

DIPLOMADOLGOZAT

KOVÁCS SZILVESZTER
Osztatlan Agrármérnök

Keszthely
2023



**Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Georgikon Campus
Osztatlan Agrármérnök Szak**

**SZERVES CINK TAKARMÁNY-KIEGÉSZÍTŐ HATÁSA A
TEJ SZOMATIKUS SEJTSZÁMÁRA**

Belső konzulens: Prof. Fébel Hedvig
tudományos tanácsadó

Külső konzulens: -

Készítette: Kovács Szilveszter
CIOGV9
Nappali tagozat

Intézet/Tanszék: Élettani és Takarmányozástani
Intézet/Takarmányozástani és Takarmányozás-
élettani Tanszék

Készthely

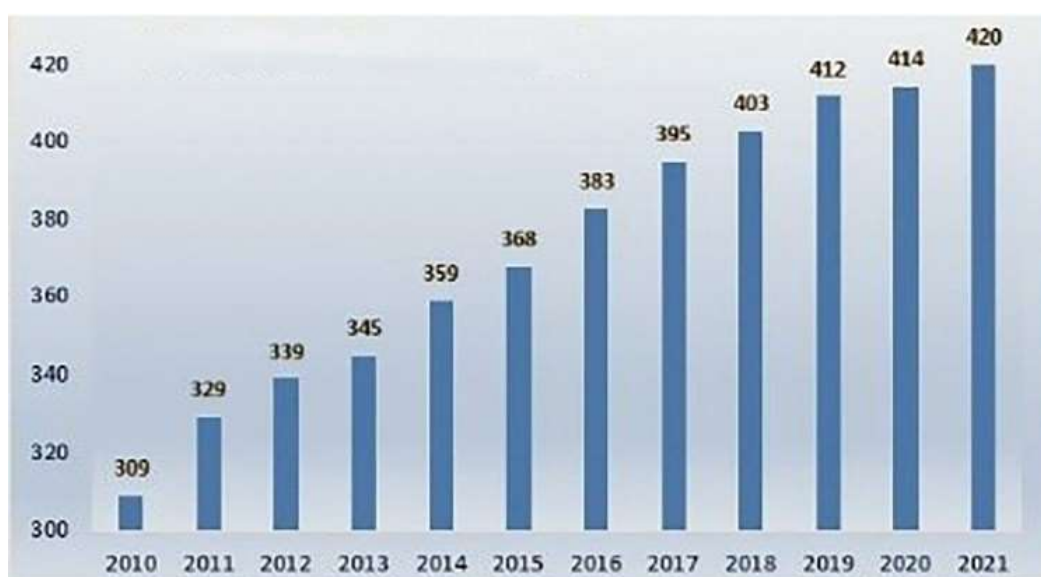
2023

Tartalomjegyzék

1.	Bevezetés és célkitűzés	2
2.	Irodalmi áttekintés	6
2.1.	A cink általános jellemzése	6
2.2.	A cink szerepe az antioxidáns rendszerben	7
2.3.	Szomatikus sejtszám a tejben	9
2.4.	Tőgygyulladás	11
2.5.	A tőgygyulladás és a szomatikus sejtszám hatása a tejhozamra és a tej minőségére	13
2.6.	Szomatikus sejtszámot alakító egyéb tényezők	15
2.7.	A cink szerepe a szomatikus sejtszám csökkentésében	16
3.	Anyag és módszer	18
3.1.	Kísérlet helyszínének általános bemutatása	18
3.2.	Állatok elhelyezése, termelési csoportok	19
3.3.	A termelő állomány jellemzése, a telep tejtermeléssel kapcsolatos adatai	21
3.4.	A gazdaság takarmányozási gyakorlata	22
3.5.	Kísérlet bemutatása	23
4.	Vizsgálati eredmények és értékelésük	26
4.1.	A vizsgálatba vont tehenek tejtermelése és tejparaméterei a három hónapos időszakban	26
4.2.	A tej szomatikus sejtszámának alakulása	27
4.3.	A napi laktációs teljesítmény alakulása	31
4.4.	A tejben mért főbb tápanyagok koncentrációjának változása	32
5.	Következtetések, javaslatok	34
6.	Összefoglalás	35
	Köszönetnyilvánítás	36
7.	A szakirodalom jegyzéke	37

1. Bevezetés és célkitűzés

A tejtermelés a magyar mezőgazdaság egyik meghatározó ágazata, az élelmiszeripari termelés több mint 10%-át adja (INTERNET3, 2022). Magyarország tejből önellátó, 2010 óta több mint 16%-kal nőtt a hazai tejtermelés, a fogyasztói tej behozatala pedig a harmadára csökkent (INTERNET2, 2022). A magyarországi tejtermelés alapját a tenyésztési illetve szervezeti szempontból is jól kézben tartott tehénállományok jelentik. Magyarországon a szarvasmarha-állomány nagysága, a KSH 2022. évi első féléves adatai szerint, 902700 állat, melyből a tejelő tehenek száma 416600 (INTERNET1, 2022). Az elmúlt évtizedben a tejelő tehénállomány jelentős növekedést mutat, 2010 óta több mint százezerrel nőtt és így érte el az előzőekben írt közel 420 ezres számot (1. ábra).



1. ábra Magyarország tehén állománya (ezer db) (Forrás: INTERNET3, 2022)

A tejelő szarvasmarha-ágazat termelése 2021-ben 2025,5 millió liter tej volt, ami az EU teljes tejtermelésének valamivel több, mint 1,2%-át jelenti (INTERNET6, 2022). Ezekkel a mutatókkal Magyarország az EU tagállamai között a 8. helyet foglalja el, amire büszkék lehetünk. A kiváló eredmény hátterében a holstein-fríz állomány folyamatos genetikai szelekciója, illetve a magyar-tarka tehenek növekvő teljesítménye áll. A fajták mellett fontos tényező az egyre korszerűbb tartástechnológia valamint a precíz, magas színvonalú takarmányozás is. Az Európai Unió mindegyik tagállamában folyik tejtermelés és a tejtermékek előállítása jelentős részét teszi ki az uniós mezőgazdasági termelés értékének. A legnagyobb tejtermelők Németország, Franciaország, Lengyelország, Hollandia, Olaszország és Írország, melyek együttesen az uniós tejtermelés majdnem 70%-át adják.

Az utóbbi években a tehenek egyre javuló tejhozama mellett csökkenő tehenlétszám figyelhető meg az EU-ban. 2020-ban az uniós tehenállomány nagysága 20 millió körüli volt. Egy holstein-fríz tehen évi tejtermelése 2019-ben az EU-ban átlagosan, 7300 kg volt, ami a következő évben meghaladta a 7400 kg-ot, 2022-ben pedig a 7600 kg-ot (INTERNET6 és 8, 2022). Az átlagos laktációs tejtermelés Dániában a legnagyobb, túllépte a 11000 kg-os határt. Dánia után Svédország, Finnország, Spanyolország következik majd az ötödik helyen Hollandia áll. Magyarország, 2020-ban mért 10448 kg-os átlagával az EU élvonalába tartozik (2. ábra). Azonban, még a beltartalmi mutatók tekintetében, EU átlag alattiak a számok (INTERNET7, 2022).



2. ábra Holstein-fríz tehenek átlagos laktációs tejtermelése (kg) Magyarországon és az EU-ban (Forrás: INTERNET3, 2022)

A termelés szerkezete Magyarországon eltér az EU-ban legnagyobb gyakorisággal megtalálható rendszertől. Országunk tejtermelése koncentrált, azaz a termelés nagyobb hányadát a nagyüzemek adják. A tejlő tehenállomány közel 60 százaléka az 500 egyednél többet tartó üzemekben termel. Érdekes adat ezzel kapcsolatban, hogy a nagyobb kapacitású egységek a teljes üzemszám mindössze 2%-át teszik ki. A sok, kevesebb tehenet tartó gazdaságok jelentőségét ugyanakkor nem szabad lebecsülni, mivel fontos szerepet játszanak akár a helyi feldolgozók ellátásában, vagy a saját tejből előállított termékekkel, regionális illetve országos fogyasztói igényeket szolgálnak ki. Ezzel bővítik a termékpalettát és részipiacokat szolgálnak ki.

A világ számos pontján, így hazánkban is a megnövekedett tejtermelés mellett a reprodukzív teljesítmény csökkenését figyelhetjük meg. A reprodukciós zavarok előfordulásakor a tehenek az ellés után nem vemhesülnek időben, így nő a selejtezés valószínűsége. Tejlő állományokban a

selejtezések két csoportra oszthatók. Egyik az idő előtti, míg a másik a gazdasági selejtezés. A selejtezési döntések legnagyobb része gazdasági szempontok figyelembevételével születik meg. Idő előtti selejtezésnél, fontos figyelembe venni a selejtezési költség nagyságát és a selejtezendő állattal kieső tejhozam értékét is. A selejtezési költséget két különböző módon lehet kiszámolni. Egyik és egyben legáltalánosabb az állatérték-különbözeti módszer, míg a másik a laktációs-jövedelem módszer. Ez utóbbi akkor alkalmazandó, ha a selejtezendő tehén piaci értéke nem ismert. A gyengén termelő állat további állományba való tartása veszteséget termel, és ez a veszteség sokszor nagyobb lehet, mint magának a selejtezésnek a költsége. Ezért szükséges a selejtezést precízen, alapos mérlegelést követően, időben elvégezni (INTERNET4, 2022). Az idő előtti selejtezés fő okai közé tartoznak az előfordulási gyakoriság sorrendjében, a tőgygyulladás (masztitisz), a reprodukciós zavarok, valamint a lábvégproblémák. Magyarországon jelenleg a tőgygyulladás felelős a selejtezés több mint negyedéért. Ez a probléma nagyban befolyásolja a tejtermelés gazdaságosságát, mivel a kisebb laktációs teljesítmény mellett romlanak a tejminőséget jelző paraméterek értékei is. A selejtezések esetében jelentős kiadásokkal kell számolni, úgy mint, a kezelések, gyógyszerek többletköltsége, állatorvosi díjak (INTERNET9, 2022). A kárt még tetőzi, hogy a felhasznált gyógyszerek miatti egészségügyi várakozási időt is be kell tartani és a tejet nem lehet értékesíteni. Ez mind-mind növeli a veszteséget amellet, hogy a tehén termelése elmarad a genetikailag elérhető maximális tejhozamtól. A tőgygyulladás leggyakrabban takarmányozási illetve higiéniai anomáliák miatt alakul ki (INTERNET9, 2022). A takarmányozási problémák között az állatok nem megfelelő ásványianyag-ellátottságát kell megemlíteni. A mikroelemek között a cink meghatározó szerepet játszik a tőgyegészség fenntartásában. Azok az állatok, amik megfelelő cinkkiegészítést kapnak, ellenállóbbak a tőgyfertőzésekkel szemben. Ezen kívül érdemes kiemelni a cink jelentőségét a lábvégproblémák megelőzésében. A cink fokozza a szaruképződést, növeli a szaru keménységét, valamint elősegíti a sebgyógyulást és a hámszövet regenerációját (INTERNET5, 2022). A cink fontos szerepe még, hogy adagolásakor mérsékelhető az állományban jelentkező szaporodásbiológiai rendellenességek előfordulási gyakorisága. Megfelelő mennyiségű cink felvétele szerepet játszik a petefészek hormontermelésében, a tüszőérésben és ellés után a gyorsabb involúcióban.

A cink közvetlen gazdasági előnnyel járó hatása, a tej szomatikus sejtszámának (somatic cell count, SCC) csökkentése (INTERNET10, 2023). Ebben szerepet játszik a mikroelem membránvédő hatása. Fokozódik a bimbócsatorna nyálkahártyájának ellenállóképessége a szervezetbe hatoló baktériumokkal szemben, ami csökkenti a masztitisz kialakulásának a valószínűségét. Ezen túl a cink, a tőgyben található tejmirigyek epitel sejteinek megfelelő és gyors regenerációját is támogatja,

amivel szintúgy erősödik SCC csökkentő hatása. Diplomamunkám céljaként a cink fentiekben részletezett, főgyre gyakorolt kedvező hatásának vizsgálatát tűztem ki.

Célkitűzés

A dolgozatom, illetve a végrehajtott kísérlet célja annak megállapítása, hogy a nagy tejtermelésű tehenekkel etetett szerves illetve szervesetlen kötésben lévő cinket egyaránt tartalmazó takarmánykiegészítő milyen hatást gyakorol a szomatikus sejtszámra. A telepen, gyakorlati körülmények között kívántam igazolni a cink kedvező hatását a főgygyulladásra. Vizsgálataim részét képezte az egyes etetési időszakokban termelt tej mennyiségének valamint beltartalmi paramétereinek a nyomon követése. A TMR-ben etetett készítményt cinkkiegészítőként forgalmazzák, de benne a cinknél jóval kisebb mennyiségben biotin, jód valamint szelén is található. A cinken kívül így magát a takarmány-kiegészítőt is értékelni szeretném dolgozatomban. Választ keresek arra, hogy a készítmény alkalmazása jár-e állategészségügyi előnnyel, megfigyelhető-e termelésnövekedés az ellés utáni időszakban a laktáció intenzív időszakában.

2. Irodalmi áttekintés

2.1. A cink általános jellemzése

Jól lehet a mikroelemek, más néven nyomelemek a szervezet teljes tömegének kevesebb mint 0,01%-át alkotják, nélkülözhetetlenek a test normális működéséhez. Ilyen elemnek tekinthető a diplomamunkámban vizsgált cink is. Az emberi testben 2-3 g cink található. Meghatározó a vázizom cinktartalma (57%), amelyet a csont (29%) követ. További előfordulási helyek a szív, a máj, a vesék és a vérplazma. Az előbbieken felsorolt szervekben és szövetekben a Zn 95%-a az intracelluláris térben található, mindössze 5% kering a sejten kívüli térben albuminhoz, transferrinhez és globulinhoz kötődve.

A cink felszívódásának fő helye a vékonybél, azon belül is a duodenum a legfontosabb. A cink a bélnyálkahártyán keresztül a vérbe jut és a szervezet cinkháztartásban meghatározó predilekciós szerveibe, szöveteibe kerül. A hasnyálmirigy váladéka jelentősebb mennyiségű cinket tartalmaz, ami ismét felszívódhat a vékonybélből. A cink fel nem szívódott része a bélsárral ürül, a szervezetben nem hasznosuló hányad pedig a vizelettel választódik ki. A mikroelem felszívódását több tényező és folyamat is befolyásolhatja. Az egyik legfontosabb, a takarmány cinktartalma. A cinkfelszívódást az állat cinkellátottsága is módosítja. A cinkhiányos állatokban több cink szívódik fel, amit a bélsár kisebb cinktartalma igazol. Az állat életkora ugyancsak befolyásoló tényező. Fiatalabb állatokban, hasonló mennyiségben adagolt cink takarmány-kiegészítőből több cink szívódott fel az idősebb egyedekhez viszonyítva. A felszívódást más mikroelemek, valamint nehézfémek vagy antinutritív anyagok is befolyásolják. Ez utóbbi felvétele kisebb kockázatot jelent a kérődző állatok bendőjében élő mikroorganizmusok tevékenysége miatt. A cinket megkötő anyagokat, például a fitinsavat a bendőbaktériumok hatékonyan hatástalanítják. A fitinsavban gazdag növények etetése, hasonlóan a monogasztrikus állatokhoz, a baktériumok jelenléte nélkül kérődzőkben is csökkentené a cink-abszorpciót. A feltevés igazolásához közvetlenül az oltógyomorba magas fitinsavtartalmú szójafehérje-izolátumot juttattak és megállapítottak, hogy a fitinsav az oltóban megkötötte a cinket és cinkhiány alakult ki (MILLER, 1967). A nehézfémek közül a kadmium drasztikusan csökkenti a cink felszívódását, mivel ez a két fém képes egymást helyettesíteni. A kadmium a szervezetbe kerülve a cink helyébe beépülve toxikus hatása miatt súlyos károsodást okoz. A kadmium a cinkkel ellentétben, képes felhalmozódni az emberi és állati szervezetben, így hosszan tartóan kell toxikusságával számolni (MILLER, 1970).

A cink a szervezet szinte valamennyi anyagcserefolyamatában részt vesz. Több mint száz katalitikus aktivitású enzim működéséhez esszenciális mikroelem. Alapvető eleme számos metalloenzimnek, illetve génexpressziót szabályozó folyamatokban szerepet játszó transzkripciós faktoroknak. Így

kulcsfontosságú a sejtek osztódásában, növekedésében és differenciálódásában. A Zn emellett fontos részt foglal el az RNS, a DNS és a riboszómák stabilizálásában, továbbá szerepet játszik az inzulintermelésben, döntő fontosságú a bőr épségének és védelmi funkciójának fenntartásában, illetve aktív szereplője az immunrendszernek (COLEMAN, 1988; MACDONALD, 2000).

