

Doktori (PhD) értekezés tézisei

**FUNKCIONÁLIS TEJTERMÉKEK KIFEJLESZTÉSÉNEK
LEHETŐSÉGEI**

Kárnyáczki Zsuzsanna

Témavezetők: Dr. Béri Béla, egyetemi docens
Dr. Fenyvessy József, professor emeritus



DEBRCENI EGYETEM

Állattenyésztési Tudományok Doktori Iskola

Debrecen, 2020

1. A doktori értekezés előzményei és célkitűzései

Az elmúlt években nem csak Magyarországon, világviszonylatban is megnőtt azoknak a betegségeknek a száma, melyeket összefüggésbe hoznak a helytelen életmóddal és a rendszertelen, kiegyensúlyozatlan táplálkozással. Egyre több publikáció és irodalom foglalkozik az egészségmegőrzéssel és az alternatív gyógy módokkal. Számtalan fórum elérhető, ahol tájékozódhatunk a változatos étrend fontosságáról, a helyes táplálkozásról és az egyes élelmiszerek egészségügyi szerepéről, a szervezetben betöltött funkciójáról.

A fogyasztók elvárásai egy-egy élelmiszerral szemben az ismeretük bővülésével folyamatosan formálódik és változik, melyeket az élelmiszeriparnak követnie kell. A fogyasztói igények kielégítése és a versenyképesség megtartása érdekében az élelmiszergyártóknak fejleszteniük és megújulniuk kell. Az utóbbi évtizedek trendjei között szerepeltek a teljes kitörlésű termékek, a csökkentett szénhidrát tartalmú élelmiszerek, a „light”, és az alacsony zsír- illetve cukortartalmú termékek. Megjelentek az ásványi anyagok, vitaminnal dúsított élelmiszerek létrehozva ezzel az élelmiszereken belül egy új csoportot, a funkcionális élelmiszereket.

A funkcionális élelmiszer fogalmát többen definiálták (Bíró 1997, Schenker 1999, Szilvássy és Sáró 2008). Mindegyik meghatározásban közös a feltétel: ezeknek az élelmiszereknek igazoltan pozitív és többlet egészségügyi hatással kell lenniük a szervezetre. A funkcionális élelmiszerek piacát a tejtermékek, azon belül is a probiotikumokkal dúsított termékek vezetik. Több termékfejlesztési kísérlet indult el azzal a céllal, hogy a tej és a tejtermék értékét növeljék akár gyártástechnológián akár dúsításon, esetleg egyes alkotók kivonásán keresztül.

Többen vizsgálták és publikálták a joghurtokban és sajtokban egyaránt a gyártásközi vitamin- és ásványi anyag kiegészítés lehetőségeit és hatékonyságát, valamint a különböző olajok hozzáadásával készített termékek értékeit. Ilic és Ashoor (1988) A- és C-vitaminnal dúsította a joghurtot úgy, hogy általuk készített termék fedezte a napi A- és C-vitaminszükségletet. Cueva és mtsai (2002) B-vitamin dúsításának a lehetőségeit vizsgálták szintén a joghurtban, eredményeik alapján hatékonyan emelhető a B-vitamin tartalom úgy, hogy a termék érzékszervi jellemzői nem romlanak. Sajt D-vitamin tartalmának emelési lehetőségeit elemezték Banville és mtsai (2000), eredményeik szerint a gyártás során hozzáadott D-vitamin 61,5%-ban megmarad a sajtban. Alzate és mtsai (2010) különböző szelénkoncentrációk hatásait

vizsgálta a joghurt baktériumaira, szignifikánsan magasabb baktériumszámot állapítottak meg szelén jelenlétében, mint a kontroll mintákban. Nagy és mtsai (2013) szelénnel dúsított joghurt fogyasztásának az élettani előnyeit igazolták.

Olajos mag kiegészítés hatásait vizsgálták Dhman és mtsai (1999), a szója kiegészítés révén 109%-al, a gyapotmag kiegészítés révén 77%-al emelkedett a tej és a sajt CLA tartalma. Zhang és mtsai (2006) lenmag kiegészítés hatásait vizsgálta a juhtejre és a sajtra. A kiegészítés által 73%-al magasabb CLA tartalmat tudtak elérni a tejben, mely a sajtban is megmaradt. Vargas és mtsai (2013) olajpogácsa kiegészítésből származó tejből készítettek sajtot, eredményeik alapján a tejben lévő zsírsavak mennyiségükben és arányaiban is megmaradtak a termékben.

