegesen alacsonyabb. A laktóz bontásához használt enzim azonban nem feltétlenül csak monomerjeire hasíthatja a laktózt. A β -galaktozidáz enzim hatására a transzgalaktozidáció is végbe mehet, melynek során a monomereknél nagyobb molekulák, galakto-oligoszacharidok is keletkezhetnek (Wallenfels és Malhorta 1960). A galakto-oligoszacharidok vízmegkötő képessége rendkívül magas, a szacharózéval egyenlő, melyet e tulajdonsága miatt nedvesítőszerként és stabilizátorként is használnak.

Az eredmények nem csak a laktózérzékenységben illetve a laktóz intoleranciában szenvedők számára lehetnek hasznosak, hanem a klasszikus terméket fogyasztók számára is, hiszen pl. az ízesített savanyú tejtermékek esetében, a hozzáadott cukor mennyisége jelentősen csökkenthető, vagy akár el is hagyható. Ezzel kedvezőbb

megítélésű, egészségesebb termék gyártható, ugyanakkor a termék állománytulajdonságai adalékok nélkül javíthatók.

Vizsgálatainkkal igazoltuk azt, hogy a laktóz bontásának a hatására szignifikánsan szilárdabb és stabilabb állományú joghurtok készíthetők, melyeknek a savóeresztése is alacsonyabb a bontás nélküli tejből készült joghurtokénál. Ez a tulajdonság jelenleg keresett és értékes tulajdonság, mivel biológiai úton, állományjavító adalékanyagok ill. a szárazanyag-tartalom, fehérjetartalom növelés nélkül javítható az állomány. Ezzel kapcsolatban fel kell mérni a fogyasztói igényeket és hogy ezek, az állományra vonatkozó igények, eredményeinket tovább vizsgálva, pontosítva hogyan teljesíthetők, ültethetők át a gyártástechnológiába, esetleg a laktóz mentesség garantálása mellett is.

6. Új tudományos eredmények

1. E-vitaminnal dúsított takarmánnyal etetett tehenek tejéből készült joghurtokban az E vitamin tartalom szignifikánsan magasabb, ha szelénnel is dúsítjuk a takarmányt. A joghurt szelén tartalmát a takarmány E-vitamin tartalma nem befolyásolja.
2. A tehéntej, takarmányozás útján történő E-vitamin és Se-dúsítás során, a joghurtban 102,67 µg/100g, sajtban 890 µg/100g E-vitamin, valamint a joghurtban 13,55 µg/100g szelén nem eredményez változást az érzékszervi tulajdonságokban. A sajtokban azonban a csak Se kiegészítés kisebb érzékszervi minőség csökkenést eredményezhet.
3. A takarmány repcemaggal történő kiegészítése lényegesen jobb omega6-omega3 arányt eredményez a tejtermékben, mint a napraforgómagkiegészítés. A takarmány repcemaggal történő kiegészítése lényeges mértékben növeli a többszörösen telítetlen zsírsavak mennyiségét a joghurtban. A takarmányozással módosított tej zsírsavösszetétele a joghurtban őrizhető meg leginkább.
4. A joghurtokban a repce- és napraforgómag etetés eredményeként létrejött előnyös tej zsírsavösszetétel eredményesebben megőrizhető, mint a sajtokban.
5. A laktózbontás előnyösen befolyásolja a joghurt állománytulajdonságait, keményebb, tapadósabb, sűrűbb lesz az alvadék. Vizsgálataimban az állomány szilárdságának növekedése átlagosan mintegy 13%-os a laktózbontás hatására.
6. A laktózbontás után készült joghurtban a savóeresztést jelentős mértékben csökkenteni lehet.

7. Gyakorlatban alkalmazható eredmények

1. A vitamin és a szelén átvitel a joghurtoknál nagyobb biztonsággal feltételezhető, mint a sajtok esetében. Érdemesnek tartjuk természetes úton dúsítani a tejet E-vitaminnal és szelénnel, mivel az hatékonyan megőrizhető a joghurtban (E-vitamin: 88,59%, szelén: 96,04%-ban). Mivel az E-vitamin zsírban oldódó vitamin, így feltételezhető, hogy egyéb zsírban oldódó vitamin is hasonló hatásfokkal megtartható a joghurtban. Ennek jelentősége azon túl, hogy természetes és hozzáférhető vitaminforrás, kiküszöböli a dúsítás során, a gyártás közben hozzáadott anyagok által okozott esetleges fertőzések veszélyét. E-vitamin és szelén kiegészítésből származó tejből olyan termék (sajt) készíthető melynek 100g-ja fedezheti az ajánlott napi szelénszükséglet.
2. A repce és napraforgó kiegészítés által, bár magas telítetlen és esszenciális zsírsavtartalmú termékeket kaptunk, a szignifikáns mértékű változások a telített és telítetlen zsírsavak arányaiban kihatással voltak a sajt és a joghurt érzékszervi jellemzőire. Joghurtoknál, renyhe volt az alvadék, a sajtok szerkezete gyengébb, nem képződtek megfelelő mennyiségben az aroma anyagok, illatuk és ízük üresebb volt a kontroll termékekhez képest. Ezekre a hibákra különböző technológiai lépésekkel, speciális kultúrák használatával (pl: exo-poliszacharidokat termelő baktériumok alkalmazásával) fel lehet készülni, és azokat el lehet kerülni.
3. A tejben lévő laktóz bontásával sűrűbb és keményebb alvadékot lehet kapni, mint a hagyományos joghurté. A jelenlegi trend szerint, hogy krémes állagú, és telt ízű legyen egy joghurt (lásd: görög joghurt) a laktóz bontásával hatékonyan megoldhatjuk zsír hozzáadása nélkül.
4. A laktózmentes joghurtok azon túl, hogy laktózérzékenyek számára is fogyaszthatók, élettani előnyöket is hordozhatnak. A fogyasztó szempontjából kritikus tényező, a savó kiválás nem csak esztétikai hibát, hanem tápanyagvesztést is okozhat. A laktóz lebontásával az effajta veszteség 32%-kal csökkenhet.

8. Összefoglalás

Vizsgálatainkkal választ kerestünk arra, hogy a tej természetes úton növelt vitamin és szeléntartalma mennyiben változik a feldolgozás hatására, a táplálkozás szempontjából melyik kiegészítés eredményesebb a sajtban és joghurtban, illetve azt, hogy a kiegészítések okoznak-e érzékszervi változást tejtermékekben.

Tapasztalataink szerint a természetes úton megemelt E-vitamin és szelén tartalomjelentős része megőrizhető a tejtermékekben. Bár minden esetben szignifikáns mértékben csökkent a tejben lévő vitamintartalom a feldolgozás hatására, a vitamintartalom csökkenése mérsékeltebb volt a szelén jelenlétében. Joghurtotoknál megállapítható, hogy az E-vitamin szelén jelenléte nélkül 62,58%-ban, míg szelén jelenlétével a 88,59%-ban is megőrizhető. A tejben lévő szelénmennyiség 98,87%-a detektálható volt a termékben, a tej szeléntartalma és belőle készített joghurtok szeléntartalma között egyik esetben sem volt szignifikáns eltérés.

A sajtok vitaminvesztesége az egyes csoportok között kiegyenlítettebb volt, az átlagok közel helyezkednek el egymáshoz, nincsenek kiugró értékek. A csoportok átlagát tekintve 49,51-55,4%-os vitaminveszteséget és 48,92-52,26%-os szelénveszteséget tapasztaltunk.

A vitamin és szelénveszteség ellenére a kísérleti tejtermék szignifikánsan magasabb E-vitamin és szeléntartalommal rendelkeztek, mint a kontroll minták, így a végtermék szempontjából eredményesnek tekinthető a kiegészítés, mely nem volt hatással sem a sajt, sem a joghurt érzékszervi tulajdonságaira. Az általunk előállított E-vitamin kiegészítésből származó sajt 10 dkg-ja 7,4%-ban fedezi a napi ajánlott E-vitamin mennyiséget, míg az E-vitamin és szelén kiegészítésből készülő sajtok 10 dkg-ja 100%-ban biztosíthatja a napi szükséges szelénbevitelt. Tapasztalatunk szerint, ahhoz hogy napi E-vitamin szükségletünk 50%-át fedezni tudjuk 100g természetes úton növelt E-vitamin tartalmú joghurtból, ahhoz legalább 680 µg/100g E-vitamin tartalmú tej, mint alapanyag szükséges.

Kísérleteinkben megvizsgáltuk azt, hogy a repce és napraforgómag kiegészítés hatására sikeresen módosított zsírsavtartalmú tej zsírsavprofilja milyen változásokon megy át a joghurt és a sajt készítés során. Elemeztük azt, hogy melyik kiegészítés hozza és melyik termék tartalmazza a táplálkozás szempontjából legtöbb értékes zsírsavat,

majd figyeltük az olajos magvak kiegészítésének hatását a sajt és joghurt érzékszervi jellemzőire.

A joghurt és sajt gyártása mindkét termék zsírsavösszetételére jelentős, részben eltérő irányú hatást gyakorolt, melynek előidézője az eltérő típusú fermentáció. A tejhez képest előnyös és hátrányos változások is tapasztalhatók.