A cink kétértékű kationként képes a szervezetben található fehérjék kb. 10%-ához kötődni. Ezzel hozzájárul a fehérjék struktúrális stabilitásához. A cink csökkentve a gyulladásos citokinek termelését, fontos szerepet tölt be a gyulladásos folyamatok szabályozásában. A fiziológiás valamint patofiziológiás folyamatokban játszott feladatai közül ki kell emelni az oxidatív stressz szabályozását, mivel hozzájárul antioxidáns enzimek szintéziséhez. A cink legfontosabb hatásai, antioxidáns mivoltából adódnak. Ez az egyik fő funkciója a tehenekben is, mely által segít fenntartani az állat egészségét (ANDIEU, 2008). Antioxidáns szerepe által fejt ki közvetlen és közvetett hatásait a tőgy, ezen belül is az epitelsejtek épségére. Az irodalmi áttekintést a cink ezen hatásával folytatom.

2.2. A cink szerepe az antioxidáns rendszerben

Eredetileg antioxidánsnak neveztek minden olyan anyagot, amely gátolja bármely anyag reakcióját a dioxigénnel (O_2). A konkrétabb meghatározás szerint az antioxidáns olyan vegyület, amely megakadályozza a szabadgyök-reakciót (Ternay és Sorokin 1997). A szabad gyökre (reaktív oxigén-nitrogén-, kén- vagy szénközpontú molekulák, illetve molekularészletek) jellemző, hogy külső elektronegativitásán egy vagy több párosítatlan elektront tartalmaz (Pryor 1966), ami egy instabil állapot. Energetikailag stabilabb körülmény az, ha az elektronok párokban helyezkednek el, ebből következik, hogy a szabad gyökök igen reaktívak és általában rövid élettartamúak. A fentiekből kitűnik, hogy a cink nem igazán illik e kategóriák egyikébe sem. A cinkről soha nem mutatták ki, hogy közvetlenül kölcsönhatásba lép a reaktív oxigénfajokkal vagy a szénközpontú szabad gyökökkel, hanem inkább közvetett módon fejt ki hatását.

A szabad gyökök képződése a szervezet működése során, egy természetesnek mondható folyamat (SORDILLO – AITKEN, 2009). Az állat szervezete egyensúlyt próbál fenntartani az antioxidánsok és a termelő szabad gyökök között. A nagymennyiségű tejet termelő állatok szervezetében az intenzív anyagcsere miatt folyamatosan keletkeznek szabad gyökök, sok esetben mennyiségük jóval meghaladja a szervezet antioxidáns kapacitását, ami oxidatív stresszt jelent az állat számára (VAZQUEZ-ANON et al., 2008). A leggyakrabban előforduló szabad gyökök: szuperoxid anion, hidroxilgyök, hidrogén-peroxid gyök és zsírsav-szabadgyökök. A keletkező gyökök rendkívül agresszívak, nagyon gyorsan kémiai reakcióba lépnek más vegyületekkel elektronszerzés céljából. Emiatt a tulajdonságuk miatt képesek reagálni a nukleinsavakkal, így mutációt okoznak. Reakcióba

léphetnek még enzimekkel, melyeket inaktíválhatnak, valamint membránalkotó zsírsavakkal is. A reakciók során károsulnak a membránok és membrán-instabilitás lép fel. A szabadgyökök így fejtik ki membrán gyengítő és károsító hatásukat (SPEARS – WEISS, 2008). Ezen membránkárosító hatás játszik nagy szerepet teheneknél a masztitisz kialakításában.

A Zn a biológiai rendszerekben gátolja a szabadgyökös lipidperoxidációt az $\text{OH}\cdot$ és O^{2-} termelés megakadályozásával. Kimutatták, hogy antioxidáns hatást egyrészt azért fejt ki, hogy a prooxidáns fémekkel (pl. Cu és Fe) verseng a kötőhelyekért, így csökkentve azok elektronátadási lehetőségét. Legfontosabb szerepe azonban az antioxidáns védelmi vonal első csoportjába tartozó antioxidáns enzimek közül a szuperoxid-dizmutáz (SOD) működéséhez köthető. A SOD a $\cdot\text{O}_2^-$ dizmutációját katalizáló fémtartalmú enzim. A reakció során H_2O_2 és oxigén keletkezik. Állatokban a SOD három típusát különböztetjük meg az enzim elhelyezkedése és a fém kofaktor alapján: réz-cink szuperoxid-dizmutázok (Cu/ZnSOD), mangán szuperoxid-dizmutázok (Mn-SOD) és extracelluláris szuperoxiddizmutázok (ec-SOD). Az előbbiekből kitűnik, hogy a Zn a Cu/Zn-SOD enzim alkotója, ami a citoszolban található (McCORD – FRIDOVICH, 1969).

Annak ellenére, hogy a cink fontos szerepet játszik az antioxidáns rendszer működésében, viszonylag kevés eredményt találunk e témakörben. CHEN et al. (2020) kísérletükben tejelő tehenekkel 60 nappal a várható ellés időpontja előtt különböző adagban (0, 20, 40, illetve 60 mg Zn/kg szárazanyag) alkalmaztak cinkiegészítést cinkmetionin formájában. A szerves kelátkötésben lévő cink hatására, a mennyiségétől függően, növekedett a SOD illetve a total antioxidáns kapacitás értéke. A nagyobb cinkadagok (40 illetve 60 mg Zn/kg szárazanyag) között már nem találtak különbséget, így idézett szerzők véleménye szerint a 40 mg/kg cinkkiegészítés elegendő a nagyobb antioxidáns védelem kialakulásához. Egy tavaly megjelent tanulmányban DANESH MESGARAN et al. (2022) is a Zn-metionin komplex hatását elemezte. A posztpartum időszak 6. hetétől hat héten keresztül etették a tejelő tehenekkel a készítményt a szárazanyag 0,131%-ában. A Zn-metionin komplex 7% cinket tartalmazott. Az etetés időszaka a nyári hőstressz időszakára esett, ami oxidatív stresszt jelent az állatok számára. A patofiziológiás állapotot a tehenek szervezetében nagy mennyiségben keletkező reaktív oxigéngyökök illetve a lipidperoxidok keletkezése hozza létre. Az oxidatív stressz állapotában az antioxidáns illetve az oxidatív molekulák mennyisége közötti egyensúly felborul. A lipidperoxidáció során keletkező aldehidszármazékok citotoxikus hatásuk következtében károsítják a DNS-t, illetve a fehérje- valamint lipidmolekulákat. Az említett kísérletben a Zn-metionin komplex adagolásakor szignifikánsan nőtt a TAS (total antioxidant status) illetve csökkent a malondialdehid (MDA) koncentrációja (TAS = 0,62 vs. 0,68 mmol/l és MDA = 2,01 vs. 1,76 nmol/l a kontroll illetve a Zn-metionin csoportban). A mutatók leírt változásai azt jelzik, hogy a Zn-metionin komplex gátolta a lipidperoxidációt. A módosult oxidatív

metabolitszint pedig befolyásolhatja tehenekben a citokinképződést (SORDILLO – RAPHAEL, 2013). A kedvező változások alapján a hőstressz idején tanácsos lehet tehenekkel szerves komplex formában Zn készítményt etetni.

Korábbi vizsgálatban jóval nagyobb mennyiségben adagolt cink hatását tanulmányozták (SOBHANIRAD – NASERIAN, 2012). A kontrollcsoporthoz viszonyítva takarmány kg-onként 500 mg cinket etettek cinkszulfát-monohidrát illetve cinkmetionin formájában. A kísérleti csoportokban a SOD koncentrációja több mint 140 IU/l volt, ami szignifikánsan nagyobb volt a kontrollcsoporthoz (118 IU/l) viszonyítva. A cinkkiegészítésként használt vegyületek SOD-ra gyakorolt hatása között ugyanakkor nem volt különbség, a SOD koncentrációja közel azonos (141 illetve 145 IU/l) volt a két kísérleti csoportban.

2.3. Szomatikus sejtszám a tejben

A szomatikus sejtszám a tejben előforduló testi sejtek mennyiségét adja meg. A szomatikus sejtek jelenléte a tejben természetes élettani jelenség. Az egészséges tőgyben a leukociták (limfociták, makrofágok) teszik ki a szomatikus sejtek meghatározó részét (90%), kisebb százalékban pedig a tejmirigyek elhalt epitel sejtjei vannak jelen (BOUTINAUD – JAMMES, 2002). Az SCC-n belül a leukociták jóval nagyobb aránya egyébként teljesen érthető, mivel első védvonalat jelentenek a baktériumokkal szemben. A kórokozók bejutására minden fejés alkalmával lehetőség nyílik, hiszen fejéskor a tőgy bimbócsatornája kinyílik és a záróizom nem rögtön működik a fejés befejezését követően. A tőgy felépítése valamint a fejés meghatározó szerepet játszik az SCC értékének alakulásában ezért a következőkben rövid áttekintést szeretnék adni erről.

Alapvetően az egészséges bimbó bőrét különböző zsírsavakból álló védőréteg borítja. Ez a védőréteg arra hivatott, hogy lassítsa a bimbón megtelepedő baktériumok szaporodását. Fő fizikai, úgynevezett belső védvonalat azonban, a tőgybimbócsatornát körülvevő körkörös simaizom adja. Ez fejés után összehúzódva, szorosan lezárja a bimbócsatornát. Egyrészt meggátolja a tej kijutását, valamint biztosítja, hogy a kórokozók ne juthassanak fel a bimbócsatornába. Fejés befejezése után azonban nem rögtön záródik, az izom lassan húzódik össze, a folyamat kb. két órát tart. Ez azt jelenti, hogy fejés után a bimbócsatorna még nyitott és ebben az időintervallumban potenciálisan nagy az esélye a befertőződésnek (ALNAKIP et al., 2014). Ennek megelőzésében meghatározó szerepe van a bimbócsatorna falát alkotó hámréteg épségének. A keratin, mint a fizikai védekezésben szerepet betöltő vegyület kulcsfontosságú. Képződéséhez cinkre van szükség, a keratinszintézis csak cink jelenlétében megy végbe. A megfelelő mennyiségű cink felvétele elegendő membránvédő keratin képződését teszi lehetővé. TOMLINSON et al. (2004) pozitív korrelációt

talált a cinkfelvétel és a képződő keratin mennyisége között. Cink adagolásakor a keratintermelés megnövekedett, illetve a cinkkiegészítés megszüntetése után jelentősen csökkent a keratin képződése. A bimbócsatorna keratinizáltságát a Zn adagolása biztosítja és ezzel megakadályozhatjuk a kórokozók bejutását a tőgybe. Szárazonállás időszakában a keratin akár teljes mértékben el is tömíti a bimbócsatornát, teljesen lezárva azt. A keratin jelenti a baktériumok elleni fizikai védekezés egyik védvonalát, de felépítése miatt, hatása összetett. A keratin egy komplex molekula, építőelemei között észterezett és nem-észterezett bakteriosztatikus zsírsavak (linolénsav, mirisztinsav, laurinsav) is találhatóak. Tartalmaz még olyan speciális fehérjéket, amelyek kötődve a kórokozóhoz növelik annak ozmotikus viszonyokhoz való érzékenységet. Ezáltal a kórokozó lízisét idézi elő. Az előbbieket azt mutatják, hogy a keratin fizikai barrier funkciója mellett antimikrobiális anyagtartalma miatt szerepet játszik a baktériumok megsemmisítésében is.

A tőgyben a keratinréteg intakt formában való jelenléte és annak megőrzése esszenciális fontosságú tejelő tehenekben (GRIFFIN et al., 1983). A keratin károsodhat a helytelen gépi fejes következtében vagy a szakszerűtlenül végzett intramammális kezelések miatt. A keratinréteg sérülésekor a tőgybimbócsatorna bakteriális behatásokkal szemben kitetté válik (PAULRUD, 2005; DAVIDOV et al., 2011). A fertőzés következtében masztitisz alakul ki, a tej szomatikus sejtszáma drasztikusan megnő.

A szomatikus sejtek összetétele, egymáshoz viszonyított aránya alapvető változást mutat tőgygyulladásokor. A nagyobb SCC értéket döntően a neutrofil granulociták koncentrációjának emelkedése okozza, ami a mirigyszövet gyulladásos reakcióját jelzi. A neutrofilok nagyobb fokú diapedezise (a vérerekből a szövetekbe áramlása) károsítja a tőgy szövetét, aminek következtében csökken a tejtermelés, jelentős gazdasági kártételt okozva. A naponta termelt tej mennyiségének csökkenése mellett annak zsír és fehérjetartalma is kisebb. Elsőborjas tehenekben 200000 SCC/ml érték felett a tejszír illetve tejfehérje napi mennyisége 4,51 g zsír- illetve 10,23 g fehérjecsökkenést mutatott. A többször ellett tehenekben nagyobb zuhanást figyeltek meg: a napi tejszírvesztesség 10,16 g, a tejfehérje-vesztesség pedig 12,49 g (HALASA et al., 2009). Paradox módon a túl kicsi szomatikus sejtszám is kórélettani állapotot jelez. Azok a tehenek, amelyek SCC értéke 50000 alatti, a gyenge immunválasz képességük miatt, kevésbé ellenállóak a fertőzésekkel szemben. Ezek az állatok nagyobb hajlamot mutatnak klinikai masztitiszre. Elfogadható szomatikus sejtszámnak a 100.000 körüli értéket tekintjük, ilyenkor az állat egyik tőgynegyedében sincs fertőzés. Ha az érték eléri a 200.000-t, valószínűleg az állatnak legalább az egyik tőgynegyedében gyulladásos folyamatok indultak el. Ahogy növekszik ez az érték annál biztosabb, hogy több tőgynegyed érintett (DANG et al., 2008.). Fertőzés esetében a neutrofil granulociták mellett a véráramból még immunsejtek lépnek a tőgybe (HILLERTON, 1999). A fagocitáló sejtek, mint a például a makrofágok vagy a

neutrofil sejtek a kórokozót felismerve megpróbálják teljes mértékben izolálni és bekebelezni azokat. Miután teljesen magukba zárták a kórokozót, speciális emésztő enzimeik segítségével megsemmisítik azt (SWAIN et al., 2015). Ebből fakadóan tehát, a nagy immunsejt aktivitás és szám miatt megnövekszik a szomatikus értéke a tejnek (HILLERTON, 1999).

A szomatikus sejtszám növekedését megelőzhetjük, illetve a kialakult problémát mérsékelhetjük megfelelő mennyiségű cink adagolásával. Cinkhiány esetén nagyobb szomatikus sejtszámot illetve tőgygyulladást figyeltek meg (WEISS, 2002). A cink ajánlott mennyisége 40-60 mg/kg a tejelő szarvasmarhák takarmányában (NRC, 2001). A körülményektől függően azonban nagyobb dózist is etethetünk a problémák megelőzése vagy kezelése érdekében (NRC, 2001).

2.4. Tőgygyulladás

A tejtermelés során a tejelválasztó hámsejtek folyamatosan termelik a tejet a tőgyszövetben. Az epitelsejteket vérerek bélelik, amiből a sejtek felveszik a tejszintéziséhez szükséges prekursor molekulákat majd a termelt tejet az alveoláris tejcatornába választják ki. A tejmirigybe jutó kórokozók szöveti sérülést okoznak, mellyel különböző kémiai anyagok keletkezését indukálják. A hámsejtek a védelem első lépéseként aktiválják a tőgyben található immunrendszert. Két komponens, a celluláris (leukociták) és a humorális (immunglobulin) rendszer játszik jelentős szerepet a fertőzések csökkentésében és megszüntetésében. A celluláris védelmi rendszerhez tartoznak a fehérvérsejtek (neutrofilek, limfociták és makrofágok), amelyek jelen vannak az egészséges tőgyben, valamint olyanok, amelyeket az állat immunrendszere aktivál. A humorális rendszerhez olyan makromolekulák tartoznak mint az antitestek, a komplementfehérjék és az antimikrobiális peptidek. A behatoló baktériumokkal szemben tehát a makrofágok aktivizálódása mellett egyre több leukocita és immunsejt jelenik meg a fertőzés helyén (ALNAKIP et al., 2014).

Súlyossága alapján a tőgygyulladás lehet klinikai, amikor az érintett negyed a heveny gyulladás nyilvánvaló tüneteit (tőgy duzzadt, vörös, valamint láz) mutatja, valamint megváltozik a tej megjelenése is (gennypelyhek és vérrögök). Ezekből a jellemzőkből lehet következtetni a klinikai masztitiszre (KHAN – KHAN, 2006). Súlyosabb esetben a klinikai masztitisz az állat elhullását is okozhatja (CHENG – HAN, 2020). Az enyhébb gyulladást szubklinikai masztitisznek nevezzük, amikor az érintett tőgynegyed nem mutat elváltozást, de a tej szomatikus sejtszáma megemelkedett valamint csökken a tejtermelés (ABEBE et al., 2016). A szubklinikai fertőzést nem lehet könnyen kimutatni, sok esetben tartósan, több hónapon keresztül fennáll a tőgyben, ezt az állapotot hívjuk idült fertőzésnek. Ezalatt az idő alatt, nem meghatározható periódusokban, tapasztalhatók súlyosabb klinikai masztitiszben megnyilvánuló időszakok (CHENG – HAN, 2020).

