

# TDK DOLGOZAT

Pataki Fanni Anna

2023

Állatorvostudományi Egyetem  
Élelmiszer-higiénia tanszék

A mikrobiális transzglutamináz enzim hatása a félkemény  
tevesajt minőségére

The Effects of Microbial Transglutaminase on the Quality of  
Semi-hard Camel Cheese

Készítette: Pataki Fanni Anna

Témavezető: Dr. Darnay Livia  
ÁTE, Élelmiszer-higiéniai tanszék, adjunktus  
Budapest, 2023

## **1. RÖVIDÍTÉSEK JEGYZÉKE**

MTG – mikrobiális transzglutamináz enzim

YG – Activa YG enzimkészítmény

CH – Probind CH enzimkészítmény

K – kontroll minta, MTG enzimkészítménnyel nem kezelt

IMCU – International Milk Clotting Unit

PT – Pasztörözött tevetelj

TP – Tevetejpor

## TARTALOM

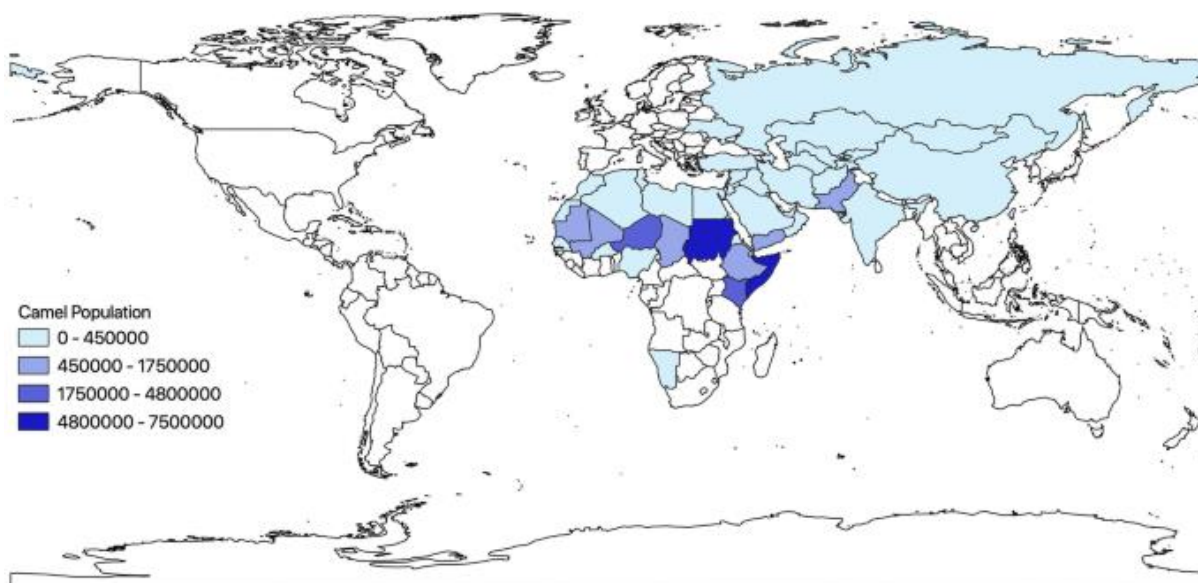
<b>1. RÖVIDÍTÉSEK JEGYZÉKE .....</b>	<b>3</b>
<b>2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS .....</b>	<b>6</b>
2.1 A tevetej elterjedése és tulajdonságai .....	6
2.2 A tevetej ismert gyógyhatásai .....	9
2.3 A tevetej fizikokémiai tulajdonságai és összetétele .....	10
2.4 A tevesajt gyártása .....	11
2.5 A mikrobiális transzglutamináz enzim szerepe a sajtgyártásban .....	12
2.6 A mikrobiális transzglutamináz enzim szerepe a tevesajtgyártásban .....	13
2.7 Az oltóenzim szerepe a tevesajtgyártásban .....	14
<b>3. CÉLKITŰZÉSEK .....</b>	<b>15</b>
<b>4. ANYAG ÉS MÓDSZERTAN .....</b>	<b>16</b>
4.1 A trappista jellegű félkemény tevesajt gyártása .....	16
4.2 Kísérleti mátrix .....	18
4.3 A trappista jellegű félkemény tevesajt vizsgálati módszerei .....	18
4.3.1 A sajtok színmérése .....	18
4.3.2 A sajtok pH mérése .....	19
4.3.3 A sajtok szárazanyag tartalom mérése .....	19
4.3.4 A sajtok kihozatal számítása .....	19
4.3.5 A sajtok állománymérése .....	19
4.4 Statisztika .....	20
<b>5. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK .....</b>	<b>21</b>
5.1 A pasztörözött tevetejből készült sajtok eredményei .....	21
5.1.1 A sajtok színmérés eredményei .....	21
5.1.2 A sajtok beltartalmi értékei .....	23
5.1.3 A sajtok kihozatali mutatói .....	24
5.1.4 A sajtok állományalakulása .....	24
5.2 A tevetejporból készült sajtok eredményei .....	25
5.2.1 A sajtok színmérés eredményei .....	26
5.2.2 A sajtok beltartalmi eredményei (pH, szárazanyag tartalom) .....	28
5.2.3 A sajtok kihozatali mutatói .....	28

5.2.4	<i>A sajtók állománykialakulása</i> .....	29
6.	<b>KÖVETKEZTETÉS</b> .....	30
7.	<b>ÖSSZEFOGLALÓ</b> .....	31
8.	<b>ABSTRACT</b> .....	32
9.	<b>KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS</b> .....	33
10.	<b>IRODALOMJEGYZÉK</b> .....	35

## 2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

### 2.1 A tevetej elterjedése és tulajdonságai

Jelenleg közel 39 millióra becsülik a tevék létszámát, Afrikában és Ázsiában található számottevő tejelő állományuk. A világ legnagyobb tevetej termelő országa Kenya, amit Szomália követ. [1] Az utóbbi 20 évben megduplázódott a populációjuk, 2004-ben a FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) statisztikája alapján 19 millió volt a tevék létszáma világszerte. [2] Legnagyobb nem őshonos populációjuk Ausztráliában található, ahová a 19. században importálták az egy púpú tevéket, főleg transzportálás céljából. Az új járművek megjelenésével azonban használatuk értelmetlenné vált, így szabadon engedték őket. Mivel a kontinensen nincsen természetes ragadozójuk, a sivatagos régiókban nagyon gyorsan elszaporodtak. A mára körülbelül 1 millió egyedre becsült populációjuk a világ legnagyobb elvadult tevecsoportja. [3] Az első ábrán a 2016. évi tevepopulációt mutatom be.



1. ábra: Tevepopuláció 2016-ban [4]

Nem csak tejükért, de húrukért, gyapjájukért, és munkaerejükért is tartják ezeket az állatokat. [5] A sivatagi éghajlati viszonyok között a tevék tejtermelése, összehasonlítva a többi állatfajával, nagyobb, a laktációs periódusa pedig hosszabb, átlagosan napi 3-10 kg-os a teljesítményük 12-18 hónapos laktációs periódus alatt. [2] Adaptálódtak a nagy mértékű hőingadozáshoz, a takarmány és a víz hiányos időszakok átvészeléséhez, és akár 27%-os

dehidrációt is képesek elviselni. [6] A termelésbe bevont tevefajták régióként eltérőek a földrajzi és biológiai diverzitásnak köszönhetően. Két faj egyedei alkalmasak a tevetejtermelésre, a főleg afrikai, közel-keleti és dél-ázsiai régiókban elterjedt egy púpú (*Camelus dromedarius*) és Kínában, illetve Mongóliában található két púpú (*Camelus bactrianus*) tevék, ezeknek regionális fajtái ismertek. A populáció többsége az egy púpú tevékből, másnéven dromedárokból áll. [7] A 2. ábrán az egypúpú teve és két púpú teve látható.



**2.ábra:** Egypúpú teve *Camelus dromedarius* (bal) és kétpúpú teve *Camelus bactrianus* (jobb) [8]

A tevék tejtermelését illetően jelentősen kevesebb szakirodalmi adat áll rendelkezésre, mint szarvasmarhák esetében. A legtöbb kutatás eltérő régiókban tartott, kis létszámú, nem egységes fajtájú egyedek tejtermelésével kapcsolatban gyűjtött adatokat, így ezeknek a variabilitása és bizonytalansága nagy. Ahhoz, hogy a tevetejtermelés, mint iparág fejlődhessen, további kutatásokat kell végezni a genetikai potenciálok vizsgálatára, hogy megalapozzák a legmegfelelőbb szelektív tenyésztési stratégia felállítását. A fellelhető szakirodalmi adatok alapján kijelenthető, hogy a tejhozamot jelentősen befolyásolják az évszakok, a tartáskörülmények, illetve az egyedek fajtája. [9] [10]

Egy szaud-arábiai kutatás az ország területén élő 4 tevefajta (Hamra, Majahem, Safra, Wadha) tejtermelését hasonlította össze a 4 évszak során. Ezeket az eredményeket az 1. táblázatban részleteztem.

**1. táblázat:** Tevefajták szezonális hozama

Fajták	Hozam (kg/hét)			
	Tavaszi	Nyár	Ősz	Tél
Hamra	39,9	40,1	30,5	34,7
Majahem	45,0	41,9	31,3	34,0
Safra	39,3	30,7	30,1	31,1
Wadha	41,9	39,1	25,3	27,1

Ezen adatokat összevetve kijelenthető, hogy a régióban a tejtermelésre legalkalmasabb fajta a Majahem. A szezonális variabilitás azt mutatja, hogy az őszi időszakban a legkedvezőtlenebb a heti hozamuk, míg a tavaszi és nyári időszakban a legkedvezőbb. [10]

A tartásmód is hatással van a tejhozamra. A legtöbb teve extenzív vagy félextenzív körülmények között tartva termel jelenleg, de az egyre növekvő érdeklődés a tevetej iránt megalapozhatja a jövőben a nagylétszámú intenzív telepek létesítésének igényét. Nem csak számottevő anyagi befektetést igényel ezeknek a telepeknek a létesítése, de számos más tényezőt is meg kell fontolni, ki kell képezni az állatokat ellátó személyzetet, és a tej tárolására szolgáló épületeket is megfelelően kell megtervezni. A telepek kialakításánál figyelembe kell venni a faj sajátosságait, többek között azt, hogy a laktáció fenntartásához elengedhetetlen vizuális inger az anyaállatnak az utódja. Szociális, csordában élő állatok. [11] A 3. ábrán balra egy németországi tevefarm fejlődés látható, ahol egyedi állásban fejkik az állatokat, jobbra pedig egy intenzív tevefarm látható Dubaiban. [12] [13] A kísérletekhez felhasznált alapanyag tej, illetve a tejpor ezekről a telepekről származik.