A tejben lévő telített és telítetlen zsírsavak aránya a joghurtban őrizhető meg leginkább. Ezekben a termékekben nem volt szignifikáns különbség kimutatható a tej és a joghurt telített valamint telítetlen zsírsavtartalma között. A koleszterinszint szabályozásában kiemelt jelentőséggel bíró egyszeresen telítetlen zsírsavtartalom a napraforgó kiegészítésből származó joghurtban nagyobb mennyiségben volt jelen (35,63%), mint a repce kiegészítésből készült termékben (32,05%). Az esszenciálisnak számító többszörösen telítetlen zsírsavtartalmat tekintve viszont a repce kiegészítés volt eredményesebb sajtban és joghurtban egyaránt. A repce kiegészítés ebből a szempontból kedvezőbb termékeket adott, mint a napraforgó kiegészítés. A repce révén a joghurt esszenciális zsírsavtartalma 5,34%, napraforgó kiegészítésből 4,44%, a sajt esszenciális zsírsavtartalma 3,02%, míg napraforgó kiegészítésből készített sajt esetében ezeknek a zsírsavaknak a mennyisége 3,01% volt.

Mindkét kiegészítésből származó termék, a sajt és a joghurt omega6-omega3 zsírsavainak arányát megnövelte a feldolgozás. Vizsgálatainkban azt tapasztaltuk, hogy a joghurtban őrizhető meg leginkább a tejben lévő omega6-omega3 arány, a sajt készítés során az omega3 zsírsavak szignifikáns mértékű csökkenése jelentősen megnövelte ezeknek a zsírsavaknak az egymáshoz viszonyított arányát. A repce kiegészítésből származó termékeknel alakult kedvezőbben omega6-omega3 zsírsavak aránya, a joghurtnál az 1,31 érték már terápiás értéknek tekinthető, így a repce etetése igen értékes funkcionális termék előállítását teszi lehetővé.

Mindkét kiegészítésből származó termék állomány szilárdságát gyengébbnek ítélték meg a bírálók a kontroll termékekhez képest. Véleményük szerint ezek a joghurtok nem voltak olyan szépen kanalizhatóak, mint a hagyományos joghurt. A kontroll termékek a bírálaton 19,3 átlagpontszámot, míg a repce kiegészítésből származó termékek 17,2, a napraforgó kiegészítésből származó joghurtok pedig 16,8 pontot kaptak. A vizsgált paraméterek között színben és illatban nem jeleztek különbséget, viszont ízben elmaradt a repce és a napraforgó kiegészítésből származó joghurt, mivel azokat nem találták annyira aromásnak és kellemesen savasnak, mint a kontroll mintát. A repce

kiegészítésből készített sajtok az érzékszervi bírálaton 15,9 átlagpontot kaptak, míg a napraforgó kiegészítésből 19,1-et értek el. A bírálók a sajt szerkezetét gyengének találták, az erjedési lyukak nem voltak szabályosak, nem volt elég kérges a termék és nem volt egyenletes a metszésfelülete, mivel könnyen mállott a sajttészta.

Összességében elmondható, hogy a takarmányozáson keresztüli zsírsavmódosítás révén többlet egészségügyi hatással rendelkező termékeket lehet előállítani. A tej zsírsavösszetételét, az értékes zsírsavak mennyiségét leginkább a joghurtokban lehet megőrizni. Élettanilag a legtöbb előnyöket hordozó termékek a repce kiegészítésből származnak, így az eredményeink alapján a repce kiegészítés alkalmasabbnak bizonyul funkcionális ételkészítésre.

A kiegészítések azonban negatív hatással voltak a joghurt és a sajt érzékszervi tulajdonságaira. A magas telítetlen zsírsavtartalom hatására a kísérleti joghurtok aromája és íze kifogásolható volt, míg a sajtok állománya gyengébbnek bizonyult a kontroll mintákhoz képest. Kísérleteink alapján a takarmány repcemaggal való kiegészítése élettanilag kedvezőbb terméket eredményez, mint a napraforgó kiegészítés.

Vizsgáltuk a laktózmentes joghurtok állománytulajdonságait, savóeresztésének mértékét és értékeltük az érzékszervi jellemzőit. Kísérleteinkben a laktóz bontása az alapanyagtejben szignifikáns különbségeket eredményezett a joghurt állomány és savóeresztési tulajdonságaiban egyaránt. A műszeres állományvizsgálati adatok alapján, a laktózmentes tejből készített joghurtok szerkezetének megbontásához és módosításához szükséges erők szignifikánsan magasabbak, mint a hagyományos, kontroll joghurt állománymódosításához szükséges erők.

A laktózmentes joghurtoknál mért első törési erő 255,7%-kal nőtt a kontrollhoz képest, a keménységük 13%-kal volt magasabb, a tapadási erő 31,9%-kal emelkedett a laktózbontás hatására valamint a tapadó képesség 22,36%-kal volt magasabb a laktózmentes termékeknél.

A kontroll termékeknél átlagban a kezeletlen tejből 21,47%, a laktózmentes alapanyagból pedig 14,63% savó képződött. A kétféle termék savóeresztése közti különbség szignifikáns mértékű volt.

A bírálók az érzékszervi minősítés során a kontroll termékekre átlagban 19,2, míg a laktózmentes termékekre 18,5 összpontszámot adtak. A két termék között a külső tulajdonságokban, mint szag és illat, különbséget megállapítani nem lehetett. Mindkét

termék színe kifogástalan és egyenletesen csontfehér, elszíneződésektől mentes volt, melyhez joghurtra jellemző, kellemesen savanykás illat párosult. A laktózmentes termékek íze kevésbé volt zamatos, az édes íz dominált, mely a hagyományos natúr joghurtokhoz képest idegen volt. A műszeres állományvizsgálatok adatait, miszerint a laktózmentes joghurt állománya szilárdabb, az érzékszervi vizsgálatok eredményei is igazolták, a kontroll és a laktózmentes joghurtok állománya és íze között a statisztikai próba alapján szignifikáns különbség volt kimutatható.

A laktóz bontásával nem csak az állománytulajdonságok javíthatóak, hanem a savóeresztéssel járó veszteségek is 32%-kal csökkenthetők.

Az eredményeink nem csak a laktózérzékenységben illetve a laktóz intoleranciában szenvedők számára lehetnek hasznosak, hanem a klasszikus terméket fogyasztók számára is, hiszen pl. az ízesített savanyú tejtermékek esetében, a hozzáadott cukor mennyisége jelentősen csökkenthető, vagy akár el is hagyható. Ezzel kedvezőbb megítélésű, egészségesebb termék gyártható, ugyanakkor a termék állománytulajdonságai adalékok nélkül javíthatók.

9. Summary

We aimed to answer how will the composition of milk naturally enriched with vitamin and selenium change due to processing; which supplementation is more effective in cheese and yogurt from dietetic viewpoint and that whether the supplementations will cause sensory changes in milk products or not.

In our experience, significant proportion of naturally increased vitamin E and selenium can be preserved in dairy products. Although in each case vitamin content in milk was significantly reduced due to processing, decrease of vitamin content was lower in the presence of selenium. In yogurts it was found that without the presence of selenium 62.58% of vitamin E remains after processing, while in the presence of selenium 88.59% of vitamin E in milk is retained in the products, 98.87% of the original selenium content was detected, thus there was no significant difference between the selenium content of milk and yogurts made of it.

Vitamin losses in cheese were similar between groups, means are close to each other and there are no outlier values. On average, the vitamin loss ranged between 49.51 and 55.4%, and the selenium loss was between 48.92 and 52.26%.

Despite the vitamin and selenium loss, the experimental dairy products contain significantly higher amount of vitamin E and selenium content compared to the control samples. Therefore supplementation – which had no impact on the cheese or yogurt organoleptic properties - can be regarded effective from the viewpoint of the final product. 100 g of the cheese produced in the experiment of vitamin E enriched milk covers 7.4% of the required vitamin E, while the same amount of cheese from vitamin E and selenium supplementation covers 100% of the recommended amount of selenium. In our experience, in order to cover 50% of the daily vitamin E need with 100 g naturally vitamin E enriched yogurt, the raw milk of which the yogurt is produced of must contain at least 680 µg/100 g vitamin E.

In our experiments, we examined what changes take place during yogurt and cheese making in the successfully modified fatty acid content milk coming from rapeseed and sunflowerseed supplementation. We have analyzed, which supplementation brings and which product contains the most nutritionally valuable fatty

acids, and researched the effect of oil seeds supplementation to the sensory characteristics of the cheese and yogurt.

Processing milk into both yogurt and cheese had significant impact on the fatty acid composition of the product, which comes from the different types of fermentations. Positive and negative changes can be observed compared to the milk.

Saturated and unsaturated fatty acids ratio found in milk can be preserved most in yogurt. In these products, there was no significant difference between the saturated and unsaturated fatty acid content of milk and yogurt. Monounsaturated fatty acids, which have high importance in controlling cholesterol levels, were present more abundantly when yogurt was made of milk produced with sunflower supplementation (35.63%) than when it was made of milk with rapeseed supplementation (32.05%). In terms of increasing essential polyunsaturated fatty acid content, rapeseed supplementation had higher impact on both cheese and yogurt. Through rapeseed and sunflower supplementation the essential fatty acid content of yogurt was 5.34% and 4.44%, and of the cheese was 3.02% and 3.01%, respectively.