A gyulladásos reakciót sokfajta mikroorganizmus okozhatja, válthatja ki. Jellemzően bakteriális oktanú fertőzések, azonban néhány vírusszalád is azonosítható (GOMES – HENRIQUES, 2016). Ilyen vírus például a BLV (bovine leukosis virus)(SANDEV et al., 2004) vagy a PI-3 (Parainfluenza vírus) (KAWAKAMI et al., 1966) és a BHV-4 (Bovine herpesvirus 4) (WELLENBERG et al., 2000). Előfordulási arányuk viszont eltörpül a bakteriális esetekkel szemben. Megkülönböztetünk fertőző baktériumokat valamint környezeti patogén kórokozókat. Ezek alapján fertőző illetve nem fertőző, környezeti kórokozók által kiváltott tőgygyulladásról beszélhetünk (LAKEW et al., 2019). A fertőző tőgygyulladás állatról állatra terjed, ezért a szakmailag kifogásolható módon elvégzett fejés különös kockázatot jelent. A fertőzések elkerülése érdekében különös figyelmet kell fordítani a fejőberendezés megfelelő higiéniájára és a bimbófertőtlenítésre (SCHRINER – RUEGG, 2002). A fertőző tőgygyuladást kialakító baktériumok közül a leggyakoribb a *Staphylococcus aureus* valamint a *Streptococcus agalactiae*. A fertőző, állatról állatra terjedő kórokozók közül az előbbi, azaz a *Staphylococcus aureus* kártétele a legjelentősebb. Számos telepen fellelhető nemzetközi viszonylatban is (EBERHART - BUCKALEW, 1997). Fertőző, tőgypatogén baktériumnak tekinthető, kezelése bonyolult és elhúzódó. A kórokozó jellemzően szubklinikai tőgygyuladást okoz. Ritkább esetben, főként a laktáció első heteiben, akut vagy perakut klinikai masztitisz is előfordulhat. Hagyományos antibiotikus kezeléssel csekély eredmény érhető el, mivel a baktérium az epiteliális sejtekben képes intracellulárisan rövidebb-hosszabb ideig életben maradni. További tőgygyuladást előidéző baktérium a *Mycoplasma bovis* és a *Corynebacterium*, amelyek alapvetően a szarvasmarha tőgyén, illetve a tőgybimbó bőrén élnek. Itt telepednek meg először, majd eljutnak a bimbócsatornába és ott fertőzést, gyuladást okoznak (KIBEBEW, 2017), aminek indikátora a tej szomatikus sejtszámának emelkedése (SHARMA et al., 2011).

A fertőző baktériumoktól eltérően a környezeti kórokozóknak más az előfordulása és az állattal való kapcsolata. Ezek az opportunisták baktériumok az állat közvetlen környezetében, leginkább az istállóban, az almon találják meg a számukra kedvező környezetet. Fizikai érintkezéssel rákerülnek a szarvasmarha tőgyére, a tőgybimbóra ahol azonnal be is tudnak jutni a bimbócsatornába. A kórokozás további menete az állat szervezetében megegyezik a fertőző baktériumokéval. A tőgygyuladást okozó opportunisták baktériumok közé tartozik a *Streptococcus uberis*, egyes coliform fajok mint az *E. coli*, *Klebsiella* és *Enterobacter* fajok valamint a *Pseudomonas* nemzetségbe tartozó baktériumok (TOMANIC et al., 2022). Ellenük való védekezésben fontos a tőgyhigiéna valamint az antibiotikus kezelés és a vakcinázás (SMITH – HOGAN, 1993). A kártételt a gazdaállat illetve a környezet befolyásolhatja. Az előbbi esetében meghatározó az állat genotípusa. A nagy tejhozamú fajtáknál (pl. holstein-fríz) a masztitisz jóval gyakrabban fordul elő, mint a közepes tejhozammal rendelkező fajtákban (pl. jersey) (SHAHEEN et al., 2016). A környezeti faktorok között az istálló

higiéniai állapota meghatározó. Ügyelni kell az alomtisztaságra, a padló folyamatos tisztítására és a jó szellőzésre. Ezek mellett kiemelkedő fontosságú az állatok megfelelő takarmányozása. Különösen ügyelni kell az ellés utáni, negatív energiamérleggel terhelt időszakban a főbb táplálóanyagok mellett a tejelő tehenek ásványianyag- illetve vitaminszükségletének kielégítésére. A takarmány makro illetve mikrokomponenseinek hiánya szerepet játszik a tőgy ellenállóképességének csökkenésében és így a masztitisz kialakulásában (KIBEBEW, 2017). A takarmányozási anomáliák az állat szervezetében celluláris és humorális szinten egyaránt immunszuppresszióhoz vezethet és ennek következtében nő a tejelő tehenek fertőződésre való hajlama (SHAHEEN et al., 2016). Ebben az időszakban fontos hangsúlyt kap a megfelelő cinkkiegészítés a tőgygyulladás megelőzésében és a tejtermelés fokozásában (CHANDRA et al., 2013).

2.5. A tőgygyulladás és a szomatikus sejtszám hatása a tejhozamra és a tej minőségére

A nagyobb SCC érték a tej mennyiségét valamint annak összetételét illetve minőségét is befolyásolhatja. A tej szomatikus sejtszámának a növekedésekor a tejhozam csökkenését figyelték meg rövid és hosszú távon is, átnyúlva a következő laktációs ciklusra is (SEEGERS et al., 2003; HOGEVEEN et al., 2011). A kisebb tejtermelés folyamatosan alakul ki, ami már a klinikai masztitisz kimutathatósága előtt akár egy héttel, a tőgygyulladás szubklinikai formájában is mérhető. Ha a fertőzés következtében kialakuló gyulladás a laktáció elején, a csúcstermelést megelőzően alakul ki, akkor ez negatívan hat a tehen hátralévő laktációs termelésére is (MUKHERJEE et al., 2017). Azok a tehenek, melyek átestek a fertőzésen, kevesebb tejet termeltek a gyógyulást követően a laktációs idejük hátralévő részében, mint a tőgygyulladással nem érintett egyedek (LE MARÉCHAL et al., 2011). A tejtermelés csökkenésének elsődleges oka az epitel sejtek fertőzést okozó kórokozók miatti sérülése, ami rontja a tőgyszövet szekréciós kapacitását (ALNAKIP et al., 2014). A tőgyben a fertőzés helyén az immunrendszer megfelelő működése esetén makrofágok, leukociták és immunsejtek jelennek meg egyre nagyobb számban. Minél kiterjedtebb a gyulladás annál nagyobb a tőgyszövet károsodása, és annál kisebb a tejtermelés. Krónikus tőgygyulladás esetén megfigyelték, hogy a tejmirigyben az egészséges, működő szekretoros részeket kötőszövet foglalja el, jelentősen csökkentve a tejtermelést (BENITES et al., 2002, BOTARO et al., 2015). A gyulladás következtében az állat hormonháztartása is módosul, ami befolyásolja a tejalkotók szintéziséhez szükséges prekursor molekulák mennyiségét. Tovább súlyosbítja a helyzetet a takarmány-felvétel csökkenése, amit csak tetézt, hogy az immunrendszer megfelelő működéséhez többlet energiára van szüksége az állatnak. Ezen hatások és folyamatok összességében a tejtermelés

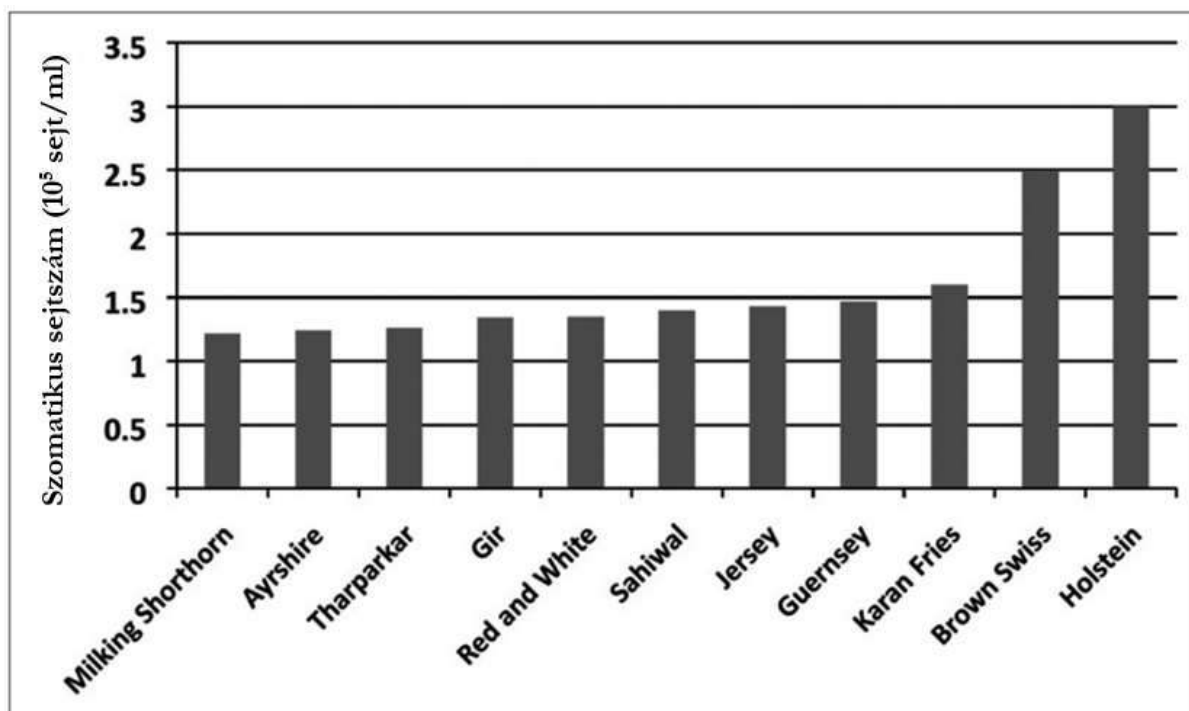
csökkenéséhez vezetnek (SHUSTER et al., 1991). A fertőzött állatok tejében nagyobb a zsír és a fehérje koncentrációja illetve kisebb a cukortartalom. A kisebb tejtermelés miatt ezen paraméterek összes napi mennyisége csökken masztitisz esetében (ALHUSSIEN et al., 2016b; GONÇALVES et al., 2020). A laktóz, legalább 50%-ban felelős a tej ozmotikus viszonyainak a kialakításáért, emiatt a kisebb laktózsint negatív hatást gyakorol a tejtermelésre. A tejcukor-koncentráció csökkenésének hátterében az alveoláris hámsejtek károsodása áll. A laktóz távozik a paracelluláris utakon a káliummal egyetemben. Ezek a paracelluláris utak a masztitisz ideje alatt sokszorozódnak, ezzel növelve a veszteséget is. A laktózzal és káliummal szemben viszont, a vérben nagy mennyiségben jelenlévő nátrium és klorid ion pedig bekerül a tejbe a normál koncentrációjuk sokszorosát elérő mennyiségben (RAMOS et al., 2015).

A tejfehérjét a kazein és a tejsavófehérje alkotja, arányuk 80-20%. Tőgygyulladás idején a fertőzött állatban a tejfehérje-összetétele megváltozik, nő a tejsavófehérje, és csökken az alfa és béta-kazein szintje. A fehérjék arányaiban megmutatkozó változás, egyrészt a szervezetet ért fertőzésre adott védekező válaszreakció illetve az indukálódott tejfehérje hidrolízis következménye (LE MARÉCHAL et al., 2011). További kiváltó tényező az emlőhám átjárhatóságának a növekedése is, amit a baktériumok toxinjai befolyásolnak és módosítanak. A tejmirigy hámrétegének károsodása miatt a vérárammal szállított fehérjék, az egészséges működéstől eltérő módon és eltérő mennyiségben jutnak a tejbe. A tejfehérje mellett a tejszír mennyisége is változik a tőgygyulladás közvetett hatásaként. Fertőzött tőgyű tehenek csökkent zsírtartalmú tejet produkálhatnak a tejmirigy csökkenő szintetikus és szekréciós kapacitása miatt. Ezen túlmenően a szabad zsírsavak koncentrációjának növekedése is megfigyelhető. Ez a leukociták által termelt lipáz és a plazmin enzimek működése miatt kialakuló jelenség a tejben (PETROVSKI, 2006). Egyes, a fertőzés leküzdésében szerepet játszó immunsejtek is rendelkezhetnek lipolitikus és proteolitikus aktivitású enzimekkel. A fertőzést kialakító kórokozók elleni védekezésben és elpusztításukban szerepet játszó enzimek azonban bontják a tejszírt valamint tejfehérjét. A nagy molekulákat bontó enzimek jelenléte és tevékenysége következtében ízhibát valamint romló beltartalmi mutatókat találunk. További káros hatásuk a kifejt tejben is megfigyelhető, annak romlását elindítva (CINAR et al., 2015). Ezek mellett az enzimek mellett még megjelenhetnek olyanok is, melyek nem feltétlen a védekezésben kapnak szerepet, de jelenlétük mindenképpen káros a tejminőség szempontjából. Ilyen a korábban írt, kazeint bontó plazmin is, ami a vérben a vérrögök lebontásában játszik szerepet. A plazmin a plazminogén nevű előanyagból keletkezik. A vérből a tőgyszövet sérült hámján keresztül jut be. A béta-kazeint kisebb darabokra valamint polipeptid fragmentumokra hasítja. Ez súlyos problémát okoz a tej ipari feldolgozása során, mivel gyengébb lesz az alvadás, kisebb a

sajtkihozatal és az ilyen tejből készült tejtermékeknek kesernyés mellékíze lesz (PETROVSKI, 2006).

2.6. Szomatikus sejtszámot alakító egyéb tényezők

A fentebb említett fő kiváltó okok mellett más hatások és tényezők is befolyásolhatják a szomatikus sejtszámot. Az SCC a laktáció egyes szakaszaiban különböző értéket mutat. A tejhozam a laktáció korai szakaszában a legnagyobb majd a laktációs periódus előre haladásával párhuzamosan csökken. A szomatikus sejtszám mennyisége a tejhozammal párhuzamosan alakul, azaz ellés után, a laktáció elején mérhetők a legnagyobb értékek. Majd a későbbiekben az SCC csökkenni kezd (KENNEDY et al., 1982). Az állat kora valamint az ellések száma is befolyásolja a szomatikus sejtszámot. Az elsőborjas tehenekben, melyek tejtermelése elmarad a többször ellett társaiktól, kisebb az SCC (GONCALVES et al., 2018). A szomatikus sejtszám alakulásában az alacsonyabb tejtermelésen kívül szerepet játszik az, hogy a fiatalabb állatok kevésbé fogékonyak a fertőző betegségekre, mivel immunrendszerük hatékonyabban működik. Az idősebb egyedekben a fertőzés hosszabb ideig tart, elhúzódik, nagyobb a szövetkárosodás mértéke (DANG et al., 2014). Az állat kondíciója illetve tömege további befolyásoló tényező. A holstein-fríz fajtában az állat testtömege pozitív korrelációban van a szomatikus sejtszámmal (BERRY et al., 2007). A fajta jelentős szerepet játszik az SCC értékének alakulásában (3. ábra). A nagyhozamú, intenzíven termelő fajtákban (holstein-fríz) nagyobb szomatikus sejtszám mérhető, mint a kisebb hozamot produkálóknak (Jersey). Összehasonlító elemzések (ALHUSSIEN et al., 2016b; ALHUSSIEN - DANG, 2018) eredményei szerint a holstein fríz tehenekben volt a legnagyobb a szomatikus sejtszám (3×10^5 /ml), amit a brown swiss fajta követett ($2,5 \times 10^5$ /ml). A legtöbb vizsgált fajtában az értékek 1 és $1,5 \times 10^5$ sejt/ml tej között változtak. A magas szinten, nagy mennyiséget termelő teheneknek számos stresszhelyzetet kell leküzdeni, immunrendszerük folyamatos terhelésnek van kitéve. A csökkent hatásfokú immunitás következtében a kórokozók könnyebben elszaporodnak, aminek végeredménye a nagyobb szomatikus sejtszám (MUKHERJEE - DANG, 2011.)



3. ábra A szomatikus sejtszám alakulása különböző tejelő típusú szarvasmarhafajták tejében
(Forrás: ALHUSSIEN és DANG, 2018)

A fajta szerint változnak egyes fenotipusos jellemzők mint a tőgy alakja, a bimbók állása, formája és elhelyezkedése. A rövid tőgybimbókkal és nagyobb/szélesebb bimbócsatornával rendelkező fajtákban nagyobb a szomatikus sejtszám (SHARMA et al., 2016).