**3. ábra:** Teve fejtése egy németországi telepen (Kamelfarm, Hiddingen, Németország)  
(bal) Teve fejtése egy dubai telepen (Camelicious, Dubai, Egyesült Arab Emírátságok)  
(jobb)



Amennyiben a megfelelő körülményeket biztosítják, az állatok könnyen alkalmazkodnak az intenzív termeléshez. [11] Ennek bizonyítására készültek már vizsgálatok, a 2. táblázatban egy szudáni kutatás eredményeit tüntettem fel.

**2. táblázat:** Tartásmód hatása a laktációs teljesítményre

	Intenzív	Félintenzív	Extenzív
Napi tejhozam/farm (L)	40-60	60-80	50
Laktáló egyedek	14	17	14
Tevefajták	Anafi	Kenani	Arabi
Laktáció hossza (hónap)	9-10	8-9	8
Napi fejések száma	3	2	2

A táblázat három szudáni tevetejtermelő farm teljesítményét hasonlítja össze. Ez alapján következtethetünk arra, hogy az intenzív és félintenzív tartásmód pozitívan befolyásolja a tejhozamot. [9]

A tevetartásból származó termékek ritkán jutnak el az értékesítési láncba, főként a termelést végző szegényebb rétegek megélhetését biztosítják. [14] Főként nyersen, illetve fermentált formában fogyasztják. Régiók szerint különböző tradicionális termékeket állítanak elő a nyers tejből, például az ivásra alkalmas fermentált termékekből Törökország, Kazahsztán és Türkmenisztán területén a shubat terjedt el, Kelet-Afrikában a suusac, Szomáliában és Szudánban pedig a gariss. [6]

## 2.2 A tevetej ismert gyógyhatásai

A tevetejet egyes nomád népek évszázadok óta fogyasztják gyógyhatásai, és az anyatejhez viszonyított hasonlósága miatt. [15] Számos jótékony hatását sikerült bizonyítani ez elmúlt években *in vivo* patkány és humán modelleken is. [16] Nem csak a nyers tevetej, de a fehérje-hidrolizátumok alkalmazásának lehetőségét is vizsgálták már. [17] Antimikrobiális és antivirális tulajdonságait a savófehérjéknek, immunoglobulinoknak, a laktoferrinnek, és számos antimikrobiális enzimnek (lizozim, laktoperoxidáz) köszönheti. Mind a Gram pozitív, mind a Gram negatív baktériumok (például *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli*) ellen hatásosak, illetve a rotavírus okozta nem bakteriális bélgyulladások esetében is jótékonyan segítheti a szervezetet. [16] Továbbá

szinergista hatásúak ciprofloxacinnal párosítva *S. aureus* és *E. coli* okozta megbetegedések terápiájában. [17]

Nem csak fertőző betegségek leküzdésében lehet hatásos a tevetej, de krónikus problémák kezelésében is hasznosnak bizonyult. Többek között az 1-es típusú, azaz inzulinfüggő diabetes hosszú távú kezelésében alkalmazható az adjuváns terápia részeként, köszönhetően egy inzulin-szerű fehérjének, mely a gyomor savas környezetében sem koagulál, ezért a vékonybelekbe jutva képes felszívódni, így csökkentve az exogén inzulin igényét a szervezetnek.[18]

Hypoallergén, mert a tehéntejben található allergiát kiváltó legfőbb fehérje, a béta-laktoglobulin kis mennyiségben található meg a tevetejben [19] [20], így alternatív fehérje forrásként szolgálhat a tehéntejre allergiás gyerekek számára, az allergia kezelésében alkalmazott tevetej kiemelkedő eredményeket hozott [21]. Antioxidáns aktivitása két különböző módszerrel vizsgálva is közel 30 százalékkal magasabbnak bizonyult, mint a tehéntejé. [22]

### **2.3 A tevetej fizikokémiai tulajdonságai és összetétele**

Fehér színű, íze az állomány által fogyasztott takarmánytól és ivóvíz mennyiségétől függően az édestől a sósig változhat, átlagos pH értéke 6,5-6,7 között változik, átlagos sűrűsége 1,029 g/cm<sup>3</sup>. [19] [20] [23].

A tevetej összetételét célzó vizsgálatok eredményei jelentősen eltérőek. A legnagyobb variabilitást a földrajzi régiók és szezonális változások okozzák, akár azonos fajtan belül is. A takarmányozás és az elérhető víz mennyisége is, melyek az évszaktól függően változnak, nagy mértékben befolyásolhatja a tej összetételét, víztartalmát. A regionális eltérések vizsgálata során megállapították, hogy a kelet afrikai tevék tejének zsírtartalma magasabb volt, mint Afrika másik régióiban, illetve Ázsia nyugati részén termelt tejének volt.[12] Szudán tevefajtáinak nyerstejében található C-vitamin mennyisége között is találtak különbségeket. Három fajtát vizsgálva (Anafi, Bishari, Arabi) megállapították, hogy az Arabi fajta tejének jelentősen magasabb a C-vitamin tartalma ( $47,8 \pm 5,3$  mg/l) [24] Konuspayeva és munkatársai az elérhető irodalmi adatok és kutatási eredmények alapján meta-analízist végeztek, melynek az eredményei a következők: laktóztartalom  $12,47 \pm 1,53$  g/100ml, zsírtartalom  $3,82 \pm 1,08$  g/100ml, fehérjetartalom  $3,35 \pm 0,62$  g/100ml [25].

A tevetej és tehéntej beltartalmi értékeinek összehasonlítását a 3. táblázat tartalmazza. [25] [26]

**3. táblázat:** Tehéntej és tevétej összetételének összehasonlítása.

Összetevő	Tehéntej m/m%	Tevetej m/v%
Fehérjetartalom	3,30 ± 1,9	3,35 ± 0,6
Zsírtartalom	4,38 ± 3,9	3,82 ± 1,1
Laktóz	4,51 ± 0,6	12,47 ± 1,5

A tevétej laktóz tartalma jelentősen magasabb a tehéntejéhez viszonyítva, fehérjetartalma pedig kis mértékben magasabb. Zsírtartalma alacsonyabb.

#### 2.4 A tevesajt gyártása

A tevesajt gyártása, a tevétej speciális tulajdonságai miatt, nehézkes. A tehéntejhez viszonyított alacsony  $\kappa$ -kazein tartalma, a kazeinfrakciók jelentősen eltérő összetétele nehezíti az alvadadék megfelelő kialakulását, illetve a kis méretű zsírgolyók akadályozzák a tej megfelelő feldolgozását. [27] A kazeinfehérjék frakcióit, és azoknak az arányát a 4. táblázatban tüntettem fel. [28]

**4. táblázat:** Tevétej és tehéntej kazeinfehérjéinek összehasonlítása

Kazein frakciók	Tehéntej (g/liter)	Tevetej (g/liter)
$\alpha_{s1}$ -kazein	9,5	5,3
$\alpha_{s2}$ -kazein	2,5	2,3
$\beta$ -kazein	9,8	15,6
$\kappa$ -kazein	3,3	0,8
<b>Összes kazein</b>	<b>25,1</b>	<b>24,0</b>

A  $\kappa$ -kazein mennyisége a tehéntejéhez képest jelentősen kevesebb, a  $\beta$ -kazein aránya pedig magasabb. További eltérés a fehérjék összetételében, hogy a fontos savófehérjék közül a tevétejben a  $\beta$ -laktoglobulin hiányzik, míg a szérumalbumin és a  $\alpha$ -laktalbumin aránya magas. [28]

A koagulációt tovább nehezíti, hogy az elérhető enzimek között nem található a tevetejre specifikus, így az alvadék struktúrája gyenge lesz, kihozatala rosszabb. [27] Kereskedelmi forgalomban többféle tevesajtot lehet vásárolni. Friss sajtokat, például, krémsajtokat, feta sajtot. [29] Lágú sajtokat, például camembert (camelbert) [31], karaván sajtot [31], de akár érlelt sajtot is találni, például cheshire tevesajtot, [32] famu-raggianót. [33] A 4. ábrán forgalomban elérhető tevesajtokat lehet látni.



4. ábra: Camelbert [31] és famu-raggiano tevesajt [34]

## 2.5 A mikrobiális transzglutamináz enzim szerepe a sajtgártásban

A transzglutamináz enzim képes fehérjék között kovalens keresztkötéseket kialakító acil-transzfer reakciókat katalizálni [35]. A transzglutamináz enzim jelenlétét állati, növényi szövetekben, illetve mikroorganizmusokban is felfedezték [36]. Évtizedekig kizárólag kis mennyiségben, tengerimalacmájából tudták kivonni, mely túlságosan költségessé tette az ipari alkalmazását. [36] Az utóbbi években számos kutatás irányult mikrobiális eredetű transzglutamináz (MTG) enzimek felfedezésére [36][37]. A MTG tömeges előállítása a mikrobiális fermentációnak köszönhetően költséghatékonyabb. [36]

A MTG tulajdonságai miatt az élelmiszerekben található fehérjéket is képes módosítani. Számos fehérje közül a savófehérjék között is képes kötést kialakítani, ezzel akár megváltoztathatja a készülő termékek textúráját, és nagyobb tápértékű fehérjéket hozhatnak létre [36].

A MTG sajtgyártásban történő alkalmazhatóságára irányuló vizsgálatok kimutatták, hogy a megfelelő gyártási szakaszban alkalmazott enzim integrálja a savófehérjéket, így jelentősen növeli a kihozatalt, illetve a sajt fehérje- és zsírtartalma is emelkedik [38]. A MTG hozzáadása a lágy sajtok gyártása során a borjúgyomoroltó enzimet megelőzően megakadályozta a tej megalvadását, míg az oltóenzimet követő adagolása csökkentette a savó fehérje- és zsírtartalmát [39] [40].