Processing has increased the ratio of omega 3 and omega 6 fatty acids both in the cases of cheese and yogurt. In our studies we have found that omega 3:6 ratio can be preserved the most in yogurt. During cheese processing significant reductions in omega 3 fatty acids significantly increased the relative proportion of these fatty acids. Products made of rapeseed supplemented milk had better omega 6:3 ratio. The ratio of 1.31 in yogurts can be considered as therapeutic value, thus feeding rapeseed allows the production of very valuable functional products.

Judges found inferior product firmness from both supplementations compared to control products. According to them, the yogurts had lower spoonability than the traditional ones. The control yogurt products received 19.3 points, while products from rapeseed and sunflower supplementation were given 17.2 and 16.8 points, respectively. There were no differences in color and flavor but regarding taste yogurt from rapeseed and sunflower feeding fell away because those were not found to be so aromatic and pleasantly acidic than the control sample. Cheese made with rapeseed feeding received 15.9 points, while feeding sunflower resulted in reaching 19.1 points on the sensory panel test. Judges found the structure of the cheese weak, fermentation holes were not regular and the product surface was not hard enough and the surface of the intersection was not clean since the cheese was easily fracturable.

Overall it can be stated that products with additional beneficial health effects can be produced when fatty acid profile is modified through feeding. Fatty acid composition of milk and the quantity of the valuable fatty acids can be preserved in the most amounts in yogurts. Products carrying the most physiological benefits are from rape supplementation which proves rape to be suitable to the production and development of functional foods.

However, supplementations had negative impact on the organoleptic properties of yoghurt and cheese. Due to the high unsaturated fatty acid content, experimental yoghurts had objectionable taste and aroma and cheese firmness was lower compared to control samples. Based on our experiments, supplementing cattle feed with rapeseed results physiologically better products than that of sunflower supplement.

Textural and sensory characteristics and whey separation of lactose-free yogurts were investigated. In our experiments breaking down of lactose resulted in significant differences in all these aspects. Based on test data, strength of the set gel structure of yoghurt made of lactose-free milk is significantly higher than of yogurt made of control milk.

In lactose free yogurts first refractive power that is needed for the probe to penetrate into the yogurt has increased to 255.7%, firmness was 13% higher, adhesion force increased 31.9% and adhesion capacity was 22.36% more compared to the control. In control products 21.47%, in lactose-free products 14.63% whey separated, the difference is statistically significant.

Judges gave 19.2 and 18.5 points to control and lactose-free products, respectively. Regarding external properties such as odor and smell, no difference was found between the two products. Both products had perfect, discoloration-free evenly bone white color which came with a pleasantly sour smell typical to yogurt. Lactose-free products tasted less juicy, sweet flavor dominated, which was strange compared to conventional natural yoghurts. Results of penetration tests, stating that lactose-free yogurts have firmer structure were confirmed with sensory panel tests. Significant difference was detected between the control and the lactose-free yogurt concerning the taste and firmness of yogurts.

The breakdown of lactose not only improves structural properties but also reduces whey separation in the final product by 32%.

The results may not only be beneficial for lactose sensitive or lactose intolerant but also for those consuming conventional products. For instance, in case of flavored fermented sour milk products the quantity of sugar added can be significantly reduced or even be omitted. Hence the product may achieve favorable perception and healthier product can be manufactured and even more, structural properties can be improved without additives.

10. Irodalomjegyzék

1. Alzate A., M.C. Pérez-Conde, A.M., Gutiérrez, C.Cámara (2010): Selenium-enriched fermented milk: A suitable dairy product to improve selenium intake in humans. *International Dairy Journal* 20 (2010)761-769.
2. Alm L. (1982): effect of fermentation on milk fat of Swedish fermented milk products. *Journal of Dairy Science*. 65.521-530.
3. Anke M., Regiusné M.Á., Gundel J. (2003): A szelén szerepe és előfordulása a táplálék-láncban (növény-állat-ember). *Állattenyésztés és takarmányozás*,52 (3) 1-34.
4. Antal M., Gaál Ö. (1998) Többszörösen telítetlen zsírsavak jelentősége a táplálkozásban. *Orvosi Hetilap* 139.19.1153-1158.
5. Apak R., Guclu K., Demirata B., Ozyurek M., Celik S. E., Bektasoglu B., Berker K. I., Ozyurt D. (2007): Comparative evaluation of various total antioxidant capacity assays applied to phenolic compounds with the CUPRAC assay. *Molecules*, 12:1496-1547.
6. Arkbage k., Witthöf C., Fonden R, Jagerstand M. (2003): Retention vitamin B12 during manufacture of six fermented dairy products using a validated ratio protein binding assay. *International Dairy Journal*, 13.2-3.pp.101-109.
7. Arthur A.B., Clayton B.E., Cottom D.G et. al.: Importance of disaccharide intolerance in the treatment of coeliac disease. *Lancet*, 1996, 287(7430), 172-174.
8. Balatoni M, Ketting F. (1981): *Tejipari kézikönyv*. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 243-315.
9. Balogh N., Gaál T., Ribiczeyné P. SZ., Petri Á. (2001): Biochemical and antioxidant changes in plasma and erythrocytes of pentathlon horses before and after exercise. *Vet Clin Path*; 30.4; 214–218.
10. Banville C., Vuilleumard J.C., Lacroix C., (2000) Comparison of different methods for fortifying Cheddar cheese with vitamin D. *International Dairy Journal* 10. 375-382.
11. Barna M. (2006): A zsírsavak szerepe a táplálkozásfüggő megbetegedések megelőzésében, különös tekintettel az elégtelen n-3 zsírsavellátottságra. *Metabolizmus* 4.4. 267-272.

12. Baum M. K. (1997): High risk of HIV-related mortality is associated with selenium deficiency. *Journal of Acquired Immune deficiency syndromes and Human Retrovirology*, 15.5; 370–374. pp.
13. Beck M. A. (1998): Dietary oxidative stress and the potential of viral infection. *Annual Review of Nutrition*, 18; 93–116.
14. Benzie I. F. F. (2000): Evolution of antioxidant defence mechanisms. *European Journal of Nutrition*, 39:53-61.
15. Bíró Gy., Dworsák E., Zajkás G. (1997): *Élelmiszerek az egészségmegőrzésben*. Budapest. Béres Kiadványok 113.
16. Boylston T.D., Beitz D.C. (2002): Conjugated linoleic acid and fatty acid composition of yogurt produced from milk of cows fed soy oil and conjugated linoleic acid. *Journal of Food Science* 67.1973-1978.
17. Branciarri R., Muggetti L, Ranucci D., Miraglia D., Valiani A., Acuti G., Selvaggini R., Trabalza-Marinucco M. (2014): Influence of manufacturing process on the compositional and sensory properties of n-3 fatty acid-enriched pecorino cheese. *Journal of Dairy Research* 1.7.
18. Bulhões, A. C., Goldani H.A.S., Oliveira F.S., Matte U.S., Mazzuca R.B and. Silveira T.R. (2007).: [Correlation between lactose absorption and the C/T-13910 and G/A-22018 mutations of the lactase-phlorizin hydrolase \(LCT\) gene in adult-type hypolactasia](#). *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 2007. november 1. *On-line version* ISSN 1414-431.
19. Burton G.W., Ingold K.H. (1981): Autoxidation of biological molecules. 1. The antioxidant activity of vitamin E and related chain-breaking phenolic antioxidants in vitro. *Journal of American Chemistry Society* 103.6472-6477.
20. Búzás Gy. (2015): A laktóztoleranciáról: Múlt és jelen. *Orvosi Hetilap*, 156 (38), 1532-39.
21. Cadenas E. (1989): Biochemistry of oxygen-toxicity. *Annual Review of Biochemistry*, 58:79-110.
22. Calamari L., Petrera F., Bertin G., (2010) Effects of either sodium selenite or Se yeast (Sc CNCM I-3060) supplementation on selenium status and milk characteristics in dairy cows. [Livestock Science Volume 128.1–3](#), 154–165.