A környezet markáns hatást gyakorol az SCC-re. A hőmérséklet tekinthető a legfontosabb tényezőnek (BOMBADE et al., 2017). Alapvetően nem csak stresszt okoz, hanem jelentősen megváltoztathatja a takarmányfelvételt is. Meleg és párás viszonyok között nagyobb a fertőző baktériumok felszaporodásának esélye, aminek következtében nő a szomatikus sejtszám a tejben (MORSE et al., 1988). A nagy SCC érték rontja a tej alvadását.

A nagyüzemi termelésben napjainkban kizárólag gépi fejést használunk, ahol a higiéniai feltételek biztosítása alapvető követelmény. Fejés utáni tőgykezelések lépéseinek betartásával és a megfelelő antimikrobiális szerek alkalmazásával elérhető a szomatikus sejtszám csökkenése. A fejési technológia helyes alkalmazásával, a higiéniai előírások betartásával megakadályozhatjuk a fertőző kórokozók átadását állatról állatra (ALHUSSIEN – DANG, 2018).

2.7. A cink szerepe a szomatikus sejtszám csökkentésében

A szomatikus sejtszám megfelelő szinten való tartásához fontos az immun- és antioxidáns rendszert támogató anyagok pontos adagolása és használata. A cink a fentiekben leírtak alapján ezekben a folyamatokban fontos szerepet játszó mikroelem. A szükségletnek megfelelő szintű napi

cinkfelvételre ügyelni kell, ugyanis a szervezet nem képes a cink raktározására. Így tehenekben is különösen fontos, hogy naponta biztosítsuk a takarmánnyal a cink pótlását annak érdekében, hogy elkerülhessünk számos problémát mint például a bőr parakeratózisa, visszamaradt növekedés, valamint fokozott fogékonyság a fertőzésekre (MILLER, 1970). A megfelelő cinkellátás érdekében fontos a napi szükségleti értékek folyamatos nyomon követése, azok módosítása. Az NRC (2001) például az ezredforduló idején az azt megelőző időszakhoz képest 20%-kal növelte a tejelő tehenek Zn-szükségleti értékét.

A napi cinkadag biztosítása különböző takarmány-kiegészítőkkel történhet. Korábbi évtizedekben a cinkkiegészítés szinte kizárólag szervetlen formában történt cink-oxiddal illetve cink-szulfáttal. A felvett különböző vegyületekben lévő cink hasznosulását több tényező befolyásolja, függ az emésztéstől, a felszívódástól valamint az egyes anyagcserefolyamatoktól (IANNI et al., 2020). Kutatások szerint az előbb leírt két szervetlen cinkvegyület szinte teljesen azonos hatást és hasznosulást mutatott kérődző állatokban (SANDOVAL et al., 1997). A szervetlen cinkvegyületekkel összehasonlítva a szerves kötésű cinkkiegészítés etetésekor jobb termelési eredményeket találtak (SPEARS, 1996). A szerves és szervetlen cinkforrások felszívódásában nincs különbség, de az abszorpciót követően jobb a szerves kötésben lévő cink szervezetben való hasznosulása. Megállapították, hogy a szervetlen cinkkiegészítéshez viszonyítva a takarmányukban szerves kötésű cinket kapó állatokban kisebb volt a cink vizelettel történő kiválasztódása. Az eredmény a szerves formában lévő cink nagyobb retencióját jelzi (SPEARS, 1989). A szerves vegyületben lévő cinkkészítmények közül legtöbb kísérletben a Zn-metionin hatását elemezték. A megfelelően hasznosuló cinkforma a bendőben élő mikrobák számára, az általuk termelt enzimek megfelelő szintű aktivitása szempontjából is fontos. Ez utóbbi tényező pedig esszenciális elem a hatékony bendőfermentáció eléréséhez, ami végső soron közvetlen hatást gyakorol a tejtermelésre, a tej összetételére, kémiai és fizikai tulajdonságaira. Ezt az egész folyamatot a szervetlennel összehasonlítva a szerves kötésű cink eredményesebben támogatja (IANNI et al., 2020). A Zn-metionint tartalmazó takarmányt fogyasztott tehenek tejében nagyobb tejtermelés mellett kisebb SCC értéket találtak (KELLOGG et al., 2003). Összehasonlító elemzések alapján nyolc kísérletből négy esetében Zn-metionin alkalmazásakor nagyobb tejtermelést (KELLOGG et al., 1989; AGUILAR - JORDAN, 1990) és kisebb szomatikus sejtszámot találtak (AGUILAR et al., 1988).

További kedvező hatást is megfigyeltek cink adagolásával kapcsolatban. Függetlenül a cinkkiegészítésben használt vegyülettől, cink etetésekor az állatok tejében szignifikánsan nagyobb cinktartalmat mértek, mint a kísérletben résztvevő, kontrollcsoport egyedeiben (SOBHANIRAD et al., 2010).

3. Anyag és módszer

3.1. Kísérlet helyszínének általános bemutatása

Kísérletem helyszíne Sümeg határában a 052/4 helyrajzi szám alatt található János major szarvasmarhatelep volt (4. ábra). A gazdaságban növénytermesztéssel és állattenyésztéssel foglalkoznak. Az utóbbin belül a tejtermelés a meghatározó. A kifejt tej nagyobb részét (naponta 12000 l tej) a Tolnatej Zrt. felé értékesítik, de foglalkoznak tejfeldolgozással is. Az előállított sajtot Sümegtej márkanévvel forgalmazzák. A növénytermesztési ágazat döntően a tehenészet tömeg- és abraktakarmány- valamint alomigényét elégíti ki. A gazdaság takarmánykeverővel, takarmánytárolóval valamint a számos gép tárolására alkalmas épülettel is rendelkezik. Az alomként használatos szalmát nagy méretű körbálák, a takarmányozásra szánt szénát 330 kg-os kockabálák formájában külön-külön fedett helyen tárolják. A gazdaság rendelkezik még egy saját gabonaszárítóval valamint egy hozzá tartozó 4000 tonnás sík gabonátárolóval is.



4. ábra János Major (Forrás: www.sumegtej.hu)

A gazdasághoz mintegy 1000 hektárnyi földterület (700 hektár szántó és 200 hektár gyep) tartozik, amelynek 60%-a saját tulajdon, 40%-ot pedig bérelnék.

Az 1100 egyedből álló tejelő szarvasmarha állományt teljes mértékben Holstein-fríz fajtájú egyedek alkotják. Az állatok kb. kevesebb mint fele (500 tehén) laktál, az üszők száma 230 (160 vemhes + 70 termékenyítés alatt). A telepen még 110 borjú illetve 250 növendék állat található.

3.2. Állatok elhelyezése, termelési csoportok

A telep Holstein fríz állománya kötetlen tartásban, termelésük szerint elkülönítve, két korszerű istállóban található. Az egyik ilyen istállóban egymástól elválasztva a nagytejű illetve kistejű termelési csoportokat tartják (5. ábra). Mindkét részen gumimatrac padozattal ellátott, puha, szitált fűrészporral felszórt párhuzamos pihenőboxos állásokat alakítottak ki gumi fejtámaszokkal. A pihenők új felépítése, a növekvő mélyalmos tartáshoz viszonyítva, jelentős javulást hozott a tőgyegészségügyi mutatókban. A gumi ugyanakkor negatív hatású is, sok kidörzsölést, sebet okoz a lábakon. A pihenő állások mögött található a trágyafolyosó, ahová az ürüléket egy hidraulikus trágyakihúzó szán tolja ki. Az istállóban nagyméretű ventilátorok biztosítják a megfelelő légmozgást és hűtést. Több ponton automata marhakefe szolgálja az állatok jó közérzetét. A tehenek vízellátását saját, folyamatosan és szigorúan vizsgált kútból származó, friss víz biztosítja automata itatókból. Az istálló közepén (etetőút) a takarmánykihordó kocsi önti ki naponta kétszer a takarmányt egy speciálisan kezelt felületre.



5. ábra Nagy tejtermelésű csoport istállója (Forrás: saját)

A másik, 2022-ben átadott istállóban helyezik el a fogadócsoporthoz tartozó állatokat (6. ábra), valamint egy elkülönített részen kap helyet az előkészítő és az ellető (7. ábra). Az istálló technológiai megoldásai (ventilátor, szabályozható oldalfalak, itatórendszer, takarmánykiosztás) azonosak az előzőekben leírtakkal. A fogadó csoportban ugyanakkor vízágyas pihenőboxok valamint speciális, kopásnak jól ellenálló, gumibevonatú, beton rácspadozat található. Az istálló alatt a trágya tárolására beton aknahálózatot építettek ki, amiben több mint fél évnyi trágya tárolható. A beton rácspadozaton annak érdekében, hogy ne tömődjön el és a felület trágyamentes legyen, az állatok között beprogramozott útvonalon takarító robot jár. A robot automatikusan tölti magát az istállón belül, ahol az állatok nem férnek hozzá.



6. ábra Fogadó csoport (Forrás: saját)

Az istálló másik fele két részre oszlik. Egyikben az előkészítő, másikban pedig az ellető található (7. ábra). Ezen részek növekvő almosak, illetve mindegyik részben egy szakaszon trágya kihúzó szán is működik. Itt a betonajzat tömör, és méhsejt nyomott, amire szalma kerül.



7. ábra Az előkészítő és ellető istállórész(Forrás: saját)

A termeléssel összefüggésben kell megemlíteni a rendkívül modern GEA Global 90i, 2x16 paralel állásos fejőházat, amit 2020. novemberében adtak át (8. ábra). A fejést GEA Cow Scout rendszerrel követik nyomon. A teheneket naponta kétszer fejik, reggel 3:30 és 7:30 között, délután pedig 13:30 és 17:30 között. A fejőházhoz tartozik a ventilátorral, illetve vízporlasztó rendszerrel felszerelt gumipadozatú előváró. A teheneket termelési csoportok (frissen ellett egyedek, laktációjuk végén, elapasztás előtt állók (15-25 l tej/nap), illetve a laktációjuk csúcsán lévő nagyfejősök (30-40 l tej/nap)) szerint fejik. Elektromos zsúfolókapu segíti a tehenek betérését a fejőházba. A fejőállásokban a teheneket nyaktranszponder alapján azonosítják, és a fejés során leadott tej mért

adatai a telepirányító rendszerben kerülnek. A fejőgép az alapadatok rögzítése mellett a tej vezetőképességének mérésére is képes.

A gazdaság, hasonlóan a magyarországi tehenészeti telepekhez, a Riska telepirányító rendszert használja. Napra kész információkat (aktuális laktáció adatai, utolsó próbafejés időpontja, leadott tej mennyisége, tejzsír%, tejfehérje%, lezárt laktációk és azok átlagai) kaphatnak az egyedekre vonatkozóan. Ezen kívül nagy segítséget nyújt a telep szaporodásbiológiai (ivari ciklus kiszámolása, nyomon követése, ivarzás-megfigyelés és jelzés, a hormonkezelések dokumentálása, kezelések közt eltelt idő jelzése, tehenek behívása megfelelő időpontban rektális vizsgálatra, megtermékenyítésre) feladatainál.



8. ábra Fejőház és a várakozó (Forrás: saját)

3.3. A termelő állomány jellemzése, a telep tejtermeléssel kapcsolatos adatai

A gazdaságban Holstein-fríz teheneket tartanak. A tejtermelés növelése érdekében különös gondot fordítanak arra, hogy értékes, minősített bikák spermáját használják a mesterséges megtermékenyítéshez. A fő cél az állomány egy vagy több tulajdonságának javítása, a többi gazdaságilag és állategészségileg hasznos tulajdonság rontása nélkül. A legfontosabbnak tartott szelekciós szempont a tejelő jelleg növelése, és a jó tőgyalakulás a gépi fejhetőség miatt. Nagyon fontosak a

stabil, erős lábak, megfelelő állású körmök. Könnyű ellés elősegítésére válogatnak a széles csípőméretre is. A tejösszetételt tekintve a minőségi sajtgyártáshoz szükséges kappa kazeinre történő szelekció is jellemző. A tenyészetben a legújabb szaporodásbiológiai eljárásokat is alkalmazzák, embriómosással és embrióbeültetéssel egyaránt próbálkoznak. A gazdaság ilyen téren jó eredményt ért el, az egyik embrióbeültetésből született tehén első fejése napján több mint 50 liter tejet termelt. A gazdaság az állománnyal részt vesz a Semex cég, DNS genom vizsgálat programjában. A kiválasztott üszőborjakat 16 genomra vizsgálják, és ez alapján történik a szelektálás.

A telepen az állatok átlagos laktációs tejtermelése 10957 liter. A lefejt tej zsírtartalma 4%, fehérjetartalma 3,37%, a tejcukor pedig 4,8%. A napi tejhozam általában 14-16 ezer liter, míg az éves tejtermelés körülbelül 5 millió liter.

3.4. A gazdaság takarmányozási gyakorlata

A tejtermelés megalapozása fiatal korban kezdődik ezért a telepen a borjak takarmányozására már nagy hangsúlyt fektetnek. Az újszülött borjak születésük után az első három napban kétszer 1,5 liter kolosztrumot kapnak naponta. A továbbiakban pedig naponta kétszer adnak öt liter tejpótló tápszer és forralt tej keverékét. Három hetes kortól a tejítatás mellett TMR-t kapnak az állatok. 70 kg súlyban történik a választás, utána a borjúnevelőben csoportos elhelyezésben (9. ábra) kukorica szilázsából, fűszénából, lucernaszénából, abrak (kukorica, árpa, len) és melaszából álló keveréket etetnek.



9. ábra Borjúnevelő (Forrás: saját)

Körülbelül hat hónapos korban az állatok az üszőnevelőbe kerülnek, ahol a korábbi időszakhoz hasonlóan, TMR-t etetnek. A termékenyítést 14 hónapos kor körül végzik, az első ellés az állatok 23-24 hónapos életkorában történik. A tejelő állatokkal abrak és tömegtakarmányból álló TMR-t

etetnek naponta kétszer (10. ábra). Az alkalmazott takarmányadagok összetétele az alábbiakban az 1. táblázatban látható.

1. táblázat A nagytejtermelésű csoportban etetett TMR összetétele

Megnevezés	Mennyiség
Kukorica szilázs	18,0 kg
Abrak ¹	10,2 kg
Olaszperje szenázs	8,0 kg
Sörtörköly	8,0 kg
Lucerna széna	1,5 kg
Rumiflor (Westway Feed Product)	1,5 kg
Réti széna	1,0 kg

¹Abrak összetétele: 48% kukoricadara + 18% árpadara + 12% Aminoplus + 10% extr. napraforgódara + 6% Easylin 100/50 feltárt lenmag + 6% karbamid (75%)

A nagytejű elsőborjas egyedek a fenti adagon túl még 5 kg rozs/olaszperje szenázst és 2,5 kg abrakot is kapnak. Ez utóbbinak összetétele az 1. táblázat alatti jelmagyarázatban olvasható. A közepes és kistejű teheneknél a takarmányadag napi mennyiségét csökkentik, illetve nagyobb tömegtakarmány arányú TMR-t kapnak. A szárazon álló egyedek 10 kg körüli szárazanyagot vesznek fel. A TMR alkotói: kukorica szilázs, rozsszenázs, réti széna, lucerna széna, abrakkeverék (Vitafort Zrt.). Az ellés előtti előkészítő időszak alatt az állatok nagyobb D-vitamin, valamint kisebb Ca-tartalmú adagot (kukorica szilázs, olaszperje/rozs szenázs, réti széna, sörtörköly, abrakkeverék) kapnak.



10. ábra TMR etetése (Forrás: saját)

3.5. Kísérlet bemutatása

A diplomadolgozatom előző fejezeteiben bemutatott János-majori gazdaságban végeztem az etetési kísérletet 2022-ben május és július között. A három hónapot felölelő vizsgálatban a Zincotris® (Technozoo Co, Olaszország) takarmány-kiegészítő (11. ábra) hatását vizsgáltam.



11. ábra Az etetett Zincotris® (Forrás: saját)

A készítmény összetételét a 2. táblázatban ismertetem. Jól látható, hogy 25 g szerves illetve 25 g szervetlen kötésben lévő cinket tartalmaz. Az előállító cég a terméket cinkkiegészítőként forgalmazza, ezért diplomamunkámban is erre a mikroelemre fókuszáltam. Fontos azonban megjegyezni, hogy a cink mellett a Zincotris® kg-onként 500 mg jódot, 50 mg biotint és 40 mg szelént is tartalmaz.

2. táblázat A Zincotris® összetétele (mg/kg készítmény)

Megnevezés	Mennyiség
Metionin-hidroxiát cink kelátjai	139000 mg (25000 mg cink)
Cink-szulfát monohidrát	68500 mg (25000 mg cink)
Nátrium-szelenit	88 mg (40 mg szelén)
Kálium-jodid	655 mg (500 mg jód)
Biotin	50 mg

Kiegészítő adatok a termékről: Kalcium: 1,3%; Foszfor: 0,04%; Nátrium:0,06%; Magnézium: 0,13%; Metionin 5%; Sósavban oldhatatlan hamu 51,7%.