Az elmúlt években több kutatás irányult a mikrobiális transzglutamináz enzim különböző, különböző típusú, és különböző állatok tejéből készült sajtok gyártására kifejtett hatására. A sólében érlelt sajtok gyártásánál, az oltóenzim (180 IMCU/L) adagolásával szimultán alkalmazott MTG Activa YG készítmény ( $120 \text{ U/g}^{-1}$ )  $30^\circ\text{C}$  és  $34^\circ\text{C}$  -on alvasztva, megváltoztatta a kialakuló sajtok térhálóját, mely növelte a kezelt sajtok keménységét és a kihozatalát a kész termékeknek. A kontroll sajtok keménysége körülbelül 800 g volt, szemben az MTG kezelt mintákkal, amelyek közel 1200 g keménységűek voltak. A kihozatal 17,93 és 22,35% volt, szemben a kontroll minták 15,33 és 19,97%-os kihozatalával.[41].

## **2.6 A mikrobiális transzglutamináz enzim szerepe a tevesajtgyártásban**

A MTG tevesajtgyártásban történő alkalmazásának lehetőségeit kevesen vizsgálták. Abou-Soliman és munkatársai vizsgálták a MTG enzim hatását friss lágy tevetejből készült sajtokon. Az alkalmazott koncentrációk a következők voltak: 80, 100 és 120 U/L. Az alvasztás során a 20., illetve a 30. percben adagolták a transzglutamináz enzimmészítményt, hogy a MTG tehéntejből készült alvadékon megfigyelt koagulációt gátló hatásait elkerüljék [42][43]. Számos paramétert vizsgálva, azt találták, hogy a MTG enzim alkalmazása növelte a kihozatalt, a keménységet is a sajtnak, azonban az antioxidáns aktivitását és a fehérjetartalmát csökkentette. A kihozatal a MTG enzim alkalmazásával szignifikánsan ( $p < 0,05$ ) megemelkedett, de az enzim koncentrációjának növelésével nem javult. A keménység a 80 U/L koncentrációjú MTG kezelés esetében volt a legmagasabb. A kész sajt alacsonyabb fehérjetartalmát, amely paraméter más alapanyagtejből készült sajtok MTG enzimkezelésénél növekedett, a nedvességtartalom növekedésével magyarázható. Az érzékszervi vizsgálatok során a MTG enzimmel kezelt sajtok esetében krémes ízt lehetett érezni, mely más kutatásokkal egybeesik. Továbbá a textúra esetében is pozitívabb elbírálásban részesültek a kezelt sajtok. A legkedvezőbb eredményt 80 U/L MTG 20. percben történő alkalmazásával érték el. A kontrollhoz viszonyított magasabb nedvességtartalommal,

mint a megfelelően stabil és porózus gélszerkezet indikátora, a 31,9%-kal megnövekedett kihozattal és a termék kategóriájában optimális keménységgel rendelkező minta volt.[43]

## 2.7 Az oltóenzim szerepe a tevesajtgyártásban

A tevé borjak levágása jelentősen ritkább, mint a szarvasmarhák esetében, ezért a gyakorlatban kivitelezhetetlen a tevéborjú gyomoroltó ipari alkalmazása. Azonban rekombináns tevéborjú oltógyomorenzim és termofil kultúra segítségével sikerült jobb minőségű alvadékot és nagyobb kihozattal elérni. [44] E probléma megoldására több kutatás irányult már. Vizsgálták az ultrafiltrálás és *Allium Roseum* porral való kiegészítés lehetőségét; rekombináns tevé rennin alkalmazását; növényi eredetű koaguláns használatát. [27][44][45] Az ultrafiltráció csökkenti a micellák méretét, ezáltal az ultrafiltrált tejből készülő alvadék struktúrája keményebb lesz. [46] A növényi eredetű proteáz enzimek számos iparágban használatosak. A sajtgyártásban már régóta használatosak, egyes régiókban a tradicionális sajtok készítéséhez alkalmazzák őket. Az utóbbi időben megnőtt a kereslet irántuk, mint könnyebben előállítható, egyes társadalmi csoportok által elfogadottabb alternatívája a borjúgyomoroltó enzimnek. Egy kutatásban a tevétej alvasztásához friss, egész, meghámozott gyümölcsből készült gyömbér-, ananász- és kivikivonatot alkalmaztak. A legnagyobb alvadékihozattal a kivikivonattal érték el, mely a borjúgyomoroltóval történő alvasztás kihozatalát is meghaladta. Továbbá kivikivonattal proteolitikus aktivitása a kutatásban alkalmazott rennin enzim proteolitikus aktivitásánál is alacsonyabb volt, illetve a kivikivonattal készülő sajtok vízben oldható vitamintartalma is magasabb volt (B<sub>7</sub> közel tízszeres, B<sub>12</sub> közel 76%-os növekedés a gyömbérkivonattal készült mintákhoz képest) összevetve a többi növényi kivonatot tartalmazó sajtokéval.[45]

### **3. CÉLKITŰZÉSEK**

A kutatásom elsődleges célja az volt, hogy megvizsgáljam milyen fizikai-kémiai tulajdonságokkal rendelkező érlelt félkemény sajt készíthető tevetejporból illetve pasztörözött tevetejből. Kutatásom másodlagos célja az volt, hogy megállapítsam, hogyan hat az oltó enzim adagolása e kísérleti sajtok vizsgált paramétereire. Kutatásom harmadlagos célja pedig az volt, hogy megvizsgáljam a különböző mikrobiális transzglutamináz enzim készítmények hatását. Végző célom annak megállapítása volt, hogy melyik oltó enzim és MTG enzim adagolás párosítás jelenthet megfelelő alternatívát félkemény sajt kategóriában tevetej illetve tevetejpor esetén.

## 4. ANYAG ÉS MÓDSZERTAN

### 4.1 A trappista jellegű félkemény tevesajt gyártása

A trappista jellegű félkemény sajtok előállításához tevetejporból (zsírtartalom: 0,77%; laktóz:1,5%; fehérje: 2,22%) gyártó által javasolt 10% oldatot használtunk két kísérletsorozat alkalmával, melyet az Egyesült Arab Emírátsból kaptunk (Camelicious, Egyesült Arab Emírségek), illetve 5 liter pasztörözött (72 °C, 15 másodperc) tevetej (zsírtartalom: 2,64%; laktóz: 4,7%, fehérje: 2,84%) használtunk három kísérletsorozat alkalmával, melyet egy németországi tevéfarmról szereztünk be (Kamelfarm Marquard, Németország). Egy egyedi gyártású, 10 literes rozsdamentes acél sajtád (Agrometál Kft, Magyarország) segítségével végeztük a sajtok gyártását az Élelmiszer-higiéniai Tanszék Technológia Laboratóriumában. Az alkalmazott trappista sajt kultúrával (BiaRia Kft., Biatorbágy) a következő baktériumokat tartalmazta: *Lactococcus cremoris*, *Lactococcus lactis*, *Leuconostoc mesenteroides*, *Lactococcus diacetylactis*, *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus Helveticus* és *Lactobacillus Bulgaricus*. Az oltós alvasztás 30 °C-on történt, természetes borjúgyomor oltó enzim (BiaRia Kft., Magyarország, aktivitás: 210 IMCU/ml) hozzáadásával. A pasztörözött tejhez 2,94, illetve 14,7 IMCU/L koncentrációban, a tevetejporhoz pedig 14,7 és 22,9 IMCU/L koncentrációban alkalmaztam a készítményt. A gyártás során kétféle kereskedelmi forgalomban lévő mikrobiális transzglutamináz enzimkészítményt alkalmaztunk 0,6 U/g fehérje adagolásban, a Probind CH (BDF Ingredients, Spanyolország, eredeti aktivitás: 103 U/g) és az Activa YG (Ajinomoto Foods, Németország, 113 U/g), melyek az enzim melletti hordozóanyagokban tértek el. A Probind CH tejfehérjét és laktózt tartalmaz, míg az Activa YG laktózt, élesztő kivonatot, maltodextrint és sáfrányosseklice olajat tartalmaz a mikrobiális transzglutamináz enzimen felül.

A gyártási folyamat lépéseit az 5. táblázatban tüntettem fel. A dolgozatban a pasztörözött tevetejre a továbbiakban, mint PT, a tevetejporra mint TP fogok hivatkozni.

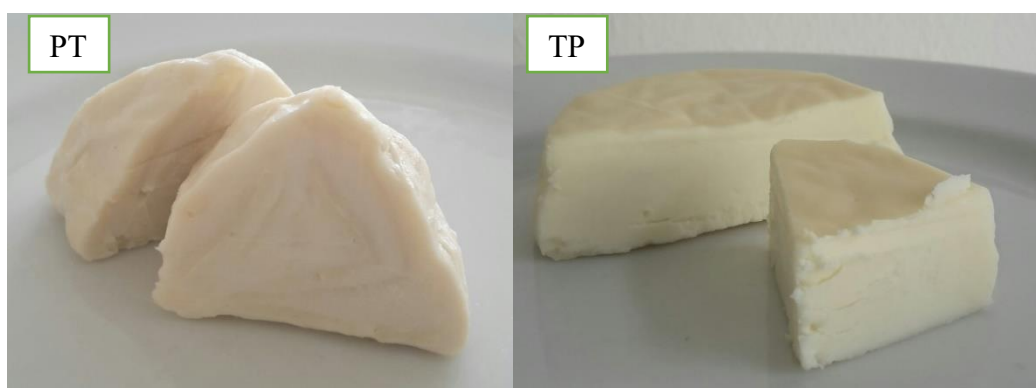


**5. táblázat:** Pasztörözött tevetejből és tevetejporból készült sajtok gyártási folyamatai

Gyártási művelet		Ellenőrzési pont	
	Pasztörözött tej - PT	Tejpor - TP	
1		Tejpor rehidratálása	nincs
2	Sajtkád tisztítása közvetlen gyártás előtt		nincs
3	Pasztörözött (72 °C, 15mp) tevetej betöltése a sajtkádba keverőlapátos keverés elindítása	Rehidratált tevetej betöltése a sajtkádba (5 Liter); keverőlapátos keverés elindítása	nincs
4	Alapanyagtej felmelegítése 30 °C-ra		30 °C-ig
5	Alapanyagtej beltartalom mérés: (40 ml, Lactoscan)		nincs
6	Tej feljavítása CaCl <sub>2</sub> (0,25 g/L tej) hozzáadásával		30 °C-on
7	Trappista sajt kultúra hozzáadása (0,034 g/L tej)		30 °C-on, 15 perc
8	Természetes borjúgyomor oltó enzim (2,94 vagy 14,7 IMCU/L) adagolása	Természetes borjúgyomor oltó enzim (14,7 vagy 22,9 IMCU/L) adagolása	30 °C, 5 perc
9	Keverés leállítás, keverő lapát eltávolítása		nincs, 5 perc
10	Alvasztás		30 °C, 45 perc
11	Savó leeresztése		nincs
12	Alvadék sajtformákba helyezése	Alvadék sajt kendőbe helyezése	nincs
13	Sózás		5 g /sajt
14	Sajt préselése saját súlya alatt		4 °C
15	Enzimkezelés pikirozással 1U/g MTG (Probind CH vagy Activa YG)		nincs
16	Érlelés (14,5-15,3 °C, RH: 77-83%)	Érlelés (13,5-15,1 °C, RH: 83-92%)	4 hét

A két kiinduló alapanyagtej miatt a gyártás során több lépése különbözött. A tevetejport a gyártás első lépése során rehidráltam a gyártó ajánlása alapján. Az oltógyomor enzim koncentrációja magasabb volt a tejpor alapanyagú sajtok esetében, továbbá az alvadék gyenge gél szerkezete miatt sajtforma helyett sajt kendőbe helyeztük a sózás előtt.