23. Cao G. H., Sofic E. és Prior R. L. (1997): Antioxidant and prooxidant behavior of flavonoids: Structure-activity relationships. *Free Radical Biology and Medicine*, 22:749-760.
24. Cattani M., Mantovani R., Schiavon S., Bittante G., Bailoni L. (2014): Recovery of n-3 polyunsaturated fatty acids and conjugated linoleic acids in ripened cheese obtained from milk of cows fed different levels of extruded flaxseed. *Journal of Dairy Science* 97:123-135.
25. Chaudiere J. és Ferrari-Iliou R. (1999): Intracellular antioxidants: from chemical to biochemical mechanisms, 949-962.
26. Chilliard Y., Feraly A. (2004): Dietary lipids and forages interactions on cow and goat milk fatty acid composition and sensory properties. *Reproduction Nutrition Development* 5 467-492.
27. Cook N. R., Albert C. M., Gaziano J. M., Zaharris E., MacFadyen J., Danielson E., Buring J. E. és Manson J. E. (2007): A Randomized factorial trial of vitamins C and E and beta carotene in the secondary prevention of cardiovascular events in women - Results from the women's antioxidant cardiovascular study. *Archives of Internal Medicine*, 167:1610-1618.
28. Cornetti U. (2009): Antioxidant use in nutraceuticals. *Clinics in Dermatology*, 27:175-194.
29. Costa, A.I.A., Jongen, W.M.F.(2006): New insights into consumer-led food product development. *Trends in Food Science & Technology* 17 457-465.
30. Collins Y.F.P.L.H., McSweeney, Wilkingson M.G. (2003): Lipolysis and free fatty acid catabolism in cheese. A review of current knowledge. *International Dairy Science*. 13:841:866.
31. Coles (2007): Coles Myer Ltd. Funding Universe. Retrieved 2007-09-18.
32. Cruz Ag, Faria JAF, Van Dender AGF. (2007): Packing system and probiotic dairy foods. *Food Res Int* 40:951-6.
33. Cueva O, Kayanush J. Aryana (2002) Quality attributes of a heart healthy yogurt. *LWT -Food Science and Technology*. 41,537-544.
34. Csanádi J. (2005): A juhtej termelése, minősége és feldolgozása közti összefüggések. Doktori PHd értekezés, Debrecen.

35. Csapó J, Vargáné Vissi É., Csapóné Kiss Zs., Szakály S.,(2001) A tej és tejtermékek konjugált linolsav-tartalma I. A tej konjugált linolsav-tartalmát befolyásoló tényezők. *Acta Agrarica Kaposvariensis*, 5.4.1-12.
36. Csapó J., Csapóné Zs., (2002) Tej és tejtermékek a táplálkozásban. *Mezőgazda Kiadó*.301-318.
37. Dave R.I., Ramaswamy N., Baer R.J. (2002): Changes in fatty acid composition during yogurt processing and their effects on yogurt and probiotic bacteria in milk produced from cows feed different diets. *Australian Journal of Dairy Technologie* 57.197-202.
38. Davies K. J. A. (2000): Oxidative stress, antioxidant defenses, and damage removal, repair, and replacement systems. *Iubmb Life*, 50:279-289.
39. Delgado F.J., Cava R., Delgado J., Ramirez R. (2013): Tocopherols, fatty acids and cytokines content of holder pasteurised and high pressure processed human milk. *Dairy Science and Technology*. 94.2.145-156.
40. Dhiman R.T., Helmink E.D., McMahon D.J., Fife R.L., Pariza M.W. (1999): Conjugated linoleic acid content of milk and cheese from cows fed extruded oilseeds. *Journal of dairy Science* 82:412-419.
41. Djuric Z., Depper J. B., Uhley V., Smith D., Lababidi S., Martino S. és Heilbrun L. K. (1998): Oxidative DNA damage levels in blood from women at high risk for breast cancer are associated with dietary intakes of meats, vegetables, and fruits. *Journal of the American Diet Assoc.* 98.5:524-8.
42. Dublec K. (2011) *Takarmányozástan TAMOP 4.2.5 Pályázat könyvei* 57.
43. ÉFOSZ: Az Élelmiszer-feldolgozók Országos Szövetségénekálláspontja a magyarországi élelmiszeripar helyzetéről és javaslatok azúj Kormány számára. Élelmiszer-feldolgozók Országos Szövetsége.2010.május12.(www.efosz.hu/letoltes/efosz_allasfoglalas2010.pdf).
44. Ernst & Young Global Client Consulting: Efficient product introductions (1999): The development of value-creating relationships. *Efficient Consumer Response (ECR) Europe*, 2009.
45. Estrada J.D., Boeneke C., Bechtel P., Sathivel S. (2011): Developing a strawberry yogurt fortified with marine fish oil. *Journal of Dairy Science*. 94:5760-5769.

46. Eszenyi P., Sztirk A., Babka B., Prokisch J. (2011): Elemental nano-sized (100-500 nm) Selenium production by probiotic lactic acid bacteria. *International Journal of Biochemistry and Bioinformatics*, 1.2, July 201. 148-152 p.
47. Eurominor 2009. Functional foods: world survey. Euromonitor international, London. *Functional Times, Food Business*, February, 35. 6.
48. Fallon S., Enig M.G. (1999): Tripping Lightly Down the Prostaglandin Pathways. *Price-Pottenger Nutrition Foundation Health Journal*, 20 3 (619); 574–763.
49. Fenyvessy, J, Csanádi, J. (2007): Tejipari technológia. *Jegyzet Universitas Kiadó, Szeged*.100-153,190-215.
50. Flechter R. J., Bell I. P., Lambert J. P. (2004): Public health aspects of food fortification: A question of balance. *Proceedings of the nutrition Society*, 63(4) 605-614.
51. Fledman Zs. (2013): Növelni kell az innovációt és az együttműködést a tejágazatban. *Trade magazin* 2013. 11. 24. 12:21. (www.trademagazin.hu)
52. Florence A.C., Béal C., Silva R.C., Bogsan C.S., Pillegi A.L., Gioelli L.A., Oliveria M.N. (2012): Fatty acid profile, trans-octadecenoic, α -linolenic and conjugated linoleic acid contents differing in certified organic and conventional probiotic fermented milks. *Food Chemistry*. 135.4.2207-2214.
53. Flynn R.G., Bakal A.I., Synder M.A. (1994): Method of preparing lactose-hydrolysed milk with suppressed sweetness. *UP Patent* 5334399.
54. Forceville X. (1998): Selenium, systemic immune response syndrome, sepsis, and outcome in critically ill patients. *Critical Care Medicine*, 26 (9); 1536–1544.
55. Ganesan B., Brotherson C., McMahon D.J. (2010): Fortification of Cheddar cheese with vitamin D does not alter cheese flavor perception. *Journal of Dairy Science*. 94:3708-3714.
56. Gábor Miklósné (2012) A szabad gyökök reakcióképes vegyületek - Természetes antioxidánsok a táplálkozásban. [Tudomány és Innováció - Délmagyarország melléklet](#), 2012.11.
57. Gonclaves M., Freitas M. (2007): Selenium content in selected Portuguese foodstuff. *Eur Food Technol*. 224:395-401.
58. Grechev G., Mihaylova Gy., (2012): Fatty acid content of yogurt produced from the milk of sheep reared in central balkan mountains. *Banat's University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine from Timisoara*. 67-70.

59. Grunert, K.G., Valli, C. (2001): Designer-made meat and dairy products: Consumer-led product development. *Livestock Production Science* 72,83-98.
60. Guneser O., Karagul Y. (2012): Effect of ultraviolet light on water-and fat-soluble vitamins in cow and goat milk. *Journal of Dairy Science*. 95(11):6230-6241.
61. Gundel J., Hermán I-né (2007): A sertéshús, mint élelmiszer (minőségi elvárások), www.agronaplo.hu
62. Halliwell B. és Gutteridge J. M. C. (1995): The definition and measurement of antioxidants in biological-systems. *Free Radical Biology and Medicine*, (18):125-126.
63. Hanson A.L. Meztger L.E.(2010): Evalutation of increased vitamin D fortification in high-temperature, short time processed 2% milk, UHT-processed 2% fat chocolate milk, and low fat strawberry yogurt. *Journal of Dairy Sience* 93(2). 801-807.
64. Herbert V., Shaw S., Jayatilleke E. (1996): Vitamin C-driven free radical generation from iron. *Journal of Nutritin Science* 126; 1213–1220.
65. Hurtaud C., Peyraud J., Michel G., Bertholet D., Delaby L. (2009): Winter feeding systems and dairy cow breed have an impact on milk composition and flavour of two Protected Designation of Origin of french cheese. *Animal* 3:1327-1338.
66. Ibarra A., Acha R., Calleja M.T., Chiralt-Bois, Witting E. (2012): Optimization and shelf life of a low lactose yogurt with *Lactobacillus rhamnosus* HN001. *Journal of Dairy Sience*. 95:356-3548.
67. Ilic D.B., Ashoor S.H. (1988): Stabilyti of vitamins A and C in fortified yogurt. *Journal of Dairy Sience*, 71. 6.1492-1498.
68. Ip, C., Chin, S.F., Scimeca, J.A., Pariza, M.W. (1991). Mammary cancer prevention by conjugated dienoic derivative of linoleic acid. *Cancer Research* 51. 6118-6124.
69. Jaeck D., Marek S., Tadueusz G., Genowefa B. (2006): Rheological properities and texture of yogurts when oat-maltodextrin is used as a fat substitue. *International Journal of Food Properties*. 9:1-11.
70. Jaros, D., Haque, A., Kneifel, W., Rohm, H. (2002): Influence of starter culture on the relationship between dry matter content and physical properties of stirred yogurt. *Milchwissenschaft* 57.8. 447-450.