A három hónapig tartó vizsgálat 30 napos szakaszokra oszlott. A kísérlet első hónapjában, májusban, az állatok nem kaptak cink-kiegészítést. A következő hónapban keverték a TMR-be a készítményt eltérő, időben elkülönülő adagban. Tizenöt napon keresztül egyedenként 20 g mennyiségben tették a csoport TMR-jébe majd a hónap hátralévő napjaiban 15 g cinkkiegészítést alkalmaztak. A vizsgálat utolsó szakaszában, a 3. hónapban, ismét kiegészítő nélküli TMR-t kaptak

az állatok. A kísérletben a nagytejtermelésű csoportba tartozó tehenek vettek részt. A Zincotris takarmány-kiegészítőt minden nap, a csoportban lévő létszám szerint mérték ki és keverték a TMR-be. A nagytejtermelésű csoportban etetett adag összetételét korábban, az 1. táblázatban adtam meg. A TMR táplálóanyag- valamint energiatartalmának, illetve a Ca és P mennyiségének számított értékei a 3. táblázatban láthatók.

3. táblázat A kísérletben etetett TMR főbb jellemzőinek számított értékei

Paraméterek	
Szárazanyag, %	49,0
NEI, MJ/kg szárazanyag	7,2
Nyersfehérje, g/kg szárazanyag	177,2
Metabolizálható fehérje g/kg szárazanyag	97,3
Védett fehérje aránya, %	32,9
Nyersrost, g/kg szárazanyag	178,7
ADF, g/kg szárazanyag	211,4
NDF, g/kg szárazanyag	409,7
ADL, g/kg szárazanyag	34,0
Nyerszsír, g/kg szárazanyag	42,2
Nyershamu, g/kg szárazanyag	63,5
Cukor, g/kg szárazanyag	50,8
Keményítő, g/kg szárazanyag	234,3
Tömegtakarmány aránya, %	55,7
Ca, g/kg szárazanyag	7,5
P, g/kg szárazanyag	3,3

A nagytermelésű csoportban lévő tehenek a takarmányt kétszer, késő éjjel, kora hajnalban, illetve a reggeli fejés befejezése után délelőtt 11 órakor kapták meg. Az etetés fekvőcsigás takarmánykiosztó kocsival történt.

A kiértékelésbe azon egyedek havi befejési adatait vettem figyelembe, melyek a három hónapig tartó időszakban végig a nagytejtermelésű csoportban voltak, illetve már többet elettek. Ennek megfelelően az elsőborjas tehenek adatai nem kerültek be az értékelésbe. Így, összesen 118 állat tejmintáját értékeltem. A befejés során vett mintákat akkreditált laborban az ÁT Kft. (Állattenyésztési Teljesítményvizsgáló Kft., Gödöllő) vizsgálta.

A kísérlet kiértékelésének statisztikai elemzése két lépésben történt. Elsőként az egyes időszakokat hasonlítottam össze. Ez azt jelentette, hogy a 118 egyedből álló csoport cinkkiegészítés előtti időszakához viszonyítva értékeltem milyen változás található a készítmény etetésekor, illetve a harmadik, kiegészítés nélküli TMR etetésekor. A kiértékelésbe az egyes tejparaméterek (SCC mellet a termelt tej mennyisége, valamint a tej zsír- fehérje- és cukortartalma) mért értékeit vontam be. A kapott eredményeket egytényezős varianciaanalízissel és páros T-próbával vizsgáltam SPSS 22.0 for

Windows (IBM Corp., Armonk, NY, USA) program segítségével. Szignifikáns eltérésnek a $P < 0,05$ értéket tekintettem, tendenciaszerű változásnak a $P < 0,1$ alatti szintet jelöltem. A kiértékelés következő lépéseként megegyező program és művelet segítségével, a kiugró szomatikus sejtszámmal rendelkező állatokat külön elemeztem, mivel ezen teheneknél különösen fontos lehet a cinkkiegészítés SCC-t csökkentő hatása. Azokat az állatokat választottam ki, melyek SCC értéke az első szakaszban 500 ezer/ml tej feletti volt. Tizenhat ilyen tehenet találtam, ami a vizsgált állomány 14%-a volt. Ebben az elemzésben a termelt tej mennyisége mellett a SCC-re fókuszáltam a készítmény esetleges pozitív hatásának igazolására. Feltételeztem, hogy a magas szomatikus értékekkel rendelkező tehenekben, hangsúlyosabb és kimutathatóbb lehet a cink hatása.

4. Vizsgálati eredmények és értékelésük

4.1. A vizsgálatba vont tehenek tejtermelése és tejparaméterei a három hónapos időszakban

Diplomadolgozatom ezen fejezetében először szeretném megadni a teljesség igényével a vizsgálat összes eredményét, majd a főbb paraméterek szerint csoportosítva külön alfejezetekben elemezném a kapott értékeket. A vizsgálat teljes időszakában a három alkalommal gyűjtött tej analizált adatait a 4. táblázatban foglaltam össze.

4. táblázat A vizsgálat három időpontjában gyűjtött tejminták egyes paramétereinek értékei

	Szomatikus sejtszám x 10^3 sejt/ml tej	Termelt tej kg/nap	Tejzsír %	Tejcukor %	Tejfehérje %
Első szakasz ¹					
Átlag	329	35,8	4,22	4,90	3,32
SEM ⁴	82	0,9	0,06	0,02	0,03
Második szakasz ²					
Átlag	289	36,2	4,14	4,85	3,41
SEM	42	0,8	0,05	0,02	0,03
Harmadik szakasz ³					
Átlag	316	34,9	4,21	4,84	3,45
SEM	52	0,9	0,04	0,02	0,03

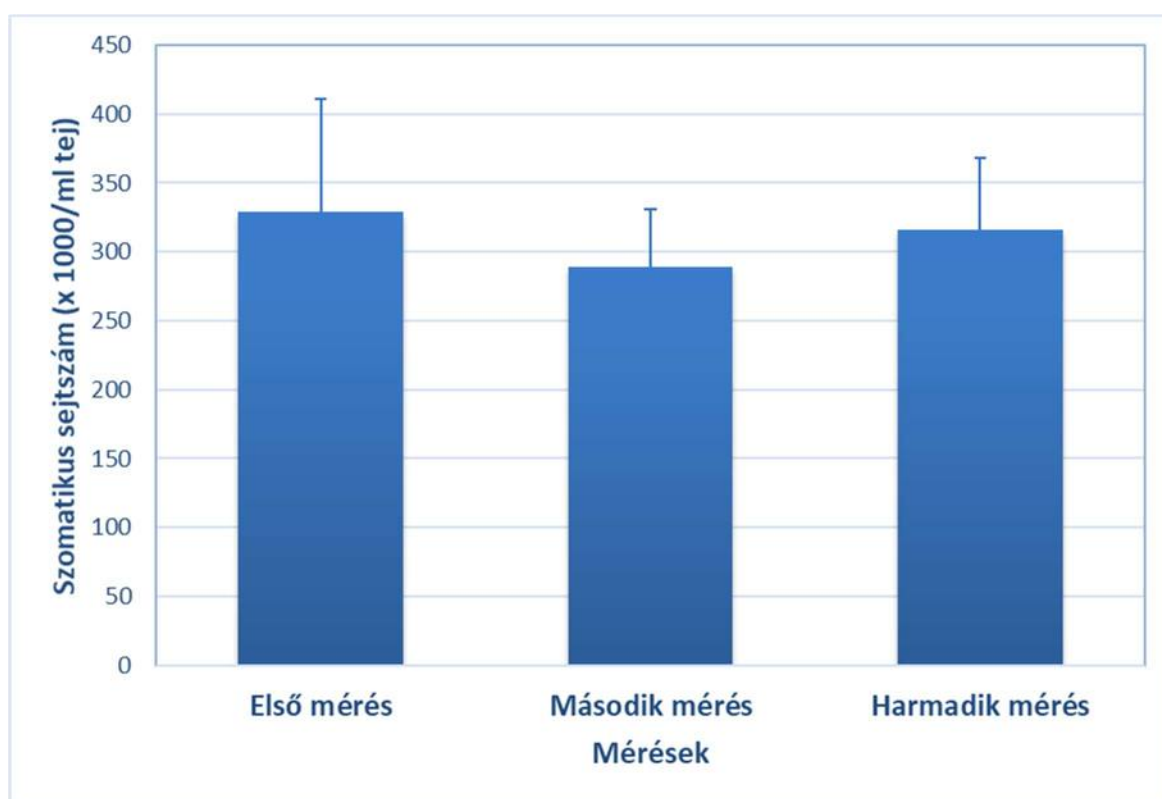
¹30 napos időszakban Zincotris® készítményt nem kaptak az állatok; ²Következő 30 napig tartó szakaszban 15 napig 20 g Zincotris®/tehen majd 15 napon át 15 g Zincotris®/tehen adagolása; ³Utolsó 30 napos időszakban nem kaptak a tehenek Zincotris® készítményt; ⁴standard error of mean.

Megadtam a 118 tehen tejének vizsgált paramétereinek átlagát valamint az átlag szórását (SEM standard error of mean). Az első, kiegészítés nélküli időszakhoz viszonyítva az egy hónapig tartó

Zincotris[®] terméket tartalmazó TMR felvétele nem idézett elő szignifikáns változást a tej mennyiségében, a tej zsír-, fehérje valamint cukortartalmában illetve az SCC értékében. A kísérlet végén, egy hónapos kiegészítésmentes időszakot követően a befejezőkor gyűjtött tejminták egyik paraméterében sem találtam szignifikáns eltérést az első és második időszakhoz viszonyítva sem.

4.2. A tej szomatikus sejtszámának alakulása

Az adatok elemzéséhez, azok kiértékeléséhez a vizsgált paraméterek egyes mérési időpontokban mutatott változását grafikonon ábrázoltam. A 12. ábra a szomatikus sejtszám alakulását mutatja.



12. ábra A szomatikus sejtszám alakulása a kísérletben (n=118)

A tőgygyulladás előfordulását, annak súlyosságát jelző paramétert, a szomatikus sejtszámot a cinkkiegészítés nem befolyásolta. A vizsgált 118 tehén tejmintáiban nem találtam szignifikáns különbséget az egyes időpontok között. Ha a 12. ábrát illetve a 4. táblázat erre vonatkozó adatait megnézzük kitűnik, hogy az SCC abszolút értéke az első méréskor volt a legnagyobb (329 ezer/ml tej), ami a cinkkiegészítés etetésének végén 289 ezerre csökkent. A vizsgálat befejezésekor ismét emelkedett, de az első mérési pont átlagértékét nem érte el, 316000/ml tej volt.

Talált eredményeim megerősítik SPAIN et al. (1993) korábbi kísérletének adatait. A szerzők cinkkelát etetésékor nem találtak változást az SCC értékében. Más irodalmi források szerint

ugyanakkor a cink csökkenti az SCC-t. Így például KELLOG et al. (2004) naponta 360-400 mg cink-metionin kiegészítést adtak tejelő teheneknek és a szomatikus sejtszám ml-enkénti értéke 296×10^3 -ról 196×10^3 -ra csökkent ($P < 0,01$), azaz több mint 33%-kal. Hasonló eredményről számoltak be IANNI et al. (2020). Kísérletükben 56 napon át 60 mg ZnO-t etettek tejelő tehenekkel, ami állatonként napi 39 mg cinkkiegészítést jelentett. A cink szervetlen formája szignifikánsan csökkentette az SCC-t, 421×10^3 sejt/ml-ről 234×10^3 sejt/ml-re. A szerzők kísérleti eredményeik magyarázataként a cink és az immunrendszer működése közötti pozitív korrelációt említik. A tőgyszövetben a nagyobb cinkkoncentráció kedvezően befolyásolja a helyi védekező rendszer egyes elemeit, így csökken a tejben a szomatikus sejtek ürülése.

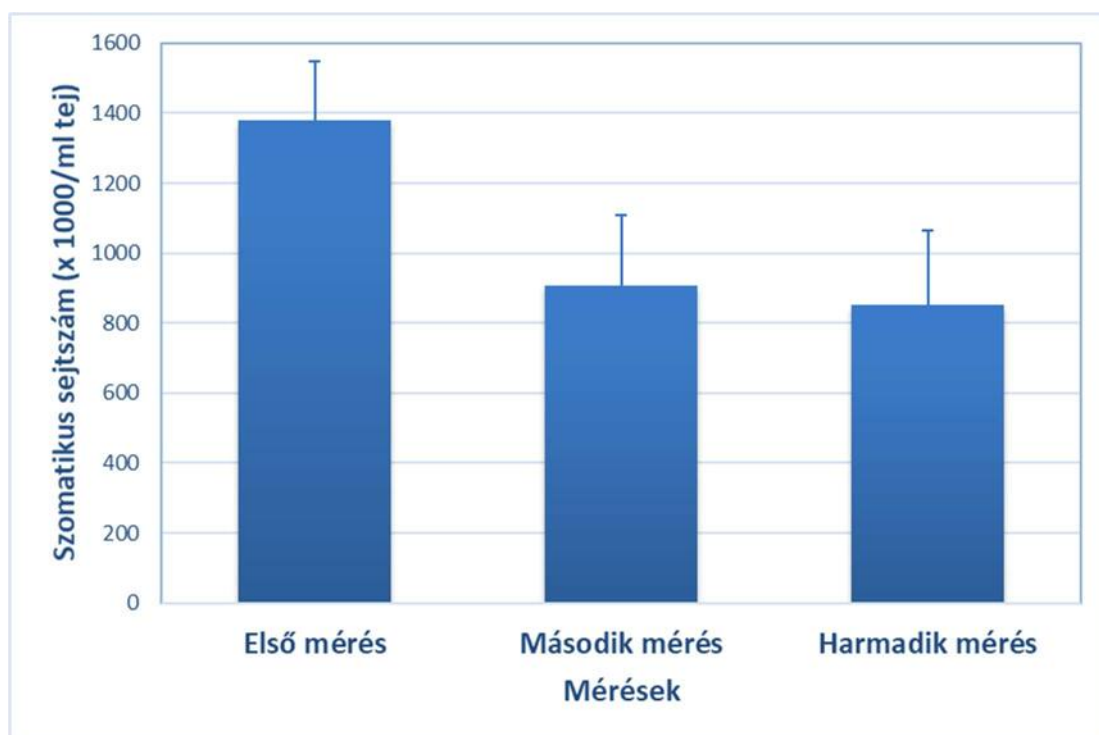
Az irodalmi adatokat elemezve vetődött fel, hogy a 118 vizsgált tehen adataiból érdemes lenne kivenni azokat az egyedeket, melyek SCC értéke az első mintavételkor 500×10^3 sejt/ml-nél nagyobb volt. Érdekes lenne megnézni manifesztálódó masztitisz esetében a cink gyakorol-e pozitív hatást a tőgyszövetre, csökkenti-e a szomatikus sejtek ürülését. Azért választottam az előbbi mennyiséget határértéknek, mivel az ennél nagyobb sejtszám a nem megfelelő tőgyhigiénéire és leggyakrabban tőgygyulladásra utal. A vizsgált állomány 14%-a, azaz 16 tehen esetében találtam ilyen nagy SCC értéket. Ezen tehenek adatait az 5. táblázatban összegeztem. Az SCC mellett a termelt tej mennyiségét is feltüntettem, mivel értékelni szerettem volna azt a korábbi megfigyelést, hogy a nagyobb SCC negatív hatást gyakorol a tejtermelésre.

5. táblázat Az 500×10^3 sejt/ml-nél nagyobb szomatikus sejtszámú tejet ürítő állatok adatai (16 tehen)

	Szomatikus sejtszám $\times 10^3$ sejt /ml tej	Termelt tej kg/nap
Első szakasz ¹		
Átlag	1380 ^a	37,7
SEM ⁴	167	2,3
Második szakasz ²		
Átlag	907 ^a	38,7
SEM	203	1,8
Harmadik szakasz ³		
Átlag	853 ^a	35,5
SEM	210	1,9

¹30 napos időszakban Zincotris® készítményt nem kaptak az állatok; ²Következő 30 napig tartó szakaszban 15 napig 20 g Zincotris®/tehen majd 15 napon át 15 g Zincotris®/tehen adagolása; ³Utolsó 30 napos időszakban nem kaptak a tehenek Zincotris® készítményt; ⁴standard error of mean; ^aP értékek az 1. és 2. időpont között $P \leq 0,097$ illetve 1. és 3. időpont között $P \leq 0,072$.