A további vizsgálatokhoz vett mintákat a 4 hetes érlelés elteltével, közvetlenül az érlelőből történő eltávolítás után vettük (5. ábra).



**5.ábra:** Pasztőrözött tevetejből és tevetejporból készült sajt 4 hét érlelés után (*saját kép*)

## 4.2 Kísérleti mátrix

A minták azonosításához használt rövidítéseket és a kísérleti mátrixot az 6. táblázatban tüntettem fel. Az alapanyag tej, borjúgyomoroltó enzim koncentráció és MTG enzimkészítmény alapján neveztem el a mintákat.

**6. táblázat:** Kísérleti mátrix

	Pasztőrözött tevetej		Tevetejpor	
<b>Oltóenzim</b>	2,94 IMCU/L	14,7 IMCU/L	14,7 IMCU/L	22,9 IMCU/L
<b>Kontroll</b>	PT 2,94 K	PT 14,7 K	TP 14,7 K	TP 22,9 K
<b>Probind CH</b>	PT 2,94 CH	PT 14,7 CH	TP 14,7 CH	TP 22,9 CH
<b>Activa YG</b>	PT 2,94 YG	PT 14,7 YG	TP 14,7 YG	TP 22,9 YG

## 4.3 A trappista jellegű félkemény tevesajt vizsgálati módszerei

### 4.3.1 A sajtok színmérése

A színmérést az érlelőfóliából történő eltávolítás után közvetlen, a 6. ábrán látható Konica Minolta CR-400 színmérő eszközzel végeztem fehér kalibrációt követően, átlátszó fólián keresztül. Minden sajtminta felületén 10 mérést végeztem. A mérés során a vizsgált minta felszínének színét határoztam meg 3 számszerűsíthető komponens (L\*, azaz világossági tényező, a\*, azaz vörös-zöld színezet, b\*, azaz sárga-kék színezet) alapján.



6. ábra: Konica Minolta CR-400 színmérő műszer [46]

#### 4.3.2 A sajtok pH mérése

A pH méréseket egy Testo 206 kézi pH mérő eszköz segítségével végeztem a gyártás során az 5. táblázatban jelölt lépésekben, és az érlelést követően egyaránt.

#### 4.3.3 A sajtok szárazanyag tartalom mérése

A szárazanyag tartalom méréshez vett mintákat egy VWRMB160 típusú gyors nedvesség tartalommérő eszközzel dolgoztam fel. A mintákat lereszelve, 105 °C-on, tömegállandóságig hevítettem.

#### 4.3.4 A sajtok kihozatal számítása

A sajtok kihozatalát a sajtok érlelést megelőző és érlelést követő tömege alapján számítottam ki ( $A$  sajt tömege érlelés végén g /  $A$  sajt tömege az érlelés megkezdése előtt g).

#### 4.3.5 A sajtok állománymérése

A sajtok állományméréséhez vett 12x12 mm szabályos henger alakú mintákat egy SMS TA.XT plus eszközzel (7. ábra) és egy 35 milliméteres penetrációs feltéttel vizsgáltam, az eredményeket a Texture Exponent 32 szoftver segítségével rögzítettem és jelentettem meg. A vizsgálat során a sajtok keménységét, kohezivitását, rugalmasságát és rághatóságát lehet meghatározni.



7. ábra: SMS TA.XT plus állománymérő műszer (saját kép)

#### 4.4 Statisztika

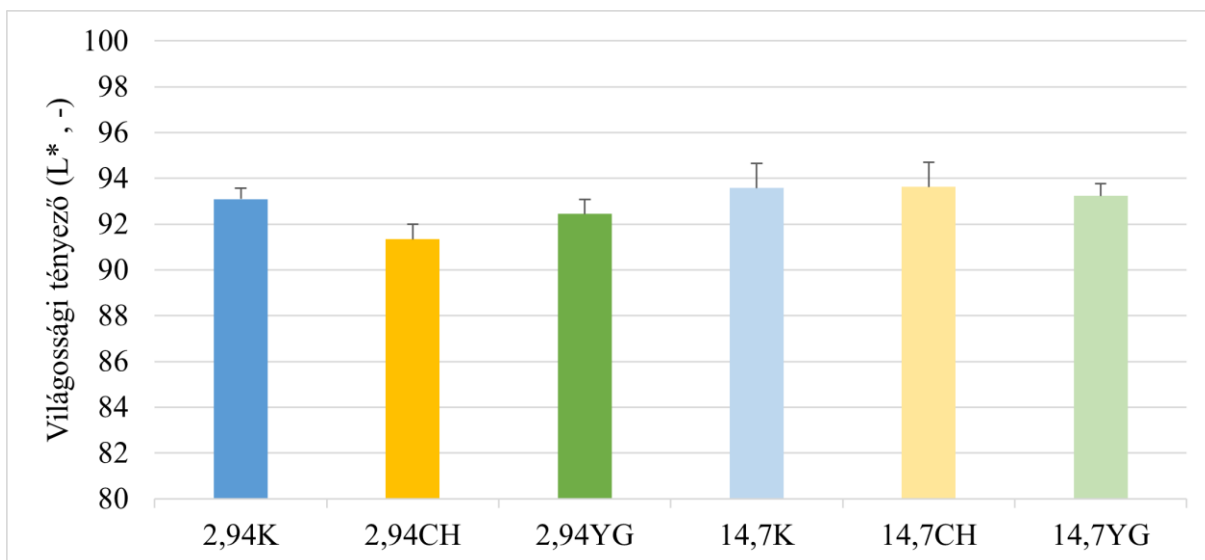
Az eredmények statisztikai értékelését Pearson korreláció vizsgálatával, illetve egy változós ANOVA segítségével, az R stúdió szoftverben végeztem.

## 5. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

### 5.1 A pasztörözött tevetejből készült sajtok eredményei

#### 5.1.1 A sajtok színmérés eredményei

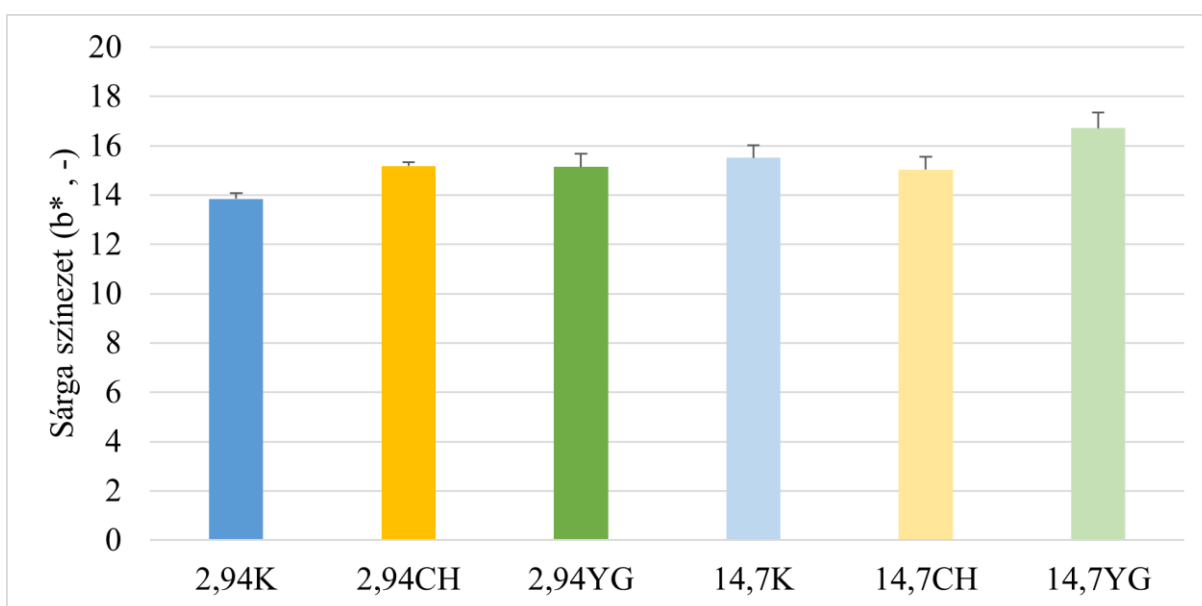
A pasztörözött tevetejből készült sajtok világossági tényezőjét ( $L^*$ ) a 8. ábrán tüntettem fel.



8. ábra: Pasztörözött tevetej sajtok  $L^*$  értékei

A 14,7 IMCU/L oltógyomorenzim hozzáadásával készült sajtok felszínei világosabbak, mint a 2,94 IMCU/L mennyiségű oltógyomorenzimmel készült sajtoké. A MTG hozzáadása nem befolyásolta a mintákat. Korábbi kísérletek során, pasztörözött bivalytej felhasználásával készített sajtok világosabbak voltak MTG hozzáadásával. [48]

A sajtok b\* értékeit a 9. ábrán tüntettem fel.



**9. ábra:** Pasztörözött tevetej sajtok b\* értékei

A sajtok sárga színezete Activa YG MTG enzimkészítménnyel kezelve oltógyomorenzim koncentrációtól függetlenül megnövekedett. Ezáltal kijelenthető, hogy ezzel a készítménnyel történő kezelés sárgásabb színű tevesajtokat eredményez.