Arra vonatkozóan, hogy a különböző kiegészítések révén, természetes úton elért vitamintartalom milyen mértékben marad meg a joghurtban és sajtban, vagy a takarmányozással sikeresen módosított zsírsavtartalmú tej zsírsavprofilja a feldolgozás során hogyan változik a fent említett két termékben, és mely kiegészítés révén nyerünk értékesebb tejtermékeket, már kevesebb publikáció részletez.

A tej és tejtermékek élettani előnyeit, értékeit nem mindenki tudja élvezni. Egyre többen érzékenyek a tej egyes alkotórészeire. Nő az emésztési zavarokkal küszködők száma, a leggyakoribbak a laktózérzékenységi és a laktóz intoleranciás esetek. Laktóz felszívódási zavarokról akkor beszélünk, ha a laktózt nem képes a szervezetünk monomerjeire, glükózra és galaktózra hasítani. 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, így a laktóz emésztési betegségek is elég gyakoriak (Csapó, Csapóné 2002). Nézőpont kérdése azonban, hogy betegségnek vagy a természet rendjének tekintjük a laktáz aktivitásának csökkenését. Az emlőszállatok 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%-al visszaesik, majd az enzimet termelő gén felnőtt korra inaktívvá válik (Bulhoes és mtsai, 2007).

A laktózmentes tejtermékek fejlesztése folyamatos, több technológiai lépést kidolgoztak annak érdekében, hogy a tejben lévő tejcukrot csökkenték, lebontsák a tejtermékekben: Kosikowski (1978) elsőként ultraszűrést alkalmazott, Szigeti és Krász (1992) kétlépcsős fermentációt dolgozott ki, Ibarra és mtsai (2012) enzimes technológiát fejlesztett ki a laktózmentes joghurt előállítására. Az ezen a területen kutatók minden esetben megjegyzik a laktózmentes termékek édes ízét, és ennek az édes íznek a kezelésére alternatívákat is javasolnak, azonban arra vonatkozóan, hogy a laktózmentes termékek, a laktózmentes joghurtok állománytulajdonságai mennyiben különböznek a hagyományos joghurtokétól, viszonylag kevés még az információ. Az állománytulajdonság nem csak a termékgyártás és termékminőség szempontjából kritikus tényező, a fogyasztók is komoly elvárásokat támasztanak ezzel szemben. Ebből adódóan minden, az állománytulajdonsággal kapcsolatos információ szervesen hozzájárul a minőségi és versenyképes termékfejlesztéshez és termékgyártáshoz.

Kutatómunkám célja az ismeretek, a tapasztalatok és új tudományos eredmények bővítése az alábbi témákban:

- természetes úton, takarmány kiegészítés által növelt E-vitamin és szelén tartalmú tej feldolgozása, a készített termékek táplálkozási értékeinek elemzése,
- a repce és napraforgó, mint tejelő szarvasmarhák takarmány kiegészítésének hatása a tejtermékek zsírsavprofiljára, a termékek táplálkozásban betöltött szerepe,
- az egyes kiegészítések hatása a tejtermékek érzékszervi tulajdonságaira
- laktózmentes tejből készített joghurtok állományvizsgálata
- a laktózmentes joghurtok szinerézisre való hajlamának az elemzése

Vizsgálataim eredményeivel szeretnék hozzájárulni a funkcionális élelmiszerek irodalmának bővítéséhez, hasznos és új információkat adni az élelmiszeripar számára alkalmazható gyakorlati és tudományos értékekkel.

2.A kutatás módszerei

2.1 A termékkísérletekhez felhasznált tejek

A kísérletekhez a tejet a Körös-Maros Biofarm Kft. biztosította, ahol tejelő szarvasmarhák alaptakarmányát E-vitaminnal és szelénnel egészítették ki különböző kombinációkban és dózisokban (Sütő, Béri 2010). Az egyes kiegészítést kapó csoportok elegytejéből mintát vettünk és a Szegedi Egyetem Mérnöki Karán laboratóriumi körülmények között termékeket, sajtot és joghurtot készítettünk.

A repce és napraforgó kiegészítésből származó tejjel (Süli, Béri 2009) hasonlóképp jártunk el.