A cinkkiegészítés hatása a nagy SCC értékkel rendelkező és valószínűleg tőgygyulladásos tehenekben kifejezettebb volt. Jól lehet itt sem találtam szignifikáns változást (P értékek 0,05%-nál nagyobbak voltak, de nem érték el a 0,1%-ot), de ahogy az 5. táblázatban valamint a 13. ábrán is látszik az SCC abszolút értékei a Zincotris® etetés végén vett tejmintákban 34%-kal, illetve a teljes vizsgálati szakasz befejezésekor 38%-kal volt kisebb az első szakaszban gyűjtött tejmintákhoz viszonyítva.



13. ábra A nagy szomatikus sejtszámmal rendelkező tehenek SCC értékei (n=16)

A 16 tehen által termelt tej mennyisége nem mutatott szignifikáns különbséget, a kisebb SCC mellett nem volt nagyobb ezen állatok tejtermelése. Más szerzők (KELLOG et al., 2004) összefüggést találtak a tejtermelés és az SCC között. A kísérlet eredményei igazolták, hogy a szerves formában etetett Zn a szomatikus sejtszámot csökkentve, egészségesebb tőgyszövettel javítja a tehenek tejtermelését.

Korábbi vizsgálat eredményei szerint a szerves kelátkötésben lévő cink csökkenti az SCC-t nagy tejtermelésű tehenekben, markáns hatással a kimagaslóan nagy kezdeti értékkel rendelkező egyedekben. Például azon állományokban, ahol az átlagos szomatikus sejtszám meghaladta a 400×10^3 sejt/ml értéket napi 2,5 g cinkproteinát adagolásakor megközelítőleg 100 ezerrel csökkent az SCC (HANSEN, 1992). Vizsgálatomban a kiválasztott 16 egyed tejmintájában az SCC jóval meghaladta (több mint háromszorosa volt) az idézett szerző munkájában található sejtszámot. Az adagolt Zincotris-ben található szerves és szervetlen kötésben lévő cinkkel több mint 30%

csökkenést érhettem el, ami jól lehet a nagy egyedi eltérések miatt, nem jelent szignifikáns különbséget, de figyelemre méltó eredménynek tekinthető. Érdekes még arra is kitérni, hogy a 118 vizsgált egyedből mindössze 16 olyan tehén volt, amelynek az SCC értéke meghaladta az 500×10^3 sejt/ml-t, ami kedvező aránynak tekinthető. Ez megfelelő tőgyhigiéniai állapotot jelez, amire több magyarázat is lehet. Egyik oka a diplomamunkám korábbi részében, az istállók technológiai rendszerénél leírt elemek. Az istálló pihenőboxait hetente kétszer fertőtlenítik. Ezzel biztosítják a tőggyel érintkező felület alacsony csíraszámát. A modern fejőház illetve a napi fejéseknél dolgozó szakképzett munkaerő megfelelő technológiai fegyelme ugyancsak segítik az SCC értékének alacsony szinten való tartását. További magyarázat lehet a gazdaság jól alkalmazott takarmányozási programja, nevezetesen a tehenek a TMR-ben adagolt premix-szel megkapják a szükségletüknek megfelelő napi cinkadagot, ami elegendő a tőgymirigy epitelsejtjeinek megfelelő működéséhez. A plusz kiegészítésnek, a cinkszükségletének megfelelően ellátott állatban, nincs jelentős hatása. Ezt támasztja alá RABIEE et al. (2010) által elvégzett metanalízisből levont következtetése is. Idézett szerzők lehetségesnek tartják, hogy a kontrolltápok nyomelem koncentrációja megfelelő szintet jelent az SCC csökkentéséhez.

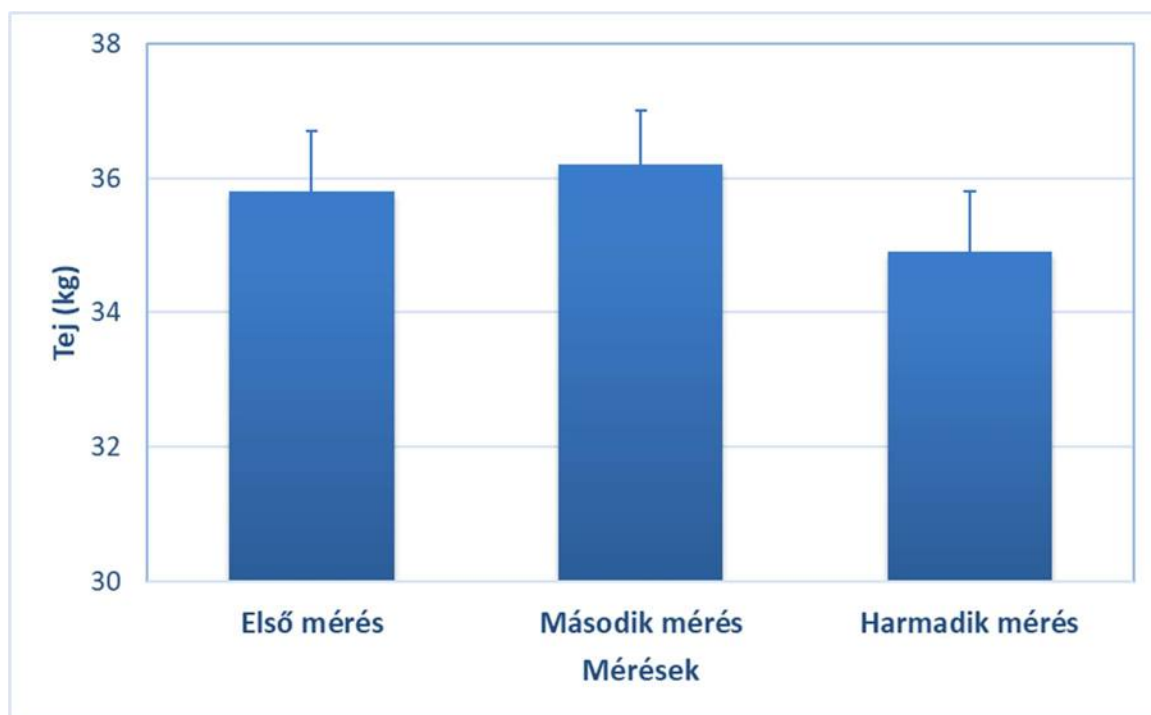
Fontosnak tartom itt, a tejelő tehenek Zn-szükségletét érintő témánál megjegyezni, hogy ezt az USA-ban, más elemeket valamint a vitaminokat is beleértve, állandóan felülvizsgálják és újraértékelik. Így a tejelő tehenekre vonatkozóan a legújabb ajánlás (NASEM, 2021) megnövelte a cinkszükséglet értékét. Egyrészt egyenletet fejlesztettek ki a felszívódott Zn létfenntartáshoz szükséges mennyiségének becslésére. Az így kapott értékek meghaladják az NRC (2001) kiadványában szereplő mennyiséget. Ezen kívül a kutatók a bélsárral ürülő endogén eredetű Zn-veszteség értékét módosították. Ennek következtében változott a Zn bélbeli felszívódási együtthatója. A napi Zn-szükséglet mennyisége 10-15%-kal nagyobb lett az üszők, a szárazonálló illetve tejtermelő tehenek esetében a 20 évvel korábbi NRC (2001) ajánláshoz viszonyítva.

A humán medicina mellett az állatgyógyászat is különös figyelmet fordít a Zn-t tartalmazó kiegészítők fejlesztésére annak érdekében, hogy az állatok számára elegendő mennyiségű cinket biztosítsanak. Ismert, hogy a takarmánnyal felvett Zn hasznosítását több tényező befolyásolja, úgy mint az emésztés, a felszívódás illetve az anyagcsere. E téren fontos eredményeket értek el, azonosították a folyamatokban résztvevő Zn transzportereket valamint tisztázták a szabad Zn-ionok szerepét, ami új ismeretekkel gazdagította a Zn anyagcseréjének és homeosztázisának megértését (MIR et al., 2018). A Zn transzportereknél két csoportot azonosítottak. Az egyik, a ZnT/SLC30A a cinket a citoplazmából szállítja az extracelluláris térbe, a másik pedig a ZiP/SLC39A az előzővel ellentétes irányba, a citoplazmába viszi a cinket (HARA et al., 2017).

Kérődzőkben jelentős mennyiségű Zn szívódhat fel a bendőből, mértékét a vegyület kémiai tulajdonsága, a cink koncentrációja, illetve a takarmány bendőbeli tartózkodási ideje befolyásolja (WRIGHT – SPEARS, 2004). Báránnyokkal végzett vizsgálatok eredményei szerint nincs különbség a Zn-szulfát és a Zn-oxid biológiai hasznosulása között (KEGLEY – SPEARS, 1992; SANDOVAL et al., 1997), és bár a hatásmechanizmus nem egyértelmű, a kutatások szerint a szerves vegyületben lévő cinkkel összehasonlítva, a Zn egyes szerves formáival kiegészített takarmány javíthatja az állatok termelését (SPEARS, 1996). Cinkhiányban szenvedő báránnyokban a cink látszólagos felszívódása hasonló volt Zn-metionin illetve Zn-oxid etetésekor. Ugyanakkor csökkent a vizelettel ürülő cink mennyisége a Zn-metioninnal etetett báránnyokban, ami fokozott cinkretencióra utal (SPEARS, 1989).

4.3. A napi laktációs teljesítmény alakulása

A Zn-kiegészítés alkalmazása nem befolyásolta a tejtermelést (14. ábra).



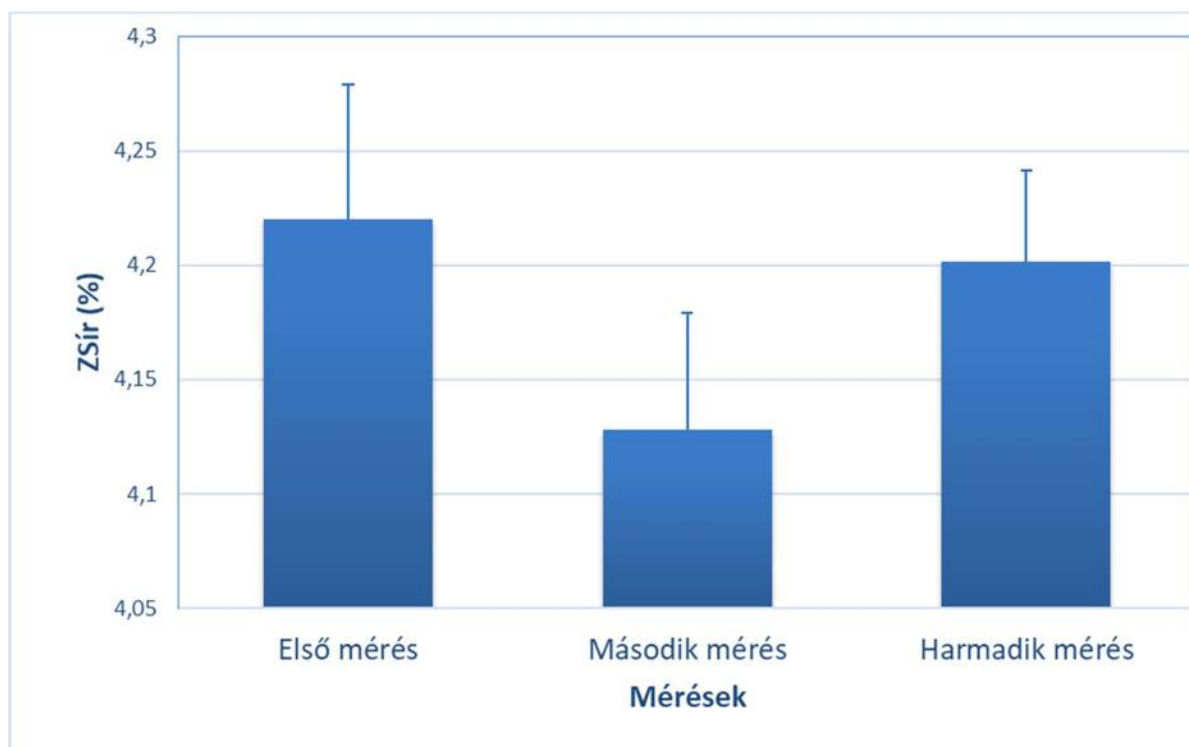
14. ábra A kísérlet három időpontjában termelt napi tejmennyiség (n=118)

Az első szakaszhoz (nincs Zn etetés) viszonyítva a 2. mérésnél a naponta termelt tej mennyisége nem mutatott szignifikáns eltérést (37,7 kg/nap, illetve 38,7 kg/nap). Nem egyértelmű a cinketetés tejelő tehenek tejtermelésére gyakorolt hatása. Erre vonatkozóan az irodalomban egymásnak ellentmondó eredményeket találunk. Zn-kiegészítésként cinkszulfátot használva 1 g Zn/kg szárazanyag mennyiségben etetve a tejtermelésben nem találtak különbséget (MILLER et al., 1989).

Más szerzők Zn-metionin (SPEARS, 1996; KELLOG et al., 2004) vagy Zn-lizin (KINCAID – CRONRATH, 1993) etetésekor nagyobb tejtermelést figyeltek meg. Ezzel szemben CAMPBELL et al. (1999) a cink szerves formáját etetve nem talált változást a napi tej mennyiségében.

4.4. A tejben mért főbb tápanyagok koncentrációjának változása

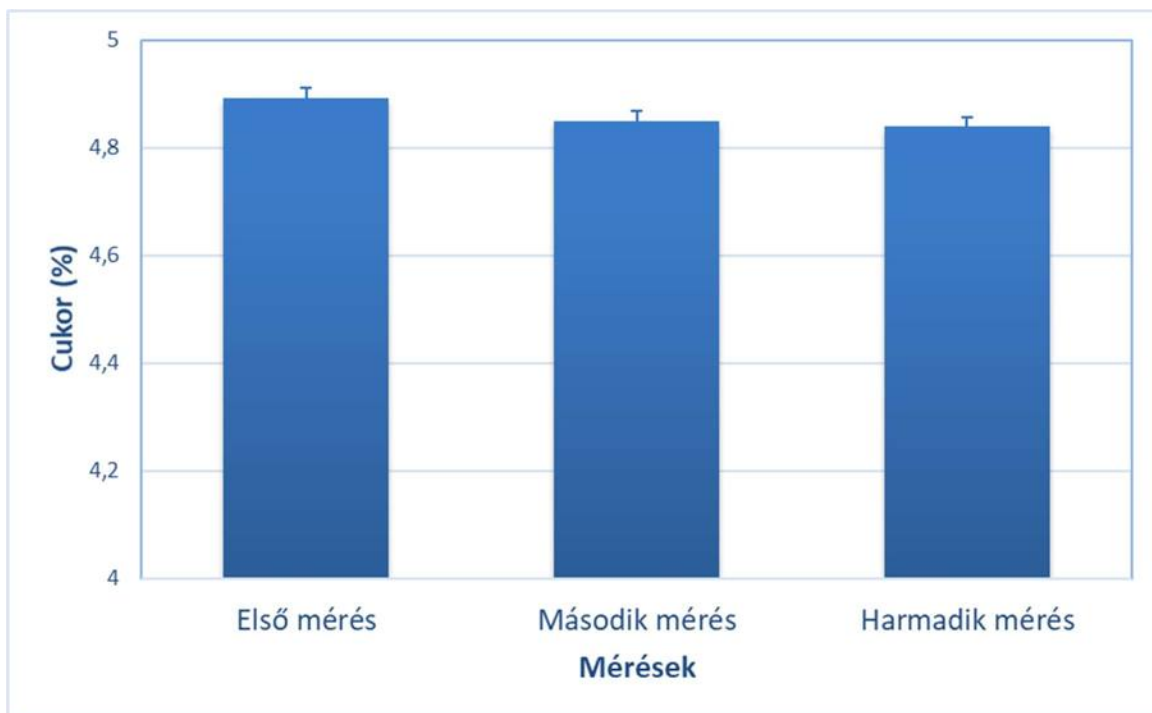
A nagy tejtermelésű tehenekkel végzett telepi kísérletben a 30 napig tartó cinkadagolás nem befolyásolta a tej összetételét. A tej zsír-, cukor illetve fehérjetartalma az egyes mérési időszakokban nem mutatott szignifikáns különbséget (15. - 17. ábra).