A  $\Delta E^*$  értékek alapján számított színinger különbség a 2,94 IMCU/L oltógyomorenzim koncentráció esetében a 7. táblázatban, a 14,7 IMCU/L oltógyomorenzim koncentráció esetében pedig a 8. táblázatban tüntettem fel.

**7. táblázat:** Pasztörözött tevetej sajtok  $\Delta E^*$  értékeinek értelmezése 2,94 IMCU/L oltóenzim alkalmazása esetén

Különbség a sajtok között	Oltóerősség: 2,94 IMCU/L	
<b>Kontroll-CH</b>	2,02	ÉSZREVEHETŐ
<b>Kontroll-YG</b>	1,67	ÉSZREVEHETŐ
<b>CH-YG</b>	1,13	ALIG ÉSZREVEHETŐ

A MTG enzimkezelés a kontroll sajtokhoz viszonyítva észrevehetően befolyásolta a sajtok színezetét, az eltérést a világossági tényező és a sárga színezet okozta együttesen. A Probind CH és az Activa YG készítmények alkalmazása esetében a minták színinger különbsége alig

észrevehető. Ezen eredmények alapján a sajt színezetének szempontjából nincs jelentősége, mely kereskedelmi forgalomban elérhető készítményt alkalmazzuk.

**8. táblázat:** Pasztörözött tevetej sajtok  $\Delta E^*$  értékeinek értelmezése 14,7 IMCU/L oltóenzim alkalmazása esetén

Különbség a sajtok között	Oltóerősség: 14,7 IMCU/L	
<b>Kontroll-CH</b>	3,11	JÓL ÉSZREVEHETŐ
<b>Kontroll-YG</b>	1,30	ALIG ÉSZREVEHETŐ
<b>CH-YG</b>	1,44	ALIG ÉSZREVEHETŐ

A Probind CH készítmény alkalmazása esetében jól észrevehetően módosította a sajtok színét a kontroll mintához viszonyítva. Az Activa YG készítmény alkalmazása azonban a kontroll mintához és a Probind CH enzimekészítménnyel kezelt mintákhoz képest is csak alig észrevehető színinkülönbséget produkált.

### 5.1.2 A sajtok beltartalmi értékei

A sajtok fizikokémiai tulajdonságainak vizsgálata során kiemelten foglalkoztam a pH-értékkel és a szárazanyagtartalommal, mely eredményeket a 9. táblázatban foglaltam össze.

**9. táblázat:** Pasztörözött tevetej sajtok beltartalmi értékei

	pH		Száranyag	
	2,94 IMCU/L	14,7 IMCU/L	2,94 IMCU/L	14,7 IMCU/L
<b>Kontroll</b>	6,27 ± 0,05	6,46 ± 0,06	55,51% ± 0,76	59,01% ± 0,64
<b>CH</b>	5,91 ± 0,11	5,19 ± 0,02	62,84% ± 0,68	63,61% ± 0,51
<b>YG</b>	5,73 ± 0,06	5,02 ± 0,07	59,69% ± 0,68	62,67% ± 0,63

A kontroll sajtok pH értékei magasabbnak bizonyultak az enzimekezelt sajtok pH értékeihez képest. Az enzimekezelt sajtok szárazanyagtartalma nagyobb volt, mint a kontroll sajtoké. Abou-Soliman kísérletei ezzel szemben azt mutatták, hogy az MTG enzimekezelés növelte a sajtok nedvességtartalmát, a fehérjemátrix jobb nedvességmegkötő képessége miatt. [42]

### 5.1.3 A sajtok kihozatali mutatói

10. táblázat: Pasztörözött tevetejből készült sajtok kihozatali mutatói.

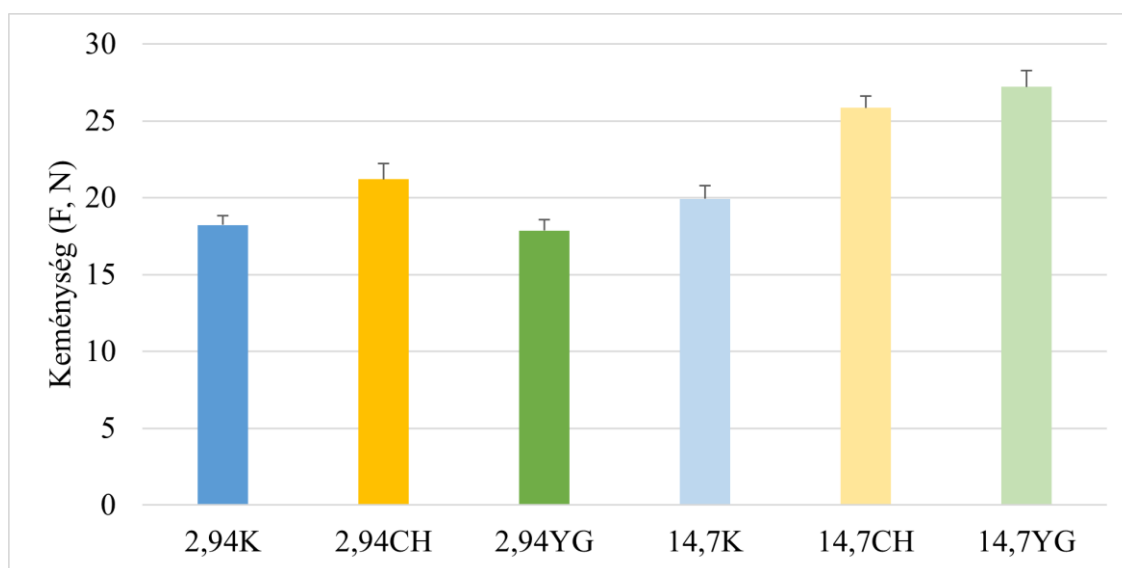
	2,94 IMCU/L	14,7 IMCU/L
<b>Kontroll</b>	0,77 ± 0,01	0,74 ± 0,02
<b>CH</b>	0,65 ± 0,06	0,66 ± 0,03
<b>YG</b>	0,61 ± 0,02	0,67 ± 0,00

Az eredmények alapján az enzimkezelés csökkentette a sajtok kihozatali mutatóit. Abou-Soliman lágy tevesajtokon végzett kísérletsorozatának eredménye ellentétes, növekvő kihozatalt tapasztaltak az enzimkezelést követően. [43] Az eltérést feltehetően a félkemény sajtok gyártása során, az érési folyamatok alatt bekövetkezett változások okozták.

### 5.1.4 A sajtok állományalakulása

A sajtok állományának vizsgálata kiemelten fontos volt a kutatásom alatt, hiszen az MTG alkalmazása előző kutatások alapján javított a termék állományán. [43]

A keménységet a 10. ábrán tüntettem fel.



10. ábra: Pasztörözött tevetej sajtok keménysége

Az eredmények alapján kijelenthető, hogy az enzimkezelés a magasabb oltógyomorenzim alkalmazásával készített PT 14,7 csoportnál szignifikánsan ( $p$ -érték  $<0,05$ ) javította a sajtok keménységét mindkét forgalomban lévő enzim esetében. Abou-Soliman és munkatársai friss tevesajton végzett vizsgálataik is szignifikánsan megnövekedett keménységet mutattak



(közel 19,6 N, összevetve a kontroll minta 9,8 N alatti eredményével) Activa YG 80 U/L koncentrációban alkalmazott MTG enzimek készítmény esetében.[43] Alacsony zsírtartalmú iráni fehér sajt gyártása során vizsgálták az oltógyomorenzim koncentráció növelésének hatásait (4,5 – 9 – 13,5 IMCU/kg), mely javított a minták reológiai tulajdonságain. [49] Az eredmények alapján kijelenthető, hogy az oltógyomorenzim magasabb koncentrációban történő, MTG enzimek készítménnyel való együttes alkalmazása növelte a sajtok keménységét.

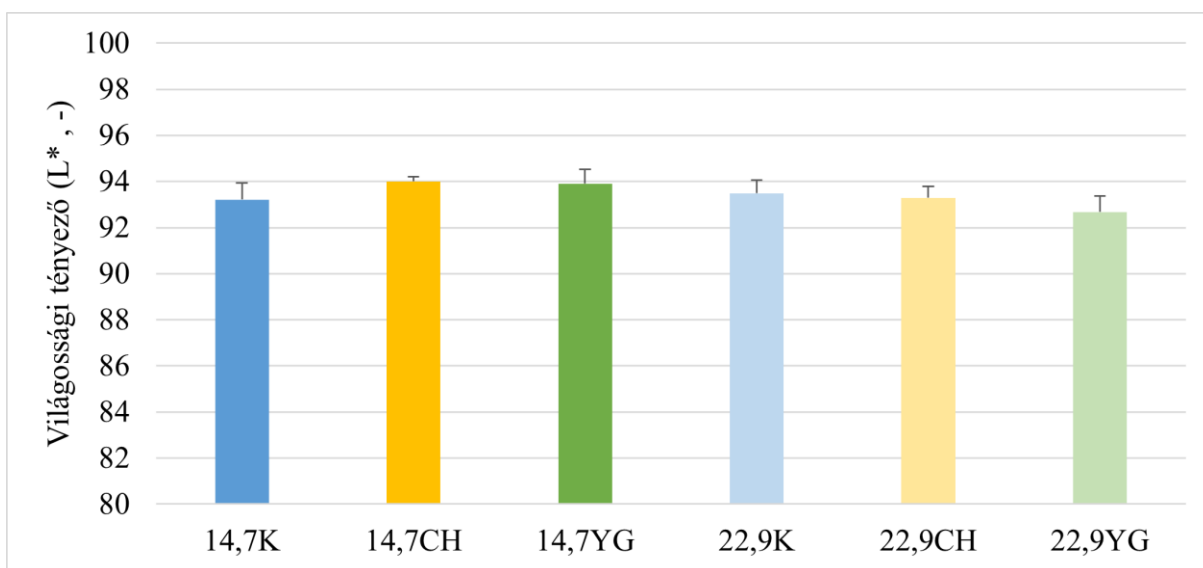
A koncentráció növelésével elérhető optimális oltóenzim-koncentráció meghatározásához további kutatásokra van szükség, mely során az oltógyomorenzim koncentrációjának nagymértékű növelésének (kísérleteimben közel ötszörösére emeltem az enzimek koncentrációt a kísérletsorozatok között) hatásait volna érdemes vizsgálni az állomány szempontjából. A fajazonos oltógyomorenzim alkalmazásának lehetőségeit is érdemes volna vizsgálni, illetve összevetni a termékre gyakorolt hatásait a borjúgyomoroltó-enzimmel szemben.