71. [Jian G.](#), [Lili N.](#), [Dengfeng W.](#), [Binlin S.](#), Sumei Y. (2014): Effect of dietary organic selenium on milk selenium concentration and antioxidant and immune status in midlactation dairy cows [Livestock Science](#) (Available online 31 October 2014)
72. Jiang Q., Christen S., Shigenaga M. K. és Ames B. N. (2001): γ -tocopherol, the major form of vitamin E in the US diet, deserves more attention. *American Journal of Clinical Nutrition*, 74:714-722.
73. Jiang, J., Brook, L., Fonden, R. (1998): Production of conjugated linoleic acid by dairy starter cultures. *J. Applied Microbiol.* 85, 95-102.
74. Kapronczai I., Bojtárné Lukácsik M., Felkai B.O., Györe D., Kürti A., Székelyné Raál É., Vágó Sz. (2009): Tulajdonosi és szervezeti változások a hazai élelmiszerpiarban. *Agrárgazdasági Kutató intézet. Budapest.* 1-136.
75. Karsheva M., Paskov R., Tropcheva R., Georgieva R., Danova S. (2013): Physicochemical parameters and rheological properties of yoghurts during the storage. *Journal of Chemical Technology and Metallurgy*, 48, 5, 2013, 483-488.
76. Kelloff G.J., Hawk E.T., Crowell J.A. (1996): Strategies for identification and clinical evaluation of promising chemopreventive agents. *Oncology (Huntington)*. 10.1471-1484.
77. Kim Y.J., Liu R.H. (2002): Increase of conjugated linoleic acid content in milk by fermentation with lactic acid bacteria. *Journal of Food Science*. 67.1731-1838.
78. Klipstein-Grobusch K., Geleijnse J. M., den Breeijen J. H., Boeing H., Hofman A., Grobbee D. E. és Witteman J. C. M. (1999): Dietary antioxidants and risk of myocardial infarction in the elderly: the Rotterdam Study. *American Society for Clinical Nutrition* 261-266.
79. Kok, F., Hofman, A., Witteman, J.C.M. (1989): Decreased Se levels in acute myocardial infarction. *Journal of the American Medical Association*, 261:1161-1164.
80. Kosikowski f.V. (1979): Low lactose yogurts and milk beverages by ultrafiltration. *Journal of dairy Science*. 62:41-46.
81. Kotilainen L, Rajalahti R, Ragasa C, Pehu E. (2006): Health enhancing foods: opportunities for strengthening the sector in developing countries. *Agriculture and Rural Development Discussion Paper* 30.
82. Kovács, Á.. (1999): Az élelmiszertudomány alapjai II. – Élelmiszerkémia. Jegyzet. POTE Egészségügyi Főiskolai Kar, Pécs

83. Kretchmer N. (1971): Memorial lecture: Lactose and lactase- a historical perspective. *Gastroenterology* 1971, 61(6), 805-813.
84. Lee J. E., Giovannucci E., Smith-Warner S. A., Spiegelman D., Willett W. C. és Curhan G. C. (2006): Intakes of fruits, vegetables, vitamins A, C, and E, and carotenoids and risk of renal cell cancer. *Cancer Epidemiology Biomarkers & Prevention*, 15:2445-2452.
85. Lesgards J.F., Durand P., Lassare M. (2002): Assessment of lifestyle effects on the overall antioxidant capacity of healthy subjects. *Environ Health Persp.* 110:479-486.
86. Lorentzen, M., Maage, A., Julshamn, K. (1994): Effects of dietary selenite or seleno methionine on tissue selenium levels of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture*, 121:359–367.
87. Lucas A., Rock E., Agabriel C., Chilliard Y., Coulon J.B. (2008): Relationships between animal species (Cow versus goat) and some nutritional constituents in raw milk farmhouse cheese. *Small Ruminant Research*. 74:243-248.
88. Lugasi A., Blázovics A. (2004): Az egészséges táplálkozás tudományos alapjai, 4. Számú útmutató az egészség megőrzéséhez. PXP Nyomda, (Budapest).
89. Magyar Élelmiszerkönyv 1-1-90/496 számú előírása az élelmiszerek tápértékjelöléséről.
90. Magyar Élelmiszerkönyv 1-3/51-1 számú előírása a tejtermékekről.
91. Mark S. D. (1998): Do nutritional supplements lower the risk of stroke or hypertension? *Epidemiology*, 9.1; 9–15.
92. Martin B., Pomies D., Pradel P., Verdier-Metz I., Remond B. (2009): Yield and sensory properties of cheese made with milk from Holstein or Montbéliarde cows milked twice or once daily. *Journal of Dairy Science*. 92:4730:4737.
93. Mata, P. - Alvarez-Sala, L.A. - Rubio, M.J. - Nuno, J. - De Oya, M. (1992): Effects of long-term monosaturated- vs polysaturated-enriched diets on lipoproteins in healthy men and women. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 55. 846-850.
94. Menrad K. (2003): Market and marketing of functional food in Europe. *J Food Engr* 56.2-3:181-8.
95. Meyer U., Heerdegen K., Schenkel H., Danicke S., Flachowsky G. (2014): Influence of various selenium sources on selenium concentration in the milk of dairy cows.

96. Mézes M. (2007): A takarmányozás hatása a setéshús minőségére és biztonságára. AgroNapló, országos mezőgazdasági szakfolyóirat 11.03.
97. Mézes, M. (2004): Szelénnel dúsított funkcionális élelmiszerek előállításának lehetőségei, „Szelén az élettelen és élő természetben”, Kerekasztal Konferencia, Gödöllő
98. Mihailovis M. B. (1998): Blood and plasma selenium levels and GSH-Px activities in patients with arterial hypertension and chronic heart disease. *Journal of Environmental Pathology, Toxicology and Oncology*, 17.3–4; 285–289.
99. Mirelda D., Ilicic, Milanovic S., Caric m., Vukic V., Kanuric K., Ranogajec M., Hrnjez D. (2013): The effect of transglutaminase on rheology and texture of fermented milk products. *Journal of Texture Studies* 44.160-168.
100. MNÉTP: „Élelmiszer az életért” Innovációs Megvalósítási Terv. Magyar Nemzeti Élelmiszer-technológiai Platform. 2010. május 21.
101. Nagy A., Jávora A., Veressné Mille M., Csiki Z. (2013): Különböző fajtájú, szelénnel dúsított joghurtok egészségre gyakorolt hatásai. A Magyar Táplálkozástudományi Társaság XXXVIII. vándorgyűlése. Eger, 2013.10.3-5.
102. Naydenova N., Iliev G., Mihaylova G.: (2013): Fatty acids and lipid composition of buffalo milk yogurt. *Agricultural Science and Technology*. 5.3.331-334.
103. 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.
104. Nilson A., Piza J. (1998). Food fortification: A tool for fighting hidden hunger *Food and nutrition bulletin*, N. S. Scrimshaw, ed., United Nations University Press Tokyo, 49-60.
105. OÉTI: Országos Élelmezés- és Táplálkozástudományi Intézet (2013): Ajánlások a felnőttek tej- és tejtermékek fogyasztására. Budapest 2013. április.
106. Pagie D.M., (2005): Lactose intolerance. In: Caballerco B. Allen L., Prentice A., editors. *Encyclopedia of human nutrition*. 2nd ed. Oxford: Elsevier Ltd. p.113-20.
107. Petrera F., Calamari I., Bertin G. (2009): Effect either sodium selenite or Se-yeast supplementation on selenium status and milk characteristics in dairy goats. *Small Ruminant Research* 82.130-138.
108. Porter M.E. (1990): The comparative advantage of nations. Free Press New York. 45.

- 109.Prokisch J. (2008): Funkcionális élelmiszerek fejlesztése a Debreceni Egyetem Élelmiszertudományi Tanszéken. A jövő élelmiszerei és az egészség 91-107.
- 110.Prokisch J. (2010): Funkcionális élelmiszerek hatóanyagai, 1. Vitaminok. Készült az XFUNKEL OM-00245 TECH_08_A3/2-2008-0388 pályázathoz. ISBN 978-963-88881-1-2, 24.
- 111.Pryor W. A. (2000): Vitamin E and heart disease: Basic science to clinical intervention trials. *Free Radical Biology and Medicine*, 28:141-164.
- 112.Raimondi L., Locatelli C., Biasini A., Poecco M. (2004): Iron harmful in an anemic baby. *Quaderni acp.*, 11.1; 36–37.
- 113.Rainer Z. (2008): Weltweite Verteilung der Laktoseintoleranz (last version), 31 August 2008, (www.wikipedia.org)
- 114.Rayman, M.P. (2000): The importance of selenium to human health. *Lancet*, 356:233-241 pp.
- 115.Reilly, C. (1998): Se: A New Entrant Into the Functional Food Arena.
- 116.Research and Markets, 2008. Functional foods market assement, 2008. (www.researchmarkets.com/reports) Accessed Jun 27, 2008.
- 117.Reykdal O., Rabieh S., Steingrimsdottir L., Gunnlaugsdottir H. (2011): Minerals and trace elements in Icelandic dairy products and meat. *Journal of Food Composition and Analysis* 24.980-986.
- 118.Roberfroid M.B. (2000): Defining functional foods. 9;27. p. In: Gibson G. R., Williams MS C. M. (Eds.): *Functional food. Concept to product*. Cambridge, England: Woodhead Publishing Ltd. and CRC Press LLC 374.
- 119.Rosenkrantz, S. (2003): Simultaneous choice of process and product innovation when consumers have a preference for product variety. *Journal of Economic Behavior & Organization* 50 183-201.
- 120.Rotruck, J.T., Pope, A.L., Ganther, H.E., Swanson, A.B., Hafeman, D.G., Hoekstra, W.G., (1973): Selenium: biochemical role as a component of glutathione peroxidase. *Science*, 179:585-590 pp. Rotterdam Study. *American Journal of Clinical Nutrition*, 69:261-266.
- 121.Sanders M.E. (1998): Overview on functional foods: emphasis on probiotic bacteria. *International Dairy Journal*, 8.5;6. 341;347.
- 122.Sarudi, I., Csapóné, K. Zs., Szabó, A., Sütő, Z. (2004): Szelénnel dúsított tojás. „Szelén az élettelen és élő természetben”, Kerekasztal Konferencia, Gödöllő.