2.2 A kísérleti tejtermékek gyártástechnológiája

A joghurt készítése során a tejet 75 °C-on 5 percre hőkezeltük, majd 20 MPa nyomáson homogénezeltük. 0,1/5 l mennyiségben YoFast88 (Ch., Hansens, Dánia) kultúrával oltottunk. Lepoharaztuk a tejet, majd 45 °C-on 4,6 pH-ig inkubáltunk. A joghurtokat 5 °C-ra lehűtöttük, és ezen a hőfokon tároltuk 24 órán keresztül. A laktózmentes joghurtok gyártástechnológiája annyiban volt más, hogy 2 ml/l mennyiségben laktáz enzimet adtunk a tejhez, majd 1 órán keresztül 40 °C-on inkubáltuk azt. Az inkubálás végén a tejcukortartalmat ellenőriztük, minden esetben 0,5 g/cm³ alatt legyen, majd a tejből joghurtokat készítettünk a fent leírtak alapján. A gyártás közben a beoltást követően 100ml-es centrifugacsövekbe is vettünk ki mintát a későbbi savóeresztési vizsgálatokra. Ezeket a mintákat ugyan úgy kezeltük, mint a többi termékét.

A sajtkészítés során a tejet 70 °C-on hőn tartottuk 5 percre, majd 35 °C-on 0,2 g/l mennyiségben kalcium-kloridot adtunk hozzá. Ezt követően Lactobacillus casei startert (Ch, Hansens, Dánia) 0,02 g/l mennyiségben és 9 cm³ oltóenzimet (Chy Max, Hansens) kevertünk el a tejben, majd 40 percre alvasztottunk. Az alvadékokat 0,5cm-es rögökre vágtuk, hogy a savóleadás felületét megnöveljük. A hőmérséklet enyhe emelése mellett (35-38 °C-on) folyamatosan mozgattuk a rögöket, hogy ne csomósodjanak össze. A képződött savó egy részét fokozatosan elvezettük a sajtkádból. Az utómelegítés után utósajtoltuk az alvadékrögöket kb. 40 percre. Formába tettük és 0,08 MPa nyomáson 1 órán át préseltük. Ezt követően a sajtot konyhasóval bedörzsöltük, majd hűtőben 5 napon keresztül 10 °C alatt érleltük. 5 nap után vákuummal légmentesen lecsomagoltuk

és további 20 napig, szintén 10 °C-on utó érleltük. Az érlelés után félkemény, Trappista jellegű sajtokat kaptunk.

2.3 Beltartalmi vizsgálatok

A beltartalmi vizsgálatokat az Eurofins Food Analytica Kft. laboratóriuma végezte el. A szárazanyag tartalom meghatározása az MSZ 2714-2:1989 2. fejezet szerint, a fehérjetartalom meghatározását blokkroncsolásos módszerrel az MSZ 1385:1987 a zsírtartalom meghatározás az MSZ 9602:1984-es szabványnak megfelelően a Röse-Gottlieb módszerrel történt. A zsírsavösszetétel meghatározásához a minta előkészítését az MSZ EN ISO 5509:200, a zsírsavösszetétel meghatározása pedig MSZ ISO 558:1992 szabványt alkalmaztak. A termékek E-vitamin tartalmát MSZ EN 12822:2000 alapján HPLC segítségével, szeléntartalmát MSZ EN 14627:2005-ös szabvány szerint, hidridfejlesztéses atomabszorpciós spektrometriával nyomás alatt, feltárás után határozták meg.

2.4 Műszeres állományvizsgálatok, savóeresztés mérése

A műszeres állományvizsgálatokat QTS állományvizsgáló analizátorral (CNS Farnell), az adatfeldolgozást Pro Texture szoftvercsomaggal végeztük. A készülék a rágás mechanizmusát modellezi. A műszer egy, a termékbe behatoló próbatesttel méri a behatolás és kihúzása közben fellépő erőket illetve rögzíti az időt. A mérőfej lefelmozgatása során a minta ellenállásának, állományának hatására a mérőcellában fellépő erő változik. Ennek az erőnek az adatait és az időbeli változásait méri és rögzíti a gép. A termék és a fogyasztó szempontjából legfontosabb tulajdonságokat, az első törési erőt, a keménységet, a tapadási erőt valamint a tapadóképességet vizsgáltuk.

A savóeresztés mérését centrifugálással, a kivált savó mennyiségét analitikai mérleggel mértük.