## **5.2 A tevetejporból készült sajtok eredményei**

Az elmúlt évek során egyre elterjedtebbé vált a tevetejpor gyártása, hiszen ezzel a romlandó, értékes beltartalmi tulajdonsággal rendelkező élelmiszer eltarthatósága növelhető. A különböző technológiák eltérő felhasználásra megfelelő tevé tejport képesek előállítani, a rehidráció után tevetejként fogyasztható terméket porlasztásos szárítás útján lehet készíteni.[49] Kutatásom során, tudomásom szerint a világon elsőként vehettem részt tevetejpor felhasználásával készülő sajt gyártásában, melynek eredményeit ebben a dolgozatban foglalom össze. Az eredményeim újdonsága miatt a szakirodalmi párhuzamok bemutatása korlátozottan lehetséges, így ezeket, a hasonló körülmények között készült, pasztőrözött tevetej felhasználásával gyártott sajtok eredményeivel vetem össze.

### 5.2.1 A sajtok színmérés eredményei

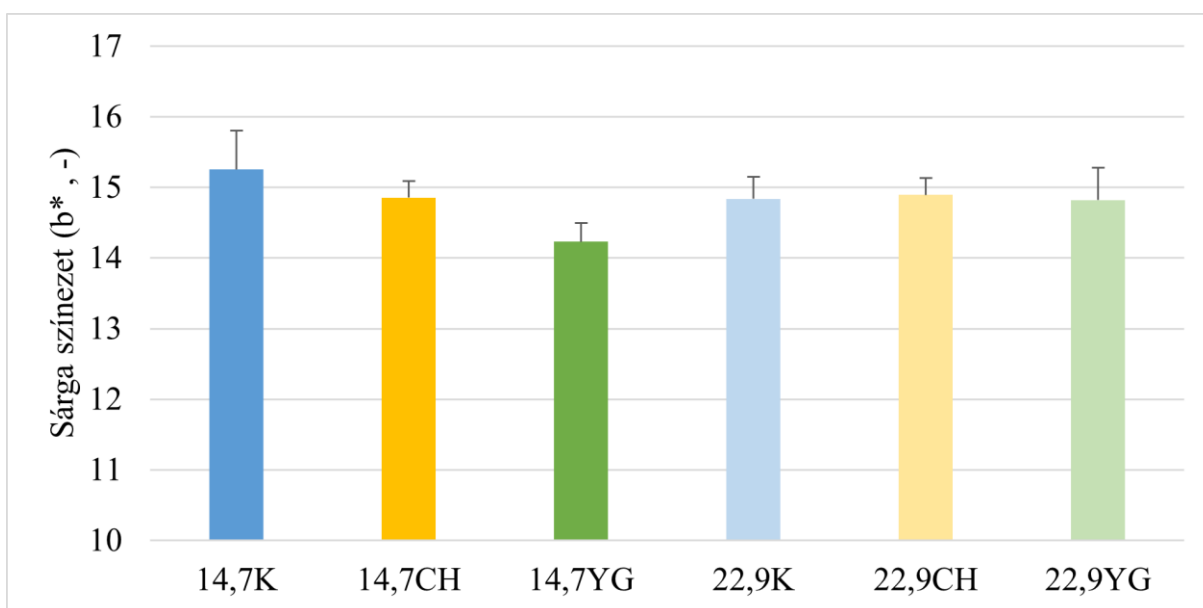
A tevetejporból készült sajtok felszínén mért világossági tényező ( $L^*$ ) eredményeit a 11. ábrán tüntettem fel.



11. ábra: Tevetejporból készült sajtok  $L^*$  értéke

Az eredmények alapján a TP 14,7 csoport sajtjai világosabbak voltak, mint a magasabb oltógyomor koncentrációval készült sajtokéi. A pasztőrözött tevetejből készült sajtok eredményei ezzel ellentétes tendenciát mutatnak, azonban mindkét esetben a 14,7 IMCU/L oltógyomorenzim koncentráció alkalmazása okozta a világosabb sajtminőt.

A sajtok  $b^*$  értékeit a 12. ábrán tüntettem fel.



12. ábra: Tevetejporból készült sajtok  $b^*$  értéke

Az adatok alapján a sajtok sárga színezete a 14,7 IMCU/L oltógyomor enzim alkalmazása esetén kontroll minták mérésénél volt erősebb. A pasztörözött tevetejből készült sajtok esetében az MTG enzim alkalmazása megnövelte a sárga színezetet. A tevetejporból készült sajtok újdonsága miatt az eredmény összehasonlítása csak pasztörözött tevetejből készült sajtok eredményeivel lehetséges. A pasztörözött tevetejnél megállapított változásokat a magasabb oltógyomorenzim koncentráció alkalmazásával, illetve az MTG készítmény adagolásával nem lehet tapasztalni.

A  $\Delta E^*$  eredményeket a 11. táblázat tartalmazza a 14,7 IMCU/L oltóenzimes csoport esetében, és a 12. táblázat tartalmazza a 22,9 IMCU/L koncentrációban alkalmazott oltóenzim hozzáadásával készült sajtok esetében.

**11. táblázat:** Tevetejporból készült sajtok  $\Delta E^*$  értékei 14,7 IMCU/L oltógyomorenzim alkalmazása esetében

Különbség a sajtok között	Oltóerősség: 14,7 IMCU/L	
<b>Kontroll-CH</b>	1,15	ALIG ÉSZREVEHETŐ
<b>Kontroll-YG</b>	3,18	JÓL ÉSZREVEHETŐ
<b>CH-YG</b>	0,96	ALIG ÉSZREVEHETŐ

Az eredmények alapján az enzimkezelés minden esetben érzékelhető színváltozást eredményezett, az Activa YG alkalmazása esetében jól észrevehető változást okozott. A világossági tényező magasabb értékei és a sárga színezet alacsonyabb értékei együttesen határozták meg a színbeli eltérést.

**12. táblázat:** Tevetejporból készült sajtok  $\Delta E^*$  értékei 22,9 IMCU/L oltógyomorenzim alkalmazása esetében

Különbség a sajtok között	Oltóerősség: 22,9 IMCU/L	
<b>Kontroll-CH</b>	0,55	NEM ÉRZÉKELHETŐ
<b>Kontroll-YG</b>	0,92	NEM ÉRZÉKELHETŐ
<b>CH-YG</b>	0,85	NEM ÉRZÉKELHETŐ

A magasabb oltógyomor enzimkoncentráció alkalmazása esetében a sajtok színbeli vizsgálata során nem találtam érzékelhető változást.

### 5.2.2 A sajtok beltartalmi eredményei (pH, szárazanyag tartalom)

A tevetejporból készült sajtok esetében is, a fizikokémiai tulajdonságok vizsgálata során a pH-érték és szárazanyagtartalom kiemelt jelentőségű volt. A mért értékeket az 13. táblázatban tüntettem fel.

13. táblázat: Tevetejporból készült sajtok beltartalmi értékei.

	pH		Szárazanyag	
	14,7 IMCU/L	22,9 IMCU/L	14,7 IMCU/L	22,9 IMCU/L
<b>Kontroll</b>	5,53 ± 0,10	4,96 ± 0,05	46,77% ± 0,59	52,05% ± 0,07
<b>CH</b>	5,41 ± 0,05	5,08 ± 0,01	45,15% ± 0,11	52,15% ± 0,52
<b>YG</b>	5,43 ± 0,09	5,17 ± 0,15	45,97% ± 0,19	53,65% ± 2,90

A 22,9 IMCU/L koncentrációban alkalmazott természetes borjúgyomor oltó enzim MTG készítmény adagolása nélkül, önmagában is alacsonyabb nedvességtartalmú sajtokat eredményezett. Az eredmények alapján a MTG enzimkezelés növelte a szárazanyagtartalmat a magasabb oltóenzimmel alvasztott csoport esetében és csökkentette a pH értéket minden MTG kezelt mintában.

### 5.2.3 A sajtok kihozatali mutatói

A sajtok kihozatali-eredményeit a 14. táblázatban tüntettem fel.

14. táblázat: Tevetejporból készült sajtok kihozatali mutatói.

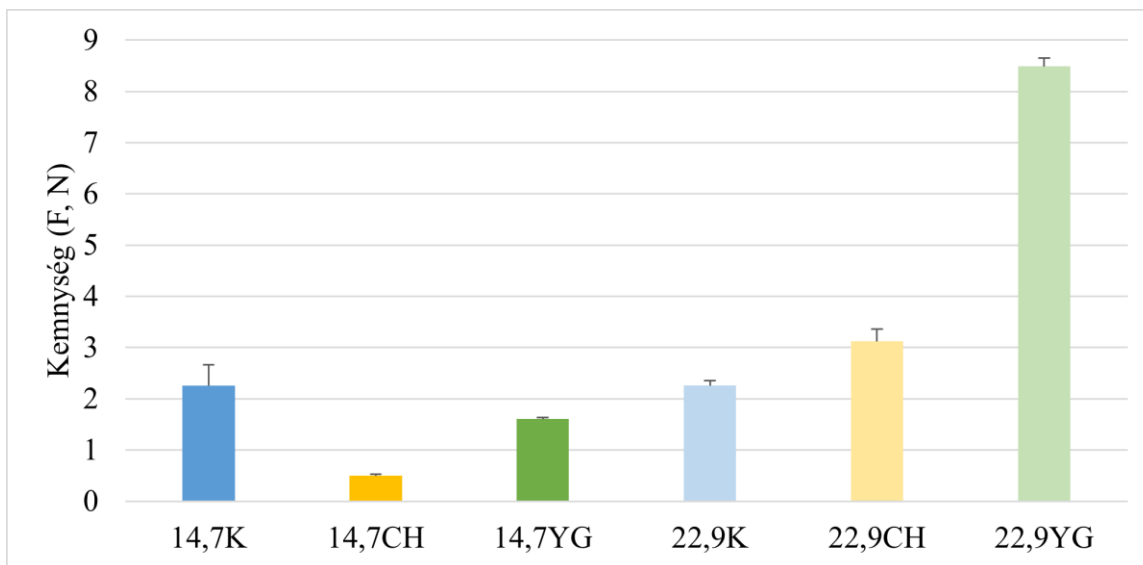
	14,7 IMCU/L	22,9 IMCU/L
<b>Kontroll</b>	0,38 ± 0,06	0,95 ± 0,00
<b>CH</b>	0,79 ± 0,10	0,41 ± 0,16
<b>YG</b>	0,87 ± 0,08	0,36 ± 0,11

A 14,7 IMCU/L mennyiségű oltóenzim hozzáadásával készült sajtok esetében az enzimkezelés jelentősen javította a sajtok kihozatalát, míg a magasabb oltógyomor koncentráció hozzáadásával készült sajtok kihozatalán jelentősen rontott az MTG enzimkészítmények alkalmazása. Ezen eredmények azt mutatják, hogy tevetejporból készült sajtok esetében az MTG alkalmazásával csökkenthetjük a szükséges természetes borjúgyomoroltó-enzim koncentrációt, ezáltal gazdaságosabbá téve a gyártási folyamatot.