- 123.Schenker S. (1999): Functional foods '99, claims and evidence. 20 key facts. British Nutrition Foundation News. 1999. 19. (Summer) Supplement.
- 124.Schmidt J. (2006): Takarmányozás és a tej minősége. Állattenyésztés és takarmányozás. Különszám 55.33-40.
- 125.Schram,E.,Schelvis-Smit, R. A. A. M., Van Der Heul, J.W., Luten, J.B.(2010): Enrichment of the African catfish *Clarias gariepinus*(Burchell) with functional selenium originating from garlic: effect of enrichment period and depuration on total selenium level and sensory properties, *Aquaculture Research*, 41(6): 793–803.
- 126.Schwarz K., Foltz C.M. (1957): Selenium is an integral part of factor 3 against necrotic liverdegeneration.*J.Am.Chem.Soc.*,79 3292-3293.
- 127.Serafemiodu A., Zlatanov S., Kritikos G., Tourianis A. (2013): Change of fatty acid profile, including conjugated linoleic acid (CLA) content, during refrigerated storage of yogurt made of cow and sheep milk. *Journal of Food Composition and Analysis* 31.1.24-30.
- 128.Sieber R., Collomb A., Aeschlimann P., Jelen P., Eyer H. (2004): Impact of microbial cultures on conjugated linoleic acid in dairy products. *International Dairy Journal* 14.1-15.
- 129.Sies H. (1991): Oxidative stress-oxidants and antioxidants. London Academic Press, 82; 291–295.
- 130.Sigounas G., Anagnostou A., Steiner M. (1997): dl-alpha- tocopherol induces apoptosis in erythroleukemia, prostate, and breast cancer cells.*Nutrition and Cancer-an International Journal*, 28:30-35.
- 131.Süli Á., Béri B., Csapó J. (2015): A takarmányozás hatása az állati termékekre, különös tekintettel a zsírsav-összetételre. *Állattenyésztés és Takarmányozás* 64(3), 164-177.
- 132.Süli Á., Béri B., Csapó J., Vargáné Visi É., Borbélyné Varga M. (2014): Az olajos magvak felhasználásának lehetősége a tejelő tehenek takarmányozásában. *Agrártudományi Közlemények* 57,67-74.
- 133.Süli Á., Béri B. (2009): A takarmányozás hatása a tej zsírsavösszetételére. *Animal welfare, etológia és tartástechnológia*. 5. 4. 255-263.
- 134.Sütő B., Béri B. (2009): Tejelő szarvasmarha antioxidánsokkal történő takarmánykiegészítésének hatása a tej E-vitamin és likopintartalmára *Animal welfare, ethology and housing systems*, 5. 4. 264-270.

- 135.Szabó S.A., Gyéri D., Regiusné M.Á. (1993): Mikroelemek a mezőgazdaságban II. (Stimulatív hatású mikroelemek). Budapest: Akadémia Kiadó 212.
- 136.Szakály S. (1999): A savanyított tejkészítmények szerepe az emberi egészségmegővésében. Tejgazdaság. 59.2. 15-18.
- 137.Szakály S.(2001): Tejgazdaságtan. Budapest: Dinasztia Kiadó. 478.
- 138.Szakály Z.(2011): Táplálkozásmarketing. Mezőgazda kiadó, Budapest, 2011,194-202.
- 139.Szakály, S. (1997): A tejtermékek táplálkozási, egészségügyi szerepéről. Élelmészeti Ipar 51.10. 291-293.
- 140.Szakleczki E (2000): Szabadgyök reakciók és az antioxidáns rendszer gasztroenterológiai betegségekben és diabetes mellitusban. Budapest, Semmelweis Egyetem Doktori Iskola A hepatológia szabadgyökös és immunológiai vonatkozásai. 12.
- 141.Szaleczky E. (2000): Szabadgyök-reakciók és az antioxidáns rendszer gasztroenterológiai betegségekben és diabetes mellitusban. Doktori PHD értekezés, Budapest.
- 142.Szigeti J., Krász Á (1992): Dietetikus igényeket kielégítő savanyú tejkészítmények előállítása. Tejipar, 42 (2) 25-29.
- 143.Szilvássy Z, Sári R. (2008). Funkcionális élelmiszerek kifejlesztési lehetőségei. A jövő élelmiszerei és az egészség, Debreceni Egyetem Agrár- és Műszaki Tudományok Centruma, 161.
- 144.Takács M., Baráné H.O., Csanádi J. (1997): Laktózhidrolízis a tejtermékekben. Tejgazdaság. LVII. 2. 16-21.
- 145.Thomson, C.D., Robinson, M.F., Butler, J.A., Whanger, P.D. (1993): Long-term supplementation with selenate and selenomethionine: selenium and glutathione peroxidase (EC 1.11 1.9) in blood components of New Zealand women. British Journal of Nutrition, 69:577–588.
- 146.Toba T., Watanabe A., Adachi S. (1983): Quantitative changes in sugars, especially oligosaccharides, during fermentation and storage of yogurt. Journal of Dairy Science 66:17-20.
- 147.Toporcov T. N., Antunes J. L. F. és Tavares M. R. (2004): Fat food habitual intake and risk of oral cancer. Oral Oncology, 40:925-931.

- 148.Tóth Gy. (1984): Szerves és Biokémia II. kötet. Debreceni Egyetem Mezőgazdasági Egyetemi Kar, Kémia Tanszék, 233.
- 149.Varga Á. (2012): A marketingkommunikáció fogyasztói megítélése a tej és tejtermékek piacán, Doktori PHD értekezés, Kaposvár.
- 150.Vargas E., Vera R.R., Aguilar C., Lira R., Pena I., Fernandez J. (2013): Feeding olive cake to ewes improves fatty acid profile of milk and cheese. *Animal Feed Science and Technology* 184.94-99.
- 151.Vélez-Ruiz J.F. (2008): Rheological properties of yogurt. In progress in Food Engineering Research and Development, (J.M. Cantor ed.) pp.223-242, Nova Science Publishers, Inc., New York NY.
- 152.Vertuani S., Angusti A. és Manfredini S. (2004): The antioxidants and pro-antioxidants network: An overview. *Current Pharmaceutical Design*, 11:1677-1694.
- 153.Viszket E., Zsédely E., Tanai A, Varga L., Tóth T (2010): Az évszak hatása a tehéntej zsírsavösszetételére. *Tejgazdaság* 2010/1-2.szám 20.
- 154.Wahrburg, U. (2004): What are the health effects of fat? *European Journal of Nutrition*, 43. (Suppl 1) I/6-I/11.
- 155.Wallenfels K., Malhorta OP. (1960): Beta-galactosidase. In: Boyer PD. editor. *The enzymes*. 2ed. New York: Academic Press Inc.p.409-30.
- 156.Wassermann B.P. (1984): Thermostable enzyme production. *Food technology*.2. 78-88.
- 157.Watson, R. R., Leonard, T. N. (1986): Selenium and vitamins A, E, and C-nutrients with cancer prevention properties. *J. Am. Diet. Assoc.* 86:505-510.
- 158.Weis W.P., Wyatt D.J. (2013): Effect of dietary fat and vitamin E on α -tocopherol in milk from dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 86:3582-3591.
- 159.WHO Technical Report Series 916. Geneva, 2003. pp. 54-60.
- 160.Yanardag R., Orak H. (1999): Selenium content of milk and milkproduct of Turkey II. *Biological Trace Element Research*. 68.79-95.
- 161.Yang G. Ge K.Y., Chen J.S., Chen X.S. (1988): Selenium-related endemic diseases and the daily selenium requirement of humans. *Wld.Rev.nutr.Diet.*,55 98-152.
- 162.Yoshida Y, Sasaki G, Goto S, Yanagiya S, Takashina K (1975.). Studies on the etiology of milk intolerance in Japanese adults. *Gastroenterol. Jpn.*10.1, 29–34. o.