2.5 A kísérleti termékek érzékszervi bírálata

6 fős bíráló bizottság 20 pont összpontszámú bírálatot végezte el a termékek érzékszervi minősítését. 4 szempontot vettek figyelembe: állomány, szín, szag illetve íz. Az egyes tulajdonságcsoportok 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.

2.6 Matematikai és 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.

3. Az értekezés főbb megállapításai

3.1 Az E-vitamin és szelén kiegészítés hatása a termékekre

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 esetében megállapítható, hogy az E-vitamin szelén jelenléte nélkül 62,58%-ban marad meg a feldolgozás után, míg szelén jelenlétével a tejben lévő vitamin 88,59%-a is megőrizhető (1. táblázat).

1. táblázat: Az E-vitamin és a szelén retenciója a kísérleti termékekben (n=6, %)

Kiegészítés	Tej	Joghurt				Sajt			
		E-vitamin tartalom		Szeléntartalom		E-vitamin tartalom		Szeléntartalom	
		átlag	szórás	átlag	szórás	átlag	szórás	átlag	szórás
E-vitamin kiegészítés	100	62,58	$\pm 1,41$	-	-	50,49	$\pm 3,90$	-	-
E-vitamin és szerves Se	100	77,09	$\pm 15,88$	97,03	$\pm 1,69$	44,46	$\pm 6,02$	46,48	$\pm 1,67$
E-vitamin és szerves Se	100	88,59	$\pm 7,35$	96,04	$\pm 1,96$	47,99	$\pm 3,56$	49,30	$\pm 1,55$
Szerves Se	100	-	-	98,87	$\pm 0,86$	-	-	51,08	$\pm 2,02$
Szerves Se	100	-	-	96,26	$\pm 0,74$	-	-	47,74	$\pm 1,44$

A feldolgozás mindegyik kiegészítés esetében szignifikáns különbséget eredményezett a tej és a joghurt vitamintartalma között. Ezzel ellentétben a szelén 98,87%-a kimutatható volt a termékben, a tej szeléntartalma és belőle készített joghurtok szeléntartalma között egyik esetben sem volt szignifikáns eltérés.

A sajtok vitaminvesztése az egyes csoportok között kiegyenlítettebb volt, az átlagok közel helyezkednek el egymáshoz, nincsenek kiugró értékek. A csoportok átlagát tekintve 49,51- 55,4%-os vitaminvesztést tapasztaltunk. A kapott értékek arányaiban megegyeznek Banville és mtsai (2000) szintén zsírban oldódó, D-vitamin megmaradás vizsgálataival.

A sajtkészítés során a szeléntartalomban nagyobb, de arányaiban hasonló változások történtek, mint a vitaminok esetében. A csoportok átlagát tekintve 48,92-52,26%-os volt a szelénveszteség. A hasonló tendenciából arra lehet következtetni, hogy a vitamin és szeléntartalom jelentős része a savóval eltávozik. Ennek pontosabb vizsgálata azonban mindenképpen szükséges.

A vitaminveszteséget a termékben több tényező is befolyásolhatja, 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 1985). A veszteség 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 hasítására (Tóth 1984), ezáltal megbonthatják a tokoferol szerkezetét.

A vitamin és szelénveszteség ellenére a kísérleti tejtermék szignifikánsan magasabb E-vitamin és szeléntartalommal rendelkezett, 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 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 alacsonyabb pontszámokat a termék kevésbé jellegzetes ízével magyarázták, mivel ezek nem voltak annyira aromásak és illatosak, mint a többi joghurté. Minőségüket és élvezeti értéküket egyik terméknek sem kifogásolták. A tisztán szelén kiegészítésből származó sajtok, hasonlóan a joghurtokhoz, az összpontszámot tekintve az utolsó helyen állnak a rangsorban (16,33 és 16,92). A bírálók a sajtok esetében is az aromákat hiányolták, kevésbé volt jellegzetes a többi termékhez viszonyítva.

Az eredményekből megállapítható, hogy van lehetőség természetes úton megnövelni a tejtermék vitamintartalmát úgy, hogy annak 100 g-jában 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-jában biztosítja a napi szelén-szükségletet).