#### 5.2.4 A sajtok állománykialakulása

A tevetejporból készült sajtok esetében is a keménységet vizsgáltam.

A keménységet az 13. ábrán tüntettem fel.



13.ábra: Tevetejporból készült sajtok keménysége

A minták vizsgálata során megállapítottam, hogy az oltóenzim növelése önmagában nem javított a sajtok keménységén. Továbbá a MTG enzimezés szignifikánsan ( $p < 0,005$ ) javította a sajtok keménységét a TP 22,9 csoportban az Activa YG enzimezés hatására. Az eredmények azt mutatják, hogy az állományalakulás szempontjából tevetejporból készített sajtok esetében a természetes borjúgyomoroltó enzim megnövelt koncentrációban alkalmazva, illetve a szimultán adagolt Activa YG enzimezés együttesen egy keményebb állományú sajtot eredményez.

## 6. KÖVETKEZTETÉS

A kutatásaim során bebizonyítottam, hogy pasztörözött tevetejből, illetve tevetejporból is lehetséges érlelt tevesajtot gyártani. Az alapanyagok eltérő tulajdonságai miatt alkalmaztam eltérő oltógyomorenzim koncentrációkat, a pasztörözött tevetejből készült sajtok esetében a 14,7 IMCU/L oltógyomorenzim hozzáadásával értem el keményebb állományt, míg a tevetejpor felhasználásával készült sajtok esetében ezt 22,9 IMCU/L koncentrációban adagolt oltógyomorenzimmel értem el. A minták vizsgálatai alapján a legjobb minőségű terméket a pasztörözött tevetejből készült, 14,7 IMCU/L oltógyomor enzim alkalmazásával gyártott, Activa YG MTG enzimkezeléssel érték el. A minta keménysége kiválónak bizonyult, szárazanyagtartalma pedig magasabb volt, mint a kontroll sajtoké. A vizsgált paraméterek újdonsága miatt további vizsgálatok ajánlottak a megfelelő technológiai alapok lefektetéséhez.

## 7. ÖSSZEFOGLALÓ

A tevetej az elmúlt években egyre népszerűbbé vált, világszerte a szuperélelmiszerek közé sorolják. Bioaktív fehérjéinek, antimikrobiális enzimjeinek köszönhetően számos gyógyhatása van, többek között az I. típusú diabétesz és a fertőző betegségek (rotavírus, *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli*) terápiájában alkalmazhatóak. A tehéntejben lévő béta-laktoglobulinra allergiás gyermekek számára megfelelő alternatívát nyújthat a tevetej. A tevetejtermelés a Közel-Keleti és az Észak-Afrikai országokban bír a legnagyobb jelentőséggel, de feldolgozott tejtermékek közül a sajtok csupán a helyi fogyasztók számára elérhetőek. A kutatásom célja a félkemény sajt készítése pasztörözött tevetejből, illetve tevetejporból, melyhez célom a megfelelő mennyiségű borjúgyomoroltó enzim (2,94 IMCU/L; 14,7 IMCU/L; 22,9 IMCU/L) és mikrobiális transzglutamináz (MTG) enzim készítmény (Activa YG, Probind CH - 0,6 U/g fehérje) meghatározása volt. Ennek érdekében vizsgáltam, hogy 4 hetes érlelési időt követően ezek az enzimek hogyan befolyásolják a színt, a pH-t, a kihozatalt, a szárazanyag tartalmat, és az állományalakulást, illetve melyik enzimkoncentráció az optimális tevetejpor és pasztörözött tevetej esetén. Eredményeim azt mutatták, hogy a pasztörözött tevetejből készült sajtok esetében az MTG alkalmazása mind az Activa YG, mind a Probind CH enzimkészítménynél befolyásolta a sajt kérgének sárga színezetét és csökkentette a sajtok végső pH értékét. Bár a sajtok kihozatala 10-20%-kal csökkent az MTG kezelés hatására, a szárazanyagtartalom értéke 10%-kal magasabb lett és ez legalább 20%-kal keményebb állományt is eredményezett az optimális borjúgyomoroltó enzim koncentráció mellett mind a pasztörözött, mind a tevetejporból készült sajtok esetében. Az oltó enzim adagolás befolyásolta az állománykialakulást és mindkét MTG készítmény esetén a magasabb (14,7 IMCU/L pasztörözött tevetejnél, 22,9 IMCU/L tevetejpor esetén) oltó enzim koncentráció volt kedvezőbb. Megállapítottam, hogy az optimális borjúgyomoroltó enzim koncentráció pasztörözött tevetej esetében 14,7 IMCU/L, tevetejpor esetén 22,9 IMCU/L.

## 8. ABSTRACT

Camel milk has become more and more popular in recent years, and it is considered to be a superfood worldwide. Due to its bioactive proteins and antimicrobial enzymes, several health benefits are attributed to it, among others, it is applied effectively in cases of type I diabetes and infectious diseases (rotavirus, *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli*). It may also serve as an alternative to cow milk for children suffering from beta-lactoglobulin allergy. The greatest milk production is in the Middle East and North Africa, however from processed products, cheese is only available for local customers. The goal of my research is to produce semi-hard cheese both from pasteurised and powdered camel milk and, to determine the optimal concentration from calf rennet (2.94 IMCU/L; 14.7 IMCU/L; 22.9 IMCU/L) and microbial transglutaminase (MTG) enzyme preparation (Activa YG, Probind CH – 0.6U/g protein). For this purpose, I have examined the cheeses after 4-weeks-ripening to specify the effect of applied enzymes on color, pH, cheese yield, dry matter and texture, in order to define which is optimal for cheese made of pasteurized and powdered camel milk. My results showed that pasteurised camel milk cheeses' yellow color was affected by MTG in case of Activa YG and Probind CH also both decreased the final pH level. Even though the cheese yield was lowered by 10-20%, the dry matter was approximately 10% higher, which resulted in at least 20% harder texture when the optimal calf rennin concentrations was used in both pasteurised and powdered camel milk cheeses. Bovine rennin enzyme concentrations affected the texture, application of both MTG product the higher rennin concentration (14.7 IMCU/L for pasteurised; 22.9 IMCU/L for powdered camel milk) was better. I concluded that the optimal rennin concentration is 14.7 IMCU/L in case of pasteurised camel milk and 22.9 IMCU/L, when using camel milk powder.



## **9. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS**

Köszönettel tartozom témavezetőmnek, Dr. Darnay Líviának (ÁTE Élelmiszerlánc-tudományi Intézet, Élelmiszer-higiéniai Tanszék), aki segített a kísérletek megtervezésében, elvégzésében és tanácsokkal látott el a dolgozatom megírása közben. Köszönöm az Élelmiszer-tudományi Intézet közreműködését, továbbá szeretném megköszönni Szepessy Annának a kísérletek során nyújtott segítséget.

## Témavezetői nyilatkozat TDK dolgozathoz

Alulírott Dr. Darnay Livia....., mint témavezető nyilatkozom,  
hogy (név) Pataki Fanni Anna....., GY... évfolyamos hallgató  
A mikrobiális transzglutamináz enzim hatása a félkemény tevesajt minőségére  
című dolgozatát átolvastam és jóváhagytam, részvételét támogatom az  
Állatorvostudományi Egyetem 2023 . évi Tudományos Diákköri  
Konferenciáján. Továbbá nyilatkozom, hogy a feltöltött TDK dolgozat  
plágiumellenőrzésen sikeresen átesett és az esetlegesen feltárt egyezés az  
Egyetemi iránymutatásoknak/szabályoknak megfelel.

Budapest, 2023 év október...hó 20...nap.