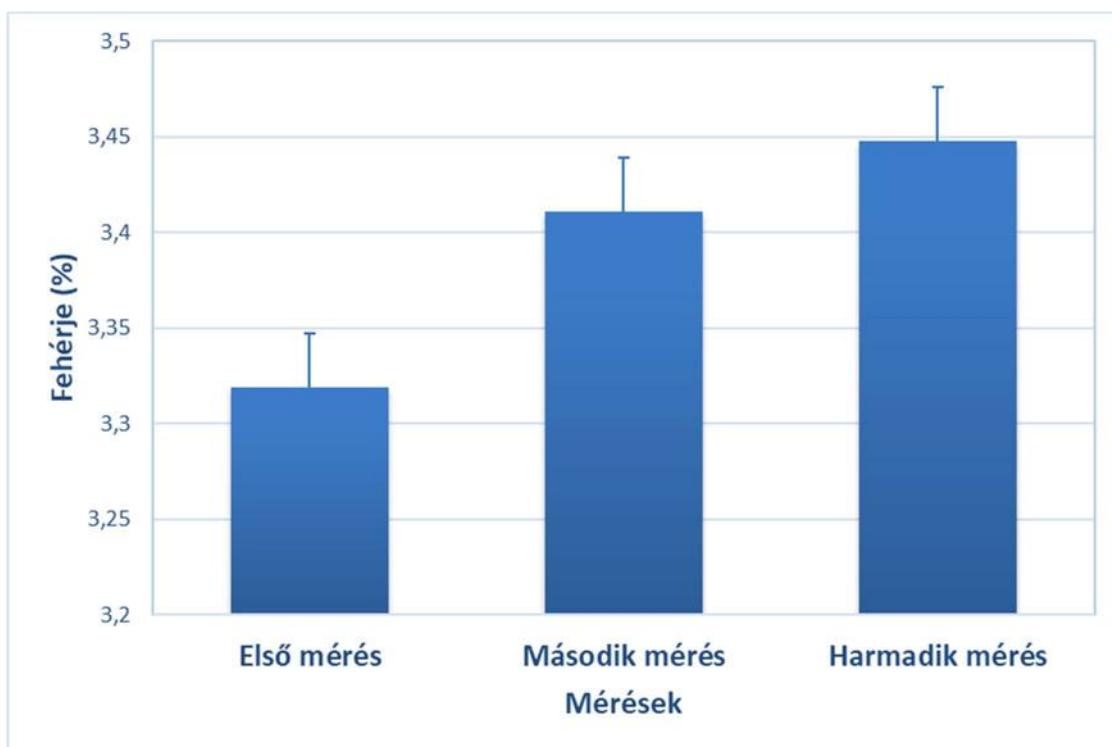
15. ábra A tejszírtartalom alakulása a kísérletben (n=118)

A vizsgálati eredményeim megegyeznek COPE et al. (2009) adataival. Idézett szerzők a kísérlet során 14 héten keresztül szerves Zn-kelátot és szervetlen Zn-oxidot etettek holstein fríz tehenekkel. Összesen naponta 600 mg cink-kiegészítést kaptak az állatok, ami nem idézett elő változást a tej fő összetevőiben.

Hasonló eredményt publikált YANG et al. (2007). A kísérletben különböző mennyiségben alkalmazták a cink-kiegészítést (40 mg/kg és 80 mg/kg szárazanyag). A kontrollcsoporthoz viszonyítva nem találtak eltérést a tej zsír-, fehérje illetve cukor koncentrációjában. Későbbi vizsgálatban IANNI et al. (2020) eredményei is megerősítették ezen adatokat. Cinkoxid etetése (60 mg/nap) nem befolyásolta tejösszetételt.



16. ábra A tejcukortartalom alakulása a kísérletben (n=118)



17. ábra A tej fehérjetartalmának alakulása a kísérletben (n=118)

5. Következtetések, javaslatok

A cinkkiegészítésként használt készítmény 30 napos etetése nem befolyásolta a tejtermelést, a tej összetételét. A vizsgálat ugyanakkor kimutatta, hogy a nagy szomatikus sejtszámmal rendelkező egyedekben a készítmény a benne lévő komponensekkel a tőgygyulladás jelenlétét mutató paraméter értékét csökkenti. Érdeemes lehet a telepeken erre különös figyelmet fordítani. Kiválogatni a befejeési eredmények valamint a tőgyvizsgálatok alapján a masztitisz enyhébb illetve súlyosabb tüneteit mutató egyedeket és azoknak célzottan adagolni a cinkkiegészítést.

Diplomamunkámban a nagytejtermelésű tehenek termeléssel kapcsolatos problémáinak csak egy szűk területét vizsgáltam. Ugyanakkor a cink alkalmazásának tejtermelő állományokban még számos tisztázatlan területe van. A tőgygyulladásra kívül véleményem szerint a cink sántaság megelőzésére gyakorolt hatását is érdemes lenne tanulmányozni. A cink keratinizációs folyamatokban betöltött szerepének igazolására újabb vizsgálatot lehetne beállítani. Másik fontos kísérleti területnek tartom annak tanulmányozását, vajon a cinkkiegészítés a tej cinktartalmát növeli-e. E kérdésnek komoly humán egészségügyi vetülete van, ugyanis több mint 2 milliárd ember esetében elégtelen cinkfelvételt állapítottak meg. A hosszú ideig tartó cinkhiány következtében súlyos betegségek (növekedés visszamaradás a prepubertális korban, fertőzéssel szembeni ellenállóképesség csökkenése) alakulhatnak ki. A tej illetve a belőle készült termékek cinktartalmának növelése hatásos eszköz lehet az emberek, és különösen a gyermekek cinkhiányának leküzdésében.

6. Összefoglalás

A tejtermelés a magyar mezőgazdaság egyik meghatározó ágazata, az élelmiszeripari termelés több mint 10%-át adja. Az EU teljes tejtermelésének valamivel több, mint 1,2%-át Magyarország teszi ki. Ezzel a mutatókkal Magyarország az EU tagállamai között a 8. helyet foglalja el, amire büszkék lehetünk. A kiváló eredmény hátterében a holstein-fríz állomány folyamatos genetikai szelekciója, illetve a magyar-tarka tehenek növekvő teljesítménye áll. A tejtermelés növekedése következtében egyre több egyedben alakul ki tőgygyulladás (masztitisz). A mikroelemek között a cink meghatározó szerepet játszik a tőgyegészség fenntartásában. A cinknek fontos szerepe van a bimbócsatorna keratinizáltságában így megakadályozhatjuk a kórokozók bejutását a tőgybe. Azok az állatok, amik megfelelő cinkkiegészítést kapnak, ellenállóbbak a tőgyfertőzésekkel szemben, a tejben kisebb a szomatikus sejtszám (somatic cell count, SCC). Diplomamunkámban a cinknek ezen hatását vizsgáltam, tejelő Holstein-fríz állományban, a Sümeg melletti, János-major gazdaságban 118 db állattal. Célom annak megállapítása volt, hogy a nagy tejtermelésű tehenekkel etetett szerves illetve szervesetlen kötésben lévő cinket egyaránt tartalmazó takarmány-kiegészítő (Zincotris®, Technozoo Co, Olaszország) milyen hatást gyakorol a szomatikus sejtszámmra. A három hónapig tartó vizsgálat 30 napos szakaszokra oszlott. A kísérlet első hónapjában, az állatok nem kaptak cinkkiegészítést. A következő hónapban keverték a TMR-be a készítményt (15 nap 20 g/tehen, 15 nap 15 g/tehen). A vizsgálat utolsó szakaszában ismét kiegészítő nélküli TMR-t kaptak az állatok. A kiegészítés nélküli időszakokhoz viszonyítva az egy hónapig tartó Zincotris® terméket tartalmazó TMR felvétele nem idézett elő szignifikáns változást a tej mennyiségében, a tej zsír-, fehérje- valamint cukortartalmában illetve az SCC értékében. A vizsgált állomány 14%-a, azaz 16 tehen esetében találtam nagy SCC értéket (500 x 103 sejt/ml), ahol a cinkkiegészítés hatása kifejezettebb volt. Jól lehet itt sem volt szignifikáns változás, de az SCC abszolút értékei a Zincotris® etetés végén vett tejmintákban 34%-kal, illetve a teljes vizsgálati szakasz befejezésekor 38%-kal volt kisebb az első szakaszban gyűjtött tejmintákhoz viszonyítva. Emiatt, érdemes lehet a telepeken erre különös figyelmet fordítani. Kiválogatni a befejeési eredmények valamint a tőgyvizsgálatok alapján a masztitisz enyhébb illetve súlyosabb tüneteit mutató egyedeket és azoknak célzottan adagolni a cinkkiegészítést. Véleményem szerint így lehetne biztosan kimutatható eredményt elérni.

Köszönetnyilvánítás

Ezúton szeretnék köszönetet mondani legelsőként témavezetőmnek, Fébel Hedvig professzorasszonynak, aki szakértelmével rengeteget segített. Konzultációink, megbeszéléseink alatt mindig rengeteg tanáccsal és iránymutatással látott el. Elengedhetetlenül nagy segítséget nyújtott minden esetben, a legnagyobb problémák között is. Bármikor fordulhattam hozzá segítségért. Dolgozatom nélküle nem jöhetett volna létre!

Továbbá hálával tartozom Dr. Dubleczy Károlynak és Dr. Such Nikolettának, akik szintén hatalmas segítséget nyújtottak nekem a tanszéken. Mindig fogadtak, ha kérdésem volt és segítettek, ahogyan csak tudtak.

Külön köszönöm páromnak, Majer Nikolettának és családomnak, hogy folyamatosan támogattak és segítettek ezalatt az időszak alatt.

Továbbiakban nagyon hálás vagyok a gazdaság tulajdonosának, Tóth Tamásnak a bizalmáért és türelméért, aki lehetővé tette a gazdaságában való diplomamunkát. Nagyon köszönöm a sok ismeretet és tapasztalatot, amiket megosztott velem. A gazdaságban tanulakért pedig nagyon hálás vagyok továbbá, Bujtor Róbertnek, a szaporodásbiológiai ismeretekért, Papp Ferencnek, a gazdaságirányítási ismeretekért, Tóth Attilának, aki a legelső pillanattól fogva segítségemre állt mindig, és számomra, sok érdekes dolgot mutatott meg takarmányozás terén. Nagyon köszönöm Dr. Tóth Csongornak, aki munkája során bemutatta nekem milyen is egy gazdaságban az állategészségügy menedzselése. Valamint, köszönöm a konzultációkat és a segítséget a Technozoo képviselőjében Kiss Tünde Ritának és Nicola Penzonak.

Köszönöm mindenkinek!

7. A szakirodalom jegyzéke

- ABEBE, R. – HATIYA, H. – ABERA, M. – MEGERSA, B. – ASMARE, K. (2016): Bovine mastitis: prevalence, risk factors and isolation of *Staphylococcus aureus* in dairy herds at Hawassa milk shed, South Ethiopia. BMC Veterinary Research, 12: 270.
- AGUILAR, A. A. – JORDAN, D. C. (1990): Effects of zinc methionine supplementation in high producing Holstein cows early in lactation. 29th Annual Meeting, Louisville, KY. National Mastitis Council, Arlington, VA. p. 187.
- AGUILAR, A. A. KUJAWA, M. - OLSON, J. D. (1988): Zinc methionine supplementation in lactating dairy cows. 27th Annual Meeting National Mastitis Council, Reno, NV. National Mastitis Council, Arlington, VA. p. 119.
- ALHUSSIEN, M. – DANG, A. K. (2018): Milk somatic cells, factors influencing their release, future prospects, and practical utility in dairy animals: An overview. Veterinary World, 11: 562-577.
- ALHUSSIEN, M. – MANJARI, P. – MOHHAMAED, S. – SHEIKH, A. A. – REDDI, S. – DIXIT, S. – DANG, A. K. (2016a): Incidence of mastitis and activity of milk neutrophils in Tharparkar cows reared under semi-arid conditions. Tropical Animal Health and Production, 48: 1291–1295.
- ALHUSSIEN, M. – MANJARI, P. – SHEIKH, A. A. – SEMAN, S. M. – REDDI, S. – MOHANTY, A. K. – DANG, A. K. (2016b): Immunological attributes of blood and milk neutrophils isolated from crossbred cows during different physiological conditions. Czech Journal of Animal Science, 61: 223–231.
- ALNAKIP, E. M. – QUINTELA-BALUJ, M. – BÖHM, K. – FERNANDEZ-NO, I. – CAAMANO-ANTELO, S. – CALO-MATA, P. – BARROS VELÁZQUEZ, J. (2014): The immunology of mammary gland of dairy ruminants between healthy and inflammatory conditions. Journal of Veterinary Medicine, 2014: Article ID 659801
- ANDIEU, S. (2008): Is the role for organic trace element supplements in transition cow health? Veterinary Journal, 176: 77-83.
- BENITES, N. R. – GUERRA, J. R. – MELVILLE, P. A. – DA COSTA, E. O. (2002): Aetiology and histopathology of bovine mastitis of spontaneous occurrence. Journal of Veterinary Medicine, 49: 366-370.
- BERRY, D. P. – LEE, J. M. – MACDONALD, K. A. – STAFFORD, K. – MATTHEWS, L. – ROCHE, J. R. (2007): Associations among body condition score, body weight, somatic cell count, and clinical mastitis in seasonally calving dairy cattle. Journal of Dairy Science, 90: 637-648.
- BOMBADE, K. - KAMBOJ, A. – ALHUSSIEN, M. N. – MOHANTY, A. K. – DANG, A. K. (2017): Diurnal variation of milk somatic and differential leukocyte counts of Murrah buffaloes as

influenced by different milk fractions, seasons and parities. *Biological Rhythm Research*, 49: 151-163.

BOTARO, B. G. – CORTINHAS, C. S. – DIBBERN, A. G. – e SILVA, L. F. – BENITES, N. R. – DOS SANTOS, M. V. (2015): *Staphylococcus aureus* intramammary infection affects milk yield and SCC of dairy cows. *Tropical Animal Health and Production*, 47: 61–66.

BOUTINAUD, M. – JAMMES, H. (2002): Potential uses of milk epithelial cells: A review. *Reproduction Nutrition Development*, 42: 133–147.

BRAMLEY, A. J. (1982): Sources of *Streptococcus uberis* in the dairy herd. I. Isolation from bovine faeces and from straw bedding of cattle. *Journal of Dairy Research*, 49: 369-373.

CAMPBELL, M. H. – MILLER, J. K. – SCHRICK, F. N. (1999): Effect of additional cobalt, copper, manganese, and zinc on reproduction and milk yield of lactating dairy cows receiving bovine somatotropin. *Journal of Dairy Science*, 82: 1019-1025.

CHANDRA, G. – AGGARWAL, A. – SINGH, A. K. – KUMAR, M. – UPADHYAY, R. C. (2013): Effect of vitamin E and zinc supplementation on energy metabolites, lipid peroxidation, and milk production in peripartum sahiwal cows. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 26: 1569-1576.

CHEN, F. – LI, Y. – SHEN, Y. – GUO, Y. – ZHAO, X. – LI, Q. – CAO, Y. – ZHANG, X. – LI, Y. – WANG, Z. – GAO, Y. – LI, J. (2020): Effects of prepartum zinc-methionine supplementation on feed digestibility, rumen fermentation patterns, immunity status, and passive transfer of immunity in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 103: 8976–8985.

CHENG, N. W. – HAN, G. S. (2020): Bovine mastitis: risk factors, therapeutic strategies, and alternative treatments - A review. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 30: 1699-1713.

CINAR, M. - SERBSTER, U. – CEYHAN, A. – GORGULU, M. (2015): Effect of somatic cell count on milk yield and composition of first and second lactation dairy cows. *Italian Journal of Animal Science*, 14: 105-108.

COLEMAN, J. (1998): Zinc enzymes. *Current Opinion in Chemical Biology*, 2: 222-234.

COPE, C. M. – MACKENZIE, M. A. – WILDE, D. – SINCLAIR, A. L. (2009): Effects of level and form of dietary zinc on dairy cow performance and health. *Journal of Dairy Science*, 92: 2128-2135.

DANESH MESGARAN, M. D. – KARGAR, H. - JANSEEN, R. – DANESH MESGARAN, S. – GHESMATI, A. – VATANKHAH, A. (2022): Rumen-protected zinc-methionine dietary inclusion alters dairy cow performances, and oxidative and inflammatory status under long-term environmental heat stress. *Frontiers in Veterinary Science*, 9: 935939.