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

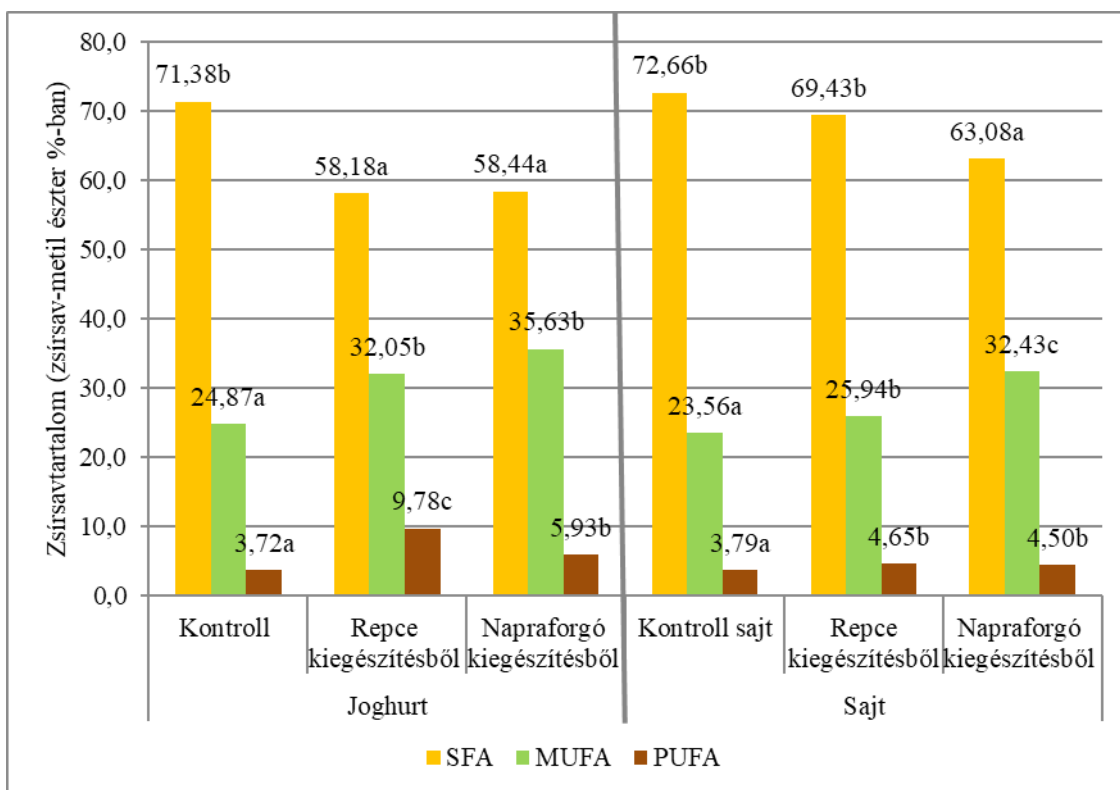
3.2 A zsírsavösszetétel vizsgálata a kísérleti termékekben

A takarmányozásnak köszönhetően olyan módosított zsírsav-összetételű tejjel végezhetjük 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 (1. ábra).

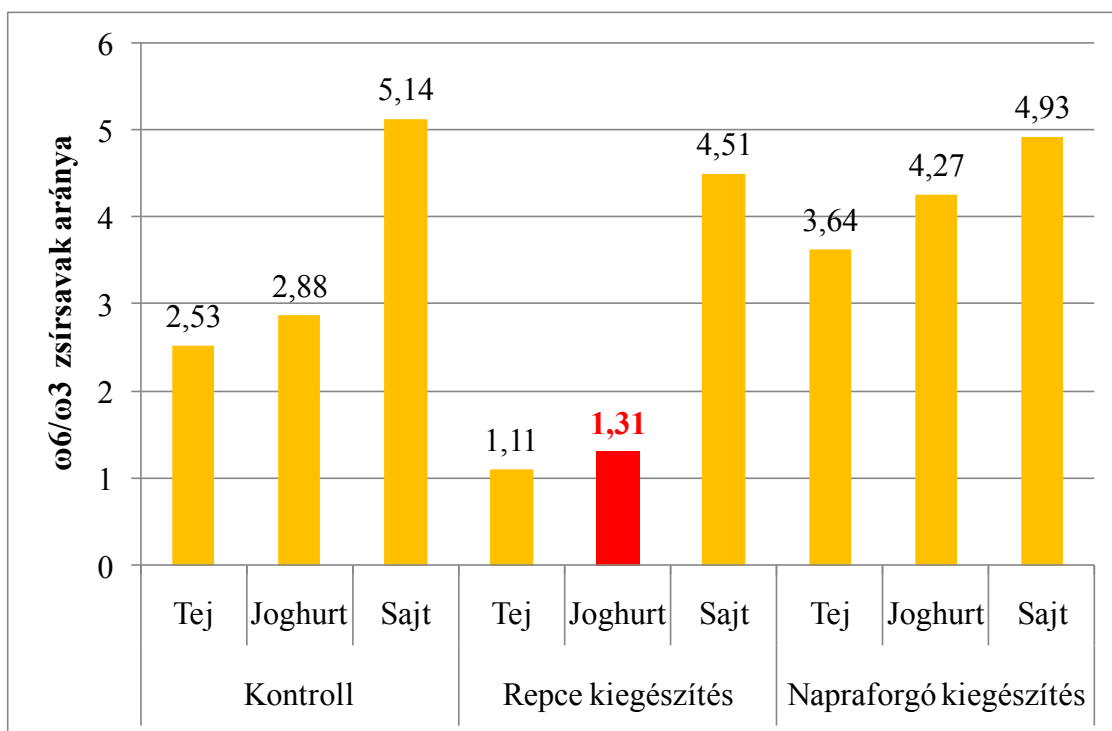
A koleszterinszint szabályozásában kiemelt jelentőséggel bíró egyszeresen telítetlen zsírsavtartalom a napraforgó kiegészítésből származó joghurtban nagyobb mennyiségben volt jelen (35,63%), mint a repce kiegészítésből készült termékben (32,05%).