Dr. Darnay Livia

témavezető

## 10. IRODALOMJEGYZÉK

- [1] Élelmezésügyi és Mezőgazdasági Világszervezet, <https://www.fao.org/dairy-production-products/production/dairy-animals/camels/en/> (2023. január)
- [2] Farah Z, Mollet M, Younan M, Dahir R (2007) Camel dairy in Somalia: Limiting factors and development potential. *Livestock Science* 110:187-191  
<https://doi.org/10.1016/j.livsci.2006.12.010>.
- [3] Zhou Z, Duley JA, Cowley DM, Reed S, Arachchige B, Shaw PN, Bansal N (2022) Comprehensive biochemical and proteomic characterization of seasonal Australian camel milk. *Food Chemistry* 381 <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.132297>
- [4] Zhu S, Zimmerman D, Deem SL (2019) A Review of Zoonotic Pathogens of Dromedary Camels. *EcoHealth* 16:156-377 <https://doi.org/10.1007/s10393-019-01413-7>
- [5] AlAskar H, Alhajeri BH, Almathen F, Alhaddad H (2020) Genetic Diversity and Population Structure of Dromedary Camel-Types. *Journal of Heredity* 111:405-413  
<https://doi.org/10.1093/jhered/esaa016>
- [6] Brezovečki A, Čagalj M, Dermić ZF, Mikulec N, Ljoljić DB, Antunac N (2015) Camel Milk and Products. *k, Mljekarstvo* 65:81-90  
<https://doi.org/10.15567/mljekarstvo.2015.0202>
- [7] El-Aziz MA, Kassem JM, Aasem FM, Abbas HM (2022) Physicochemical properties and health benefits of camel milk and its applications in dairy products: A review. *Egyptian Journal of Chemistry* 65:101-118  
<https://doi.org/10.21608/EJCHEM.2021.92589.4383>
- [8] Wikipédia, <https://en.wikipedia.org/wiki/Camel> (2023. január)
- [9] El-Zubeir IEM, Babiker WIA (2014) Impact of husbandry, stages of lactation and parity number on milk yield and chemical composition of dromedary camel milk. *Emirates Journal of Food and Agriculture* 26: 333-341 <https://doi.org/10.9755/ejfa.v26i4.17664>
- [10] El-Hanafy AA, Saad YM, Alkarim SA, Almehdar HA, Alzahrani FM, Almatry MA, Uversky VN, Redwan EM (2023) Yield and Composition Variations of the Milk from Different Camel Breeds in Saudi Arabia. *Sci 5* <https://doi.org/10.3390/sci5010002>
- [11] Nagy PP, Skidmore JA, Juhász J (2022) Intensification of camel farming and milk production with special emphasis on animal health, welfare, and the biotechnology of reproduction. *Animal Frontiers* 12:35-45 <https://doi.org/10.1093/af/vfac043>
- [12] Kamelfarm, <https://kamelfarm.de/kamelmilch/>
- [13] Dr Peter Nagy Farm Manager and our farm system, Camelicious, <https://www.youtube.com/watch?v=hIBQYXF-Ymc&t=10s> (2023. január)
- [14] Gebremichael B, Girmay S, Gebru M (2019) Camel milk production and marketing: Pastoral areas of Afar, Ethiopia. *Pastoralism* 9:16 <https://doi.org/10.1186/s13570-019-0147-7>
- [15] Gul W, Farooq N, Anees D, Khan U, Rehan F (2015) Camel Milk: A Boon to Mankind. *International Journal of Research Studies in Biosciences* 3:23-29  
[https://www.researchgate.net/publication/283298918\\_Camel\\_Milk\\_A\\_Boon\\_to\\_Mankind](https://www.researchgate.net/publication/283298918_Camel_Milk_A_Boon_to_Mankind)
- [16] Swelum AA, El-Saadony MT, Abdo M, Ombarak RA, Hussein EOS, Suliman G, Alhimaidi AR, Ammari AA, Ba-Awadh H, Taha AE, El-Tarabily KA, El-Hack MEA (2021) Nutritional, antimicrobial and medicinal properties of Camel's milk: A review.

- [17] Izadi A, Khedmat L, Mojtahedi SY (2019) Nutritional and therapeutic perspectives of camel milk and its protein hydrolysates: A review on versatile biofunctional properties. *Journal of Functional Food* 60 <https://doi.org/10.1016/j.jff.2019.103441>
- [18] Agrawal RP, Beniwal R, Kochar DK, Tuteja FC, Ghorui SK (2005) Camel milk as an adjunct to insulin therapy improves long-term glycemic control and reduction in doses of insulin in patients with type-1 diabetes A 1 year randomized controlled trial. *Diabetes Res Clin Pract* 68:176–177 <https://doi.org/10.1016/j.diabres.2004.12.007>
- [19] Singh R, Mal G, Kumar D, Patil NV, Pathak KML (2017) Camel Milk: An Important Natural Adjuvant. *Agric Res* 6:327–340 <https://doi.org/10.1007/s40003-017-0284-4>
- [20] Laleye LC, Jobe B, Wasesa AAH (2008) Comparative study on heat stability and functionality of camel and bovine whey proteins. *J Dairy Sci* 91:4527–4534 <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1446>
- [21] Shabo Y, Barzel R, Margoulis M, Yagil R (2005) Camel milk for food allergies in children. *Immunology and allergies. Israel Med Assoc J* 7:1–3 <http://camelmilkforhealth.com/publications/ar05dec-12.pdf>
- [22] Ayyash M, Al-Dhaheri AS, Mahadin SA, Kizhakkayil J, Abushelaibi A (2018) In vitro investigation of anticancer, antihypertensive, antidiabetic, and antioxidant activities of camel milk fermented with camel milk probiotic: A comparative study with fermented bovine milk. *Journal of Dairy Science* 101:900-911 <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13400>
- [23] Moslehisad M, Ehsani MR, Salami M, Mirdamadi S, Ezzatpanah H, Moosavi-Movahed AN, Naslaji AA (2013) The comparative assessment of ACE-inhibitory and antioxidant activities of peptide fractions obtained from fermented camel and bovine milk by *Lactobacillus rhamnosus* PTCC 1637. *Int Dairy J* 29:82–87 <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2012.10.015>
- [24] Mohamed HE, Mousa HM, Beynen AC (2005). Ascorbic acid concentrations in milk from Sudanese camels. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*; 89(1, 2): 35–37 <https://doi.org/10.1111/j.1439-0396.2004.00507.x>
- [25] Konuspayeva G, Faye B, Loiseau G (2009) The Composition of Camel Milk: A Meta-Analysis of the Literature Data. *Journal of Food Composition and Analysis* 22:95–101. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2008.09.008>
- [26] Heck JML, van Valenberg HJF, Dijkstra J, van Hooijdonk ACM (2009) Seasonal variation in the Dutch bovine raw milk composition. *Journal of Dairy Science* 92 :4745–4755 <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2146>
- [27] Hatmi HE, Jrad Z, Mkaem W, Chahbani A, Oussaief O, Zid MB, Nouha M, Zaidi S, Khorchani S, Belguith K, Mihoubi NB (2020) Fortification of soft cheese made from ultrafiltered dromedary milk with *Allium roseum* powder: Effects on textural, radical scavenging, phenolic profile and sensory characteristics. *LWT* 132 <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109885>
- [28] Huile Y, Hansen EB, Seifu E, Eshetu M, Ipsen R, Kappeler S (2016) Functional and technological properties of camel milk proteins: a review. *Journal of Dairy Research* 83:422-429 <https://doi.org/10.1017/S0022029916000686>
- [29] Camel Charisma, <https://www.camelcharisma.com/product-category/camel-milk-products/> (2023. szeptember)

- [30] Fromage Homage, <https://fromagehomage.co.uk/tag/camels-milk-cheese/> (2023. szeptember)
- [31] Cheese.com, <https://www.cheese.com/caravane/> (2023. szeptember)
- [32] Bahula Naturals, <https://bahulanaturals.com/product/camel-milk-cheshire-aged-cheese-200gms/> (2023. szeptember)
- [33] Cheesemaking Blog, <https://blog.cheesemaking.com/imran-saleh-in-pakistan-camel-milk-cheese/> (2023. szeptember)
- [34] <https://blog.cheesemaking.com/wp-content/uploads/2022/07/sfw.9.jpg> (2023. október)
- [35] Ando H, Adachi M, Umeda K, Matsuura A, Nonaka M, Uchio R, Tanaka H, Motoki M (1989) Purification and characteristics of a novel transglutaminase derived from microorganisms. *Agric Biol Chem* 53:2613-2617  
<https://doi.org/10.1080/00021369.1989.10869735>
- [36] Zhu Y, Rinzema A, Tramper J, Bol J (1995) Microbial transglutaminase – a review of its production and application in food processing. *Appl Microbiol Biotechnol* 44:277—282
- [37] Nonaka M, Tanaka H, Okiyama A, Motoki M, Ando H, Umeda K, Matsuura A (1989) Polymerization of several proteins by Ca<sup>2+</sup>- independent transglutaminase derived from microorganism. *Agric Biol Chem* 53:2619—2623  
<https://doi.org/10.1080/00021369.1989.10869736>
- [38] Kuraishi C, Yamazaki K, Susa Y (2001) Transglutaminase: its utilization in the food industry. *Food Rev Int* 17:221–246 <https://doi.org/10.1081/FRI-100001258>
- [39] Cozzolino A, Di Pierro P, Mariniello L, Sorrentino A, Masi P, Porta R (2003) Incorporation of whey proteins into cheese curd by using transglutaminase. *Biotechnol Appl Biochem* 38:289–195 <https://doi.org/10.1042/BA20030102>
- [40] Mahmood WA, Sebo NH (2009) Effect of microbial transglutaminase treatment on soft cheese properties. *Mesopotamia J of Agric* 37  
<https://doi.org/10.33899/magrj.2009.27525>
- [41] Özer B, Hayaloglu AA, Yaman H, Gürsoy A, Şener L (2013) Simultaneous Use of Transglutaminase and Rennet in White-Brined Cheese Production. *Int Dai Jou* 33:129–34.  
<https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2013.02.001>.
- [42] Waleed A, Mahmood Effect of microbial transglutaminase treatment on soft cheese properties. *Mesopotamia Journal of Agriculture*. 37. 19-27.  
<https://doi.org/10.33899/magrj.2009.27525>
- [43] Abou-Soliman N, Awad S, El-Sayed MI (2020) The Impact of Microbial Transglutaminase on the Quality and Antioxidant Activity of Camel-Milk Soft Cheese. *Food and Nutrition Sciences* 11:153–71. <https://doi.org/10.4236/fns.2020.113012>
- [44] Al-zoreky NS, Almathen FS (2021) Using recombinant camel chymosin to make white soft cheese from camel milk. *Food Chemistry* 337  
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127994>
- [45] Atigui M, Sboui A, Samira A, Marzougui C, Dbara M, Hammadi M, Khorchani T (2021) Camel Milk-Clotting Using Plant Extracts as a Substitute to Commercial Rennet. *Journal of Chemistry* 2021 <https://doi.org/10.1155/2021/6680246>
- [46] Mbye M, Sobti B, Al Nuami MK, Al Shamsi Y, Al Khateri L, Al Saedi R, Saeed M, Ramachandran T, Hamed F, Kamal-Eldin A (2020) Physicochemical properties, sensory

quality, and coagulation behavior of camel versus bovine milk soft unripened cheeses. NFS Journal 20:28-36 <https://doi.org/10.1016/j.nfs.2020.06.003>

[47] Konica Minolta, <https://sensing.konicaminolta.us/us/products/cr-400-chroma-meter-colorimeter/>

[48] Darnay L, Vitális F, Szepessy A, Bencze D, Csurka T, Surányi J, Laczay P, Firtha F (2022) Comparison of different visual methods to follow the effect of milk heat treatment and MTGase on appearance of semi-hard buffalo cheese. Food Control 139:109049 <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2022.109049>

[49] Madadlou A, Khosroshahi A, Mousavi ME (2005) Rheology, Microstructure, and Functionality of Low-Fat Iranian White Cheese Made with Different Concentrations of Rennet. J. Dairy Sci. 88:3052–3062 [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(05\)72986-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(05)72986-6)

[50] Konuspayeva G, Faye B (2021) Recent Advances in Camel Milk Processing. Animals (Basel) 11(4): 1045 <https://doi.org/10.3390/ani11041045>