- 163.Zadow J.G. (1986): Lactose hydrolysed dairy products. Food Technology in Australia, 38,460-462,471.
- 164.Zhang R., Mustafa A.F., Zhao X. (2006a): Effects of flaxseed supplementation to lactating ewes on milk composition, cheese yield, fatty acid composition of milk and cheese. Science Direct. 63.(2006)233-241.
- 165.Zhang R., Mustafa A.F., Zhao X. (2006b): Effects of feeding oilseeds rich in linoleic and linoleic fatty acids to lactating ewes on cheese yield and on fatty acid composition of milk and cheese. Science Direct. 127.(2006).220-233.
- 166.Zsarnóczay G. (2001): Funkcionális húskészítmények, különös tekintettel a többszörösen telítetlen zsírsavakra. A Hús, 11.4, 207-212.
- 167.Zsinka, Á. (1997): Zsírsavak a szervezetben - zsírsavak a táplálékban. Táplálkozás-Anyagcsere-Diéta, 2. 1. 10-15.
- 168.Zourari A., Accolas J.P., Desmazeaud M.J. (1992): Metabolism and biochemical characteristics of yogurt bacteria. A review. Lait 72.1-34.
- 169.www.ksh.hu

11. Megjelent saját tudományos közlemények



**DEBRECENI
EGYETEM**

**DEBRECENI EGYETEM
EGYETEMI ÉS NEMZETI KÖNYVTÁR**

H-4002 Debrecen, Egyetem tér 1, Pf.: 400
Tel.: 52/410-443, e-mail: publikaciok@lib.unideb.hu

Nyilvántartási szám: DEENK/371/2019.PL
Tárgy: PhD Publikációs Lista

Jelölt: Kárnyáczi Zsuzsanna
Neptun kód: EEVDR9
Doktori Iskola: Állattenyésztési Tudományok Doktori Iskola
MTMT azonosító: 10048685

A PhD értekezés alapjául szolgáló közlemények

Magyar nyelvű tudományos közlemények hazai folyóiratban (5)

1. **Kárnyáczi, Z.**, Csanádi, J., Fenyvessy, J., Béri, B.: Kísérleti tejtermékek E-vitamin tartalmának vizsgálata.
Agrártud. Közl. 65, 49-52, 2015. ISSN: 1587-1282.
2. **Kárnyáczi, Z.**, Óré-Sütő, B. V.: Tejtermékfejlesztés zsírsavösszetétel-módosítással.
Élelmvizsg. Közl. 60 (1), 58-67, 2014. ISSN: 0422-9576.
3. Gyimes, E., Csanádi, J., Szabó, P. B., Krisch, J., Gábor, M., Kovács, E., Horváth-Almássy, K., Baráné Herczegh, O., Fenyvessy, J., **Kárnyáczi, Z.**, Szűcs, T., Tóth, Z., Véha, A.: Funkcionális élelmiszerek fejlesztése: Háttér és eredmények.
Élelm. Tud. Technol. 2, 6-14, 2012. ISSN: 2061-3954.
4. Lendvai, E., Krisch, J., **Kárnyáczi, Z.**, Fenyvessy, J., Tóth, Z., Csanádi, J.: Új szimbiotikus joghurt fejlesztésének értékelése.
Tejgazdaság. 72 (1-2), 37-45, 2012. ISSN: 1219-3224.
5. **Kárnyáczi, Z.**, Béri, B., Fenyvessy, J., Csanádi, J.: Funkcionális tejtermékek kifejlesztésének lehetőségei.
Agrártud. Közl. 40, 33-36, 2010. ISSN: 1587-1282.

Idegen nyelvű tudományos közlemények hazai folyóiratban (1)

6. **Kárnyáczi, Z.**, Csanádi, J.: Texture profile properties, sensory evaluation, and susceptibility to syneresis of yoghurt prepared from lactose-free milk.
Acta Aliment. 46 (4), 403-410, 2017. ISSN: 0139-3006.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1556/066.2016.0018>
IF: 0.384





Idegen nyelvű tudományos közlemények külföldi folyóiratban (1)

7. Sütő, B. V., **Kárnyáczki, Z.**, Béri, B.: Effect of vitamin E and Selenium supplementation on the antioxidant content of milk and dairy products in dairy cows.
J. Agric. Sci. 44, 9-12, 2011. ISSN: 0021-8596.
IF: 2.041

Magyar nyelvű konferencia közlemények (1)

8. **Kárnyáczki, Z.**, Csanádi, J., Fenyvessy, J.: Funkcionális tejtermékek kifejlesztésének lehetőségei.
In: XVII. Ifjúsági Tudományos Fórum : Konferencia, Pannon Agrártudományi Egyetem
Georgikon Mezőgazdaságtudományi Kar, Keszthely, [1-6], 2011. ISBN: 9789639639423

További közlemények

Idegen nyelvű tudományos közlemények hazai folyóiratban (1)

9. Csanádi, J., **Kárnyáczki, Z.**, Bajusz, I., Baráné Herczegh, O., Fenyvessy, J.: Effect of Lactose hydrolysis on milk fermentation and some properties of curd.
Rev. Fac. Eng. Analecta Tech. Szeged. 2-3, 36-43, 2010. ISSN: 1788-6392.

A közlő folyóiratok összesített impakt faktora: 2,425

**A közlő folyóiratok összesített impakt faktora (az értekezés alapjául szolgáló közleményekre):
2,425**

A DEENK a Jelölt által az iDEa Tudóstérbe feltöltött adatok bibliográfiai és tudásmetriai ellenőrzését a tudományos adatbázisok és a Journal Citation Reports Impact Factor lista alapján elvégezte.

Debrecen, 2019.11.08.



12. Mellékletek

1. melléklet

Az egyes takarmány-kiegészítésből származó tejek zsírsavösszetétele (n=6, az adatok zsírsav-metilészter %-ban szerepelnek)

Zsírsav neve		Kontroll		Repce kiegészítésből származó tej		Napraforgó kiegészítésből származó tej	
Vajsav	C 4:0	7,42	±0,82	1,67	±0,02	0,47	±0,10
Kaprónsav	C 6:0	1,49	±0,11	1,61	±0,03	2,53	±0,09
Kaprilsav	C 8:0	1,16	±0,06	0,91	±0,04	2,19	±0,08
Kaprinsav	C 10:0	3,39	±0,11	2,51	±0,07	3,20	±0,15
Undekánsav	C 11:0	0,39	±0,04	0,27	±0,02	0,33	±0,03
Laurinsav	C 12:0	4,52	±0,31	1,23	±0,10	4,31	±0,12
Tridekánsav	C 13:0	0,29	±0,03	0,20	±0,02	0,27	±0,02
Mirisztinsav	C 14:0	11,98	±0,57	11,65	±0,78	11,90	±1,16
Pentadekánsav	C 15:0	1,68	±0,13	1,17	±0,04	1,42	±0,04
Palmitinsav	C 16:0	33,59	±0,63	25,82	±0,67	18,96	±1,24
Heptadekánsav	C 17:0	0,99	±0,09	0,66	±0,07	1,18	±0,21
Sztearinsav	C 18:0	3,64	±0,17	8,64	±0,26	9,37	±0,71
Arachidinsav	C 20:0	0,17	±0,02	0,18	±0,02	0,15	±0,01
Heneikozánsav	C 21:0	0,04	±0,01	0,06	±0,01	0,90	±0,09
Behénsav	C 22:0	0,08	±0,01	0,10	±0,01	0,11	±0,01
Lignocerinsav	C 24:0	0,06	±0,01	0,07	±0,01	0,06	±0,00
SFA		70,87		56,73		57,34	
Mirisztoleinsav	C 14:1	1,10	±0,11	0,96	±0,04	0,94	±0,05
Palmitoleinsav	C 16:1	2,23	±0,19	1,81	±0,10	2,94	±0,21
Elaidinsav	C 18:1n9t	1,20	±0,12	1,44	±0,08	2,38	±0,11
Eikozénsav	C 20:1	0,07	±0,01	0,24	±0,03	0,13	±0,01
Olajsav	C 18:1n9c	20,39	±0,12	28,10	±0,85	30,58	±1,20
Erukasav	C 22:1n9	0,18	±0,01	0,20	±0,01	0,25	±0,02
MUFA		26,16		32,74		37,23	
Linolsav	C 18:2n6	2,33	±0,21	4,71	±0,38	3,42	±0,07
γ-linolénsav	C 18:3n6	0,02	±0,01	0,09	±0,01	0,05	±0,00
α-linolénsav	C 18:3n3	0,96	±0,03	4,54	±0,10	1,04	±0,06
c9t11-konjugált linolsav	C 18:2	0,28	±0,04	0,48	±0,04	0,44	±0,01
Eikozaidénsav	C 20:2	0,04	±0,01	0,04	±0,01	0,03	±0,00
Eikozatirénsav	C 20:3n6	0,10	±0,01	0,14	±0,02	0,17	±0,01
Arachidonsav	C 20:4n6	0,18	±0,02	0,20	±0,01	0,25	±0,02
Dokozapentaénsav	C 22:5n3	0,08	±0,01	0,07	±0,00	0,04	±0,00
PUFA		3,98		10,26		5,43	
UFA		29,14		43,00		42,66	

A repce kiegészítésből származó joghurt és sajt zsírsavösszetétele
(n=6, az adatok zsírsav-metilészter %-ban szerepelnek)