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 egyaránt eltolódott a tejhez képest az omega6-omega3 zsírsavak arányát megnövelte a feldolgozás. 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 termékeknél 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 (2.ábra).



1. **ábra:** Az Eltérő élettani zsírsavcsoportok változásai a kísérleti mintákban
a,b,c: a különböző betűvel jelölt értékek szignifikánsan eltérnek a egymástól ($P < 0,05$).



2.**ábra:** Az $\omega 6/\omega 3$ zsírsavak aránya a kísérleti termékekben

A legmagasabb CLA értékeket joghurtnál a napraforgó kiegészítés (0,43%), míg sajtoknál a repce kiegészítés hozott (0,51%). A szervezet egészséges működéséhez napi 3 g CLA bevitelre van szükség (IP és mtsai (1994), ezt az ajánlott mennyiséget 100 g napraforgó kiegészítésből származó joghurttal 14%-ban lehet fedezni. Dhiman és mtsai (1999) takarmány-kiegészítéssel 0,6-0,73 g/100 g, Zhang és mtsai (2006) 2,4-2,5 g/100 g CLA tartalmat tudtak elérni a sajtokban.

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 zsírsavai esetében volt szignifikáns mértékű. Hasonló tendenciát publikáltak Naydenova és mtsai (2012), azonban Florence és mtsai (2012) a rövid szénláncú zsírsavak csökkenését jegyezték.

Mindkét kiegészítésből származó termék állományszilárdságát 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 repce kiegészítésből készített sajtok az érzékszervi bírálatot 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 metszékfelülete, mivel könnyen mállott a sajtészta.

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. A magas telítetlen zsírsavtartalom hatására a kísérleti joghurtok

aromája és íze kifogásolható volt, míg a sajtok állománya gyengébbnek bizonyult a kontroll mintákhoz képest.