- DANG, A. K. – KAPILA, S. – SINGH, C. – SEHGAL, J. P. (2008): Milk differential cell counts and compositional changes in cows during different physiological stages. *Milchwissenschaft*, 63: 239–242.
- DANG, A. K. – MUKHERJEE, J. – CHAUDHURY, M. – SHIV, P. – MOHANTY, A. K. – KAPILA, S. – KAPILA, R. (2014): *In vitro* phagocytic activity of blood and milk neutrophils against *Saccharomyces cerevisiae* in primiparous and multiparous Karan Fries crossbred cows throughout the dry period and lactation cycle. *Indian Journal of Animal Sciences*, 84: 262–266.
- DAVIDOV, I. – RADINOVIĆ, M. – BOBOŠ, S. – MAŠIĆ, Z. – LALOŠEVIĆ, D. (2011): Effect of different thickness of keratin layer of ductus papillaris on state of parenchyma in cow udder. *Veterinarski Glasnik*, 65: 359–366.
- EBERHART, R. J. – BUCKALEW, J. M. (1977): Intramammary infections in a dairy herd with a low incidence of *Streptococcus agalactiae* and *Staphylococcus aureus* infections. *Journal of American Veterinary Medical Association*, 171: 630–634.
- GOMES, F. – HENRIQUES, M. (2016): Control of bovine mastitis: old and recent therapeutic approaches. *Current Microbiology*, 72: 377–382.
- GONÇALVES, J. L. – CUE, R. I. – BOTARO, B. G. – HORST, J. A. – VALLOTO, A. A. – SANTOS, M. V. (2018): Milk losses associated with somatic cell counts by parity and stage of lactation. *Journal of Dairy Science*, 101: 4357–4366.
- GONÇALVES, J. L. – KAMPHUIS, C. – VERNOOIJ, H. – ARAÚJO JR., J. P. – GRENFELL, R. C. – JULIANO, L. – ANDERSON, K. L. – HOGEVEEN, H. – DOS SANTOS, M. V. (2020): Pathogen effects on milk yield and composition in chronic subclinical mastitis in dairy cows. *Veterinary Journal*, 262: 105473.
- GRIFFIN, T. K. – WILLIAMS, R. L. – GRINDAL, R. J. – NEAVE, F. K. – WESTGRATH, D. R. (1983): Use of deflector shields to reduce intramammary infection by preventing impacts on the teat ends of cows during machine milking. *Journal of Dairy Research*, 4: 397–404.
- HANSEN, R. (1992): Effects of bioplex zinc supplementation on somatic cell counts in three high producing dairy herds. *Annual Symposium on Biotechnology in the Feed Industry*, 8: 55–57.
- HARA, T. – TAKEDA, T. A. – TAKAGISHI, T. – FUKUE, K. – KAMBE, T. – FUKADA, T. (2017): Physiological roles of zinc transporters: molecular and genetic importance in zinc homeostasis. *Journal of Physiological Science*, 67: 283–301.
- HILLERTON, J. E. (1999): Redefining mastitis based on somatic cell count. *International Dairy Federation*, 345: 4–6.
- HOGEVEEN, H. – HUIJPS, K. – LAM, T. J. (2011): Economic aspects of mastitis: new developments. *New Zealand Veterinary Journal*, 59: 16–23.

- IANNI, A. – MARTINO, C. – INNOSA, D. – BENNATO, F. – GROTTA, L. – MARTINO, G. (2020): Zinc supplementation of lactating dairy cows: effects on chemical-nutritional quality and volatile profile of Caciocavallo cheese. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 33: 825-835.
- KAWAKAMI, Y. – KAJI, T. – KUME, T. – OMURO, M. – HIRAMUNE, T. – MURASE, N. – MATUMOTO, M. (1966): Infection of cattle with parainfluenza 3 virus with special reference to udder infection. I. Virus isolation from milk. *Japanese Journal of Microbiology*, 10: 159-169.
- KEGLEY, E. B. – SPEARS J. W. (1992): Performance and mineral metabolism of lambs as affected by source (oxide, sulfate, or methionine) and level of zinc. *Journal of Animal Sciences*, 70 (Suppl1): 302.
- KELLOG, D. W. – RAKES, J. M. – GLIEDT, D. W. (1989): Effects of zinc methionine supplementation on performance and selected blood parameters of lactating dairy cows. *Nutrition Reports International* 40: 1049-1057.
- KELLOG, D. W. – TOMLINSON, D. J. – SOCHA, M. T. – JOHNSON, A. B. (2004): Effects of zinc methionine complex on milk production and somatic cell count of dairy cows: Twelve-trial summary. *The Professional Animal Scientist*, 20: 295-301.
- KENNEDY, B. W. – SETHAR, M. S. – TONG, W. – MOXLEY, J. E. – DOWNEY, B. R. (1982): Environmental factors influencing test-day somatic cell counts in Holsteins. *Journal of Dairy Science*, 65: 275–280.
- KHAN, Z. M. – KHAN, A. (2006): Basic facts of mastitis in dairy animals: A Review. *Pakistan Veterinary Journal*, 26: 204-208.
- KIBEBEW, K. (2017): Bovine mastitis: A review of causes and epidemiological point of view. *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare*, 7: 1-14.
- KINCAID, R. L. – CRONRATH, D. J. (1993): Effects of added dietary fat and amino acids on performance of lactating cows. *Journal of Dairy Science*, 76: 1601-1606.
- LAKEW, B. T. – FAYERA, T. – ALI, Y. M. (2019): Risk factors for bovine mastitis with the isolation and identification of *Streptococcus agalactiae* from farms in and around Haramaya district, eastern Ethiopia. *Tropical Animal Health and Production*, 51: 1507-1513.
- LE MARÉCHAL, C. – THIÉRY, R. – VAUTOR, E. – LE LOIR, Y. (2011): Mastitis impact on technological properties of milk and quality of milk products a review. *Dairy Science and Technology*, 91: 247-282.
- MACDONALD, R. S. (2000): The role of zinc in growth and cell proliferation. *Journal of Nutrition*, 130: 1500-1508.
- MCCORD, J. M. – FRIDOVICH, I. (1969): Superoxide dismutase. An enzymic function for erythrocyte hemocoupein (hemocoupein). *Journal of Biological Chemistry*, 244: 6049-6055.

- MILLER, J. K. (1967): Effect of protein source and feeding method on zinc absorption by calves. *Journal of Nutrition*, 93: 386-392.
- MILLER, W. J. (1970): Zinc nutrition of cattle: A Review. *Journal of Dairy Science*, 53: 1123-1135.
- MILLER, W. J. – AMOS, H. E. – GENTRY, R. P. – BLACKMON, D. M. – DURRANCA, R. M. – CROWE, C. T. – FIELDING, A. S. – NEATHERY, M. W. (1989): Long-term feeding of high zinc sulfate diets to lactating and gestating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 72: 1499-1508.
- MIR, S. H. – MANI, V. – PAL, R. P. – MALIK, T. A. – SHARMA, H. (2018): Zinc in ruminants: metabolism and homeostasis. *Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section B: Biological Science*, 90: 9-19.
- MORSE, D. – DE LORENZO, M. A. – WILCOX, C. J. – COLLIER, R. J. – NATZKE, R. P. – BRAY, D. R. (1988): Climatic effects on occurrence of clinical mastitis. *Journal of Dairy Science*, 71: 848-853.
- MUKHERJEE, J. – CHAUDHURY, M. – DANG, A. K. (2017): Alterations in the relative abundance of haptoglobin (Hp) transcripts in total milk somatic cells during different stages of lactation cycle in high yielding cross-bred cows. *Biological Rhythm Research*, 48: 577-581.
- MUKHERJEE, J. – DANG, A. K. (2011): Immune activity of milk leukocytes during early lactation period in high and low yielding crossbred cows. *Milchwissenschaft*, 66: 384-388.
- NASEM (National Academies of Science, Engineering and Medicine) (2021): *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*, 8. átdolgozás, National Academies Press, Washington DC.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (2001): *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. 7. átdolgozás, National Academy Press, Washington, D.C., pp. 144-145.
- NOCEK, J. – SOCHA, M. T. – TOMLINSON, D. G. (2006): The effect of trace mineral fortification level and source on performance of dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 89: 2679-2693.
- PAULURD, C. O. (2005): Basic concepts of the bovine teat canal. *Veterinary Research Communications*, 3: 215-245.
- PETROVSKI, K. (2006): Milk composition changes during mastitis. *Dairy Vets Newsletter*, 23: 7-12.
- PRYOR, W. A. (1966): *Free Radicals*. McGraw-Hill Book Company, New York
- RABIEE, A. R. – LEAN, I. J. – STEVENSON, M. A. – SOCHA, M. T. (2010): Effects of feeding organic trace minerals on milk production and reproductive performance in lactating dairy cows: A meta-analysis. *Journal of Dairy Science*, 93: 4239-4251.

RAMOS, T. M. – COSTA, F.F. – PINTO, I.S. B. – PINTO, S. M. – ABREU, L. R. (2015): Effect of somatic cell count on bovine milk protein fractions. *Journal of Analytical and Bioanalytical Techniques*, 6: 269.

SANDEV, N. – KOLEVA, M. – BINEV, R. – ILIEVA, D. (2004): Influence of enzootic bovine leukosis virus upon the incidence of subclinical mastitis in cows at a different stage of infection. *Veterinarski Arhiv*, 74: 411-416.

SANDOVAL, M. – HENRY, P. R. – LITTEL, R. C. – COUSINS, R. J. – AMMERMAN, C. B. (1997): Estimation of the relative bioavailability of zinc from inorganic zinc sources for sheep. *Animal Feed Science and Technology*, 66: 223-235.

SCHREINER, D. – RUEGG, P. (2002): Effects of tail docking on milk quality and cow cleanliness. *Journal of Dairy Science*, 85: 2503-2511.

SEEGERS, H. – FOURICHON, C. – BEAUDEDU, F. (2003): Production effects related to mastitis and mastitis economics in dairy cattle herds. *Veterinary Research*, 34: 475-491.

SHAHEEN, M. – TANTARY, H. – NABI, S. (2016): A treatise on bovine mastitis: Disease and disease economics, etiological basis, risk factors, impact on human health, therapeutic management, prevention and control strategy. *Advances in Dairy Research*, 4: 1-10.

SHARMA, N. – SINGH, N. – BHADWAL, M. (2011): Relationship of somatic cell count and mastitis: An overview. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 24: 429-438.

SHARMA, T. – KUMAR, D. P. – GHOSH, P. R. – BANERJEE, D. – CHANDRA, D. B. – MUKHERJEE, J. (2016): Alteration in the *in vitro* activity of milk leukocytes during different parity in high yielding cross-bred cows. *Biological Rhythm Research*, 47: 519-527.

SHUSTER, D. E. – HARMON, R. J. – JACKSON, J. A. – HEMKEN, R. W. (1991): Suppression of milk production during endotoxin-induced mastitis. *Journal of Dairy Science*, 74: 3763-3774.

SMITH, K. L. – HOGAN, J. S. (1993): Environmental mastitis. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 9: 489-498.

SOBHANIRAD, S. – CARLSON, D. – KASHANI, R. B. (2010): Effect of zinc methionine or zinc sulfate supplementation on milk production and composition of milk in lactating dairy cows. *Biological Trace Element Research*, 136: 48-54.

SOBHANIRAS, S. – NASERIAN, A. A. (2012): Effects of high dietary zinc concentration and zinc sources on hematology and biochemistry of blood serum in Holstein dairy cows. *Animal Feed Science and Technology*, 177: 242-246.

SORDILLO, L. M. – RAPHAEL, W. (2013): Significance of metabolic stress, lipid mobilization, and inflammation on transition cow disorders. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 29: 267-278.

- SORDILLO, M. N. – AITKEN, L. S. (2009): Impact of oxidative stress on the health and immune function of dairy cattle. *Veterinary Immunology and Immunopathology*, 128: 104-109.
- SPAIN, J. N. – STEVENS, B. J. – HARDIN, D. K. – THORNE, J. G. (1993): Effects of Bioplex zinc or zinc oxide on mastitis incidence in lactating dairy cows. *Biotechnol. Feed Ind., Proc. Alltech's 9th Annual Symposium, Nicholasville, USA* p. 53-60.
- SPEARS, J. W. (1989): Zinc methionine for ruminants: relative bioavailability of zinc in lambs and effects of growth and performance of growing heifers. *Journal of Animal Science*, 67: 835-843.
- SPEARS J. W. (1996): Organic trace minerals in ruminant nutrition. *Animal Feed Science and Technology*, 58: 151-163.
- SPEARS, J. W. – WEISS W. P. (2008): Role of antioxidants and trace elements in health and immunity of transition dairy cows. *The Veterinary Journal*, 176: 70-76.
- SWAIN, D. K. – KUSHWAH, M. S. – KAUR, M. – DANG, A. K. (2015): Neutrophil dynamics in the blood and milk of crossbred cows naturally infected with *Staphylococcus aureus*. *Veterinary World*, 8: 336-345.
- TERNAY, A. L. – SOROKIN, V. (1997): Redox, radicals, and antioxidants. In: *Oxidants, Antioxidants, and Free Radicals* (BASKIN, S. I. - SALEM, H., editors.), Taylor & Francis, Washington, D.C., pp. 1–21.
- TOMANIC, D. – BOZIN, B. – KLADAR, N. – STANOJEVIC, J. – CABARKAPA, I. – STILINOVIC, N. – APIC, J. – BOZIC, D. D. – KOVACEVIC, Z. (2022): Environmental bovine mastitis pathogens: Prevalence, antimicrobial susceptibility, and sensitivity to *Thymus vulgaris* L., *Thymus serpyllum* L., and *Origanum vulgare* L. essential oils. *Antibiotics*, 11: 1077.
- TOMLINSON, D. J. – MULLING, C. H. - FAKLER, T. M. (2004): Invited review: Formation of keratins in the bovine claw: Roles of hormones, minerals, and vitamins in functional claw integrity. *Journal of Dairy Science*, 87: 797-809.
- VAZQUEZ-ANON, M. - NOCEK, J. – BOWEN, G. – HAMPTON, T. – ATWELL, C. – VAZQUEZ, P. - JENKINS, T. (2008): Effects of feeding a dietary antioxidant in diets with oxidized fat on lactation performance and antioxidant status of the cow. *Journal of Dairy Science*, 91: 3165-3172.
- WEISS, W. P. (2002): Relationship of mineral and vitamin supplementation with mastitis and milk quality. *Annual Meeting, National Mastitis Council, Orlando, Florida, USA*, p. 37-44.
- WELLENBERG, G. J. – VAN DER POEL, W. H. M. – VAN DER VORST, T. J. – VAN VALKENGOED, P. H. – SCHUKKEN, Y. H. – WAGENAAR, F. – VAN OIRSCHOT, J. T. (2000): Bovine herpesvirus 4 in bovine clinical mastitis. *Veterinary Record*, 147: 222-225.

WRIGHT, C. L. - SPEARS J. W. (2004): Effect of zinc source and dietary level on zinc metabolism in holstein calves. *Journal of Dairy Science*, 87: 1085-1091.

YANG, Z. B. – YANG, W. – JIANG, S. – ZHANG, G. G. – LI, Z. Y. – ZHAO, H. (2007): Effect of copper and zinc on blood and milk parameters and performance of dairy cows. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 16: 571-575.

Internet1 : https://www.ksh.hu/stadat_files/mez/hu/mez0113.html (2022. november 1.)

Internet2 : <https://www.agroinform.hu/allattenyesztes/meg-tudod-tippelni-magyarorszag-hanyadik-helyen-all-az-europai-tejtermelok-kozott-49367-001> (2022. november 1.)

Internet3 : <https://agroforum.hu/szakcikkek/agrargazdasag-szakcikkek/tejtermeles-es-tejipar-nem-bizakodhatunk-csak-a-tamogatasban/> (2022. november 4.)

Internet4 : http://static.atkft.hu/Cikkek/Allateu/Selejtezes_201403.pdf (2022. november 4.)

Internet5 : http://static.atkft.hu/Cikkek/Allateu/Lab_I_V.pdf (2022. november 4.)

Internet6 : <https://agrargazat.hu/hir/agrar-tej-sajt-vaj-tejszektor-tehen-mezogazdasag/> (2022. november 4.)

Internet7 : https://www.holstein.hu/magazin/hm_2021_01-02.pdf (2022. november 4.)

Internet8 : https://agriculture.ec.europa.eu/farming/animal-products/milk-and-dairy-products_hu (2022. november 4.)

Internet9 : http://real.mtak.hu/111012/1/AWETH202001079086_doi.pdf (2022. november 6.)

Internet10 : <http://www.isv.rs/index.php/hu/idoszeru/108-idoszeru/2635-mikroelemek-sulya-a-haszonallatok-takarmanyozasaban> (2023. január 20.)

NYILATKOZAT

a diplomadolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: Kovács Szilveszter

A Hallgató Neptun kódja: CIOGV9

A dolgozat címe: Szerves cink takarmány-kiegészítő hatása a tej szomatikus sejtszámára

A megjelenés éve: 2023

A konzulens tanszék neve: Takarmányozástani és Takarmányozás-élettani Tanszék

Kijelentem, hogy az általam benyújtott diplomadolgozat egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, s az irodalomjegyzékben szerepeltettem.

Ha a fenti nyilatkozattal valótlan állítottam, tudomásul veszem, hogy a Záróvizsga-bizottság a záróvizsgából kizár és a záróvizsgát csak új dolgozat készítése után tehetek.

A leadott dolgozat, mely PDF dokumentum, szerkesztését nem, megtekintését és nyomtatását engedélyezem.

Tudomásul veszem, hogy az általam készített dolgozatra, mint szellemi alkotás felhasználására, hasznosítására a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem mindenkori szellemi tulajdon-kezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem könyvtári repozitori rendszerébe.

Kelt: 2023. év május hó 2. nap


Hallgató aláírása

KONZULTÁCIÓS NYILATKOZAT