Zsírsav neve		Repce kiegészítésből származó tej		Repce kiegészítésből származó joghurt		Repce kiegészítésből származó sajt	
Vajsav	C 4:0	1,67 ^a	±0,13	2,65 ^b	±0,31	1,71 ^a	±0,07
Kaprónsav	C 6:0	1,61	±0,03	1,55	±0,19	1,45	±0,08
Kaprilsav	C 8:0	0,91 ^b	±0,04	0,70 ^a	±0,11	0,90 ^b	±0,10
Kaprinsav	C 10:0	2,51 ^b	±0,07	2,07 ^a	±0,08	3,50 ^c	±0,07
Undekánsav	C 11:0	0,27	±0,02	0,26	±0,05	0,27	±0,03
Laurinsav	C 12:0	1,23 ^a	±0,10	2,69 ^b	±0,32	3,24 ^c	±0,09
Tridekánsav	C 13:0	0,20	±0,02	0,19	±0,02	0,17	±0,02
Mirisztinsav	C 14:0	11,65 ^b	±0,78	9,31 ^a	±0,77	11,38 ^b	±1,93
Pentadekánsav	C 15:0	1,17 ^a	±0,04	1,14 ^a	±0,05	3,18 ^b	±0,20
Palmitinsav	C 16:0	25,82 ^a	±0,67	28,07 ^a	±2,85	33,95 ^b	±0,59
Heptadekánsav	C 17:0	0,66	±0,07	0,66	±0,11	0,64	±0,06
Sztearinsav	C 18:0	8,64	±0,26	8,46	±0,58	8,75	±0,63
Arachidinsav	C 20:0	0,18 ^b	±0,02	0,19 ^b	±0,03	0,15 ^a	±0,01
Heneikozánsav	C 21:0	0,06 ^c	±0,01	0,02 ^a	±0,00	0,04 ^b	±0,01
Behénsav	C 22:0	0,10 ^a	±0,01	0,10 ^a	±0,01	0,06 ^b	±0,00
Lignocerinsav	C 24:0	0,07 ^b	±0,01	0,06 ^b	±0,01	0,04 ^a	±0,00
SFA		56,73^a		58,18^a		69,43^b	
Mirisztoleinsav	C 14:1	0,96	±0,04	0,85	±0,09	0,94	±0,10
Palmitoleinsav	C 16:1	1,81	±0,10	1,86	±0,10	1,84	±0,16
Elaidinsav	C 18:1n9t	1,44 ^b	±0,08	1,17 ^a	±0,07	1,41 ^b	±0,19
Olajsav	C 18:1n9c	28,10 ^b	±0,85	27,77 ^b	±1,76	21,52 ^a	±1,07
Eikozénsav	C 20:1	0,24 ^b	±0,03	0,22 ^b	±0,02	0,03 ^a	±0,00
Erukasav	C 22:1n9	0,20	±0,01	0,18	±0,02	0,20	±0,01
MUFA		37,74^b		32,05^b		25,94^a	
Linolsav	C 18:2n6	4,71 ^b	±0,10	5,12 ^b	±0,15	2,66 ^a	±0,01
γ-linolénsav	C 18:3n6	0,09 ^a	±0,01	0,08 ^a	±0,01	0,15 ^b	±0,01
α-linolénsav	C 18:3n3	4,54 ^b	±0,10	4,07 ^b	±0,15	0,61 ^a	±0,01
c9t11-konjugált linolsav	C 18:2	0,48 ^b	±0,04	0,34 ^a	±0,05	0,51 ^c	±0,03
Eikozaidénsav	C 20:2	0,04 ^b	±0,01	0,01 ^a	±0,00	0,45 ^c	±0,03
Eikozatirénsav	C 20:3n6	0,14 ^c	±0,02	0,10 ^b	±0,01	0,02 ^a	±0,00
Arachidonsav	C 20:4n6	0,20 ^b	±0,01	0,04 ^a	±0,01	0,20 ^b	±0,01
Dokozapentaénsav	C 22:5n3	0,07 ^c	±0,00	0,02 ^a	±0,00	0,06 ^b	±0,01
PUFA		10,26^a		9,78^b		4,65^a	
UFA		43,00^b		41,82^b		30,59^a	

a,b,c: a vízszintes sorokon belül a különböző betűvel jelölt értékek szignifikánsan eltérnek egymástól

(P<0,05).

A napraforgó kiegészítésből származó joghurt és sajt zsírsavösszetétele
(n=6, az adatok zsírsav-metilészter %-ban szerepelnek)

Zsírsav neve		Napraforgó kiegészítésből származó tej		Napraforgó kiegészítésből származó joghurt		Napraforgó kiegészítésből származó sajt	
		átlag	szórás	átlag	szórás	átlag	szórás
Vajsav	C 4:0	0,47 ^a	±0,10	3,25 ^b	±0,03	4,30 ^c	±0,52
Kaprónsav	C 6:0	2,53	±0,09	2,53	±0,06	2,46	±0,09
Kaprilsav	C 8:0	2,19	±0,08	2,23	±0,07	2,19	±0,02
Kaprinsav	C 10:0	3,20 ^c	±0,15	2,30 ^a	±0,12	2,81 ^b	±0,17
Undekánsav	C 11:0	0,33 ^b	±0,03	0,32 ^b	±0,02	0,27 ^a	±0,01
Laurinsav	C 12:0	4,31 ^c	±0,12	2,94 ^b	±0,14	2,48 ^a	±0,09
Tridekánsav	C 13:0	0,27 ^b	±0,02	0,23 ^a	±0,02	0,24 ^b	±0,02
Mirisztinsav	C 14:0	11,90 ^b	±0,16	10,16 ^a	±1,27	12,36 ^b	±1,22
Pentadekánsav	C 15:0	1,42 ^b	±0,04	1,41 ^b	±0,02	1,06 ^a	±0,03
Palmitinsav	C 16:0	18,96 ^a	±1,24	22,72 ^b	±0,78	24,22 ^c	±0,67
Heptadekánsav	C 17:0	1,18	±0,21	1,02	±0,06	1,08	±0,07
Sztearinsav	C 18:0	9,37	±0,71	9,00	±0,25	9,30	±0,20
Arachidinsav	C 20:0	0,15	±0,01	0,15	±0,01	0,15	±0,01
Heneikozánsav	C 21:0	0,90 ^b	±0,09	0,03 ^a	±0,00	0,03 ^a	±0,00
Behénsav	C 22:0	0,11 ^b	±0,01	0,10 ^b	±0,01	0,08 ^a	±0,01
Lignocerinsav	C 24:0	0,06 ^b	±0,00	0,06 ^b	±0,01	0,04 ^a	±0,00
SFA		57,34^a		58,44^a		63,08^b	
Mirisztoleinsav	C 14:1	0,94 ^b	±0,05	0,84 ^a	±0,01	0,87 ^a	±0,04
Palmitoleinsav	C 16:1	2,94 ^c	±0,21	2,08 ^b	±0,05	1,83 ^a	±0,17
Elaidinsav	C 18:1n9t	2,38 ^a	±0,11	2,36 ^a	±0,16	2,18 ^b	±0,04
Olajsav	C 18:1n9c	30,58 ^b	±1,20	30,07 ^b	±0,32	27,34 ^a	±1,35
Eikozénsav	C 20:1	0,13 ^c	±0,01	0,08 ^b	±0,01	0,02 ^a	±0,00
Erukasav	C 22:1n9	0,25 ^b	±0,02	0,20 ^a	±0,02	0,18 ^a	±0,02
MUFA		37,23^b		35,63^b		32,43^a	
Linolsav	C 18:2n6	3,42 ^b	±0,07	3,39 ^b	±0,03	2,65 ^a	±0,09
γ-linolénsav	C 18:3n6	0,05 ^b	±0,00	0,02 ^a	±0,00	0,15 ^c	±0,01
α-linolénsav	C 18:3n3	1,04 ^b	±0,06	1,01 ^b	±0,01	0,59 ^a	±0,01
c9t11-konjugált linolsav	C 18:2	0,44 ^a	±0,01	0,43 ^a	±0,03	0,49 ^b	±0,02
Eikozaidénsav	C 20:2	0,03 ^a	±0,00	0,03 ^a	±0,00	0,39 ^b	±0,02
Eikozatirénsav	C 20:3n6	0,17 ^c	±0,01	0,13 ^b	±0,01	0,03 ^a	±0,00
Arachidonsav	C 20:4n6	0,25 ^b	±0,02	0,90 ^c	±0,08	0,18 ^a	±0,01
Dokozapentaénsav	C 22:5n3	0,04 ^b	±0,00	0,03 ^a	±0,00	0,03 ^a	±0,01
PUFA		5,43^b		5,93^c		4,50^a	
UFA		42,66^b		41,57^b		36,93^a	

a,b,c: a vízszintes sorokon belül a különböző betűvel jelölt értékek szignifikánsan eltérnek a tej értékeitől (P<0,05).

13. Köszönetnyilvánítás

Köszömöm a témavezetőim, Dr. Béri Béla egyetemi docens, és Dr. Fenyvessy József professor emeritus kitartó munkáját. Támogatásukkal és segítségükkel sikerült a kutatási témát megválasztani, a kutatás részleteit kidolgozni, megvalósítani és a disszertációt összeállítani.

Köszönöm Dr. Csanádi József egyetemi doensnek a mindig pozitív hozzáállását, a türelmét, támogatását és iránymutatását.

Köszönöm a Debreceni Egyetem Állattenyésztési Tudományok Doktori Iskola tanárainak a színvonalas képzést, a Doktori Iskola dolgozóinak a segítőkész, gördülékeny ügyintézésüket és Dr. Posta János adjunktusnak a dolgozathoz nyújtott segítségét.