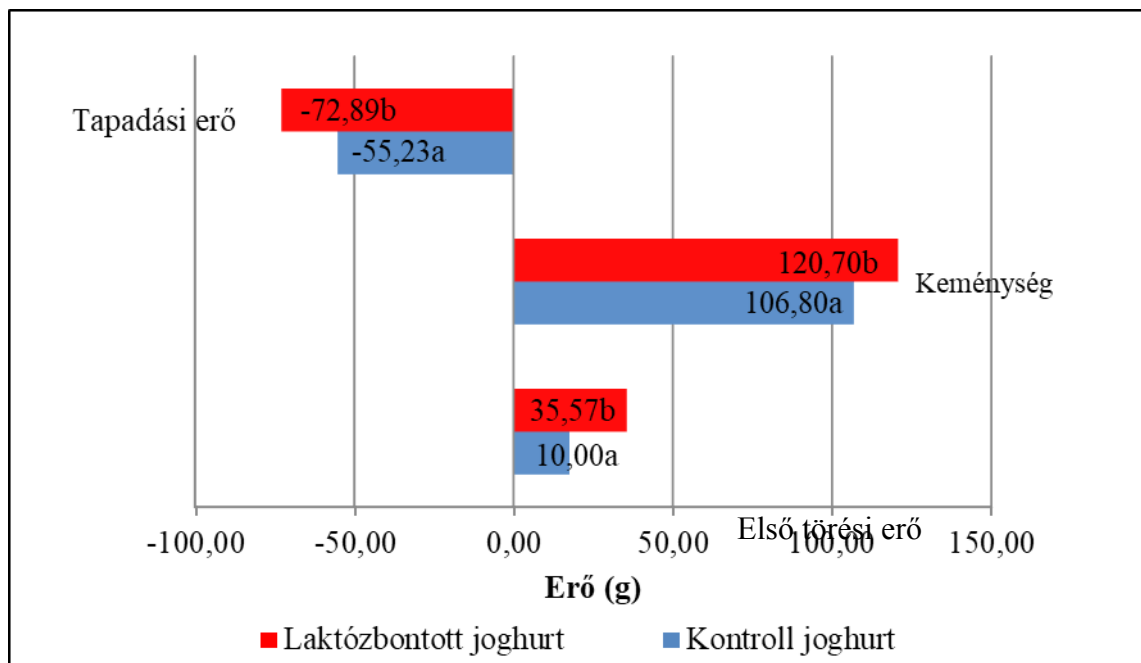
Kísérleteink alapján a takarmány repcemaggal való kiegészítése étlettanilag kedvezőbb terméket eredményez, mint a napraforgó kiegészítés.

3.3 A laktózmentes kísérleti joghurtok vizsgálati eredményei

A joghurtok állománytulajdonságainak javításával több szerző is foglalkozott. Jacek (2006) transz-glutamiláz 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 állított elő 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.



3. ábra: A kísérleti joghurtok állományvizsgálata során fellépő erők

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

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.

Az első törési erő, amely ahhoz szükséges, hogy a joghurt alvadékának rugalmasságát legyőzve a próbatest behatoljon abba, azaz az alvadék felszínét átszakítsa, a laktóz bontásának hatására a 255,7%-al nőtt a kontrollhoz képest.

A keményység, amely azt az erőt mutatja, mely a termék szerkezetének megbontásához, megváltoztatásához kell, 13%-al magasabb a laktózmentes termékeknél. A joghurtnál pl. ez erő az első kanál joghurtba nyomásához szükséges erő.

A tapadási erő érzékszervi megfelelője: az az erő, ami a kanál kihúzásakor az alvadék tapadását legyőzve, annak megmozdításához szükséges. Laktózmentes termékeknél ez 31,9%-al magasabb, mint a kontroll mintákban.

Tapadó képesség: a próbatest behatolási ciklusát leíró görbe alatti terület. Érzékszervileg az az erő, amely ahhoz szükséges, hogy a rátapadt felületről eltávolítsuk az anyagot. 22,36%-al szintén magasabb értékeket hozott a laktózmentes termék.

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 (2.táblázat).

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.

2.táblázat: A kontroll és a 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

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

A bírálók az érzékszervi minősítés során 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 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%-al csökkenthetők.

Az állománytulajdonságokban bekövetkező mérhető változásokat a monoszacharidok kisebb mérete és molekulatömege adhatja. Ismert, hogy a tej zsírtartalma kedvezőtlenül hat a joghurt állománytulajdonságaira, mert instabillá teszik az alvadékot azáltal, hogy a zsírgolyócskák nehezen illeszkednek a fehérjék érzékeny hálózataiba. 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 (Wallnefers és Malhorta 1960). A galakto-oligoszacharidok vízmegkötő képessége rendkívül magas, a szacharózéval egyenlő, melyet e tulajdonsága révén nedvesítőszerként és stabilizátorként is használnak.

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.

4. 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/100 g, sajtban 890 µg/100g E-vitamin, valamint a joghurtban 13,55 µg/100 g 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 omega 6-omega 3 arányt eredményez a tejtermékben, mint a napraforgómag kiegészítés. 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.

5. 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 100 g-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.

5. 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., **Kárnyáczi, 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. **Kárnyáczi, 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., **Kárnyáczi, 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 tudományometriai ellenőrzését a tudományos adatbázisok és a Journal Citation Reports Impact Factor lista alapján elvégezte.

Debrecen, 2019.11.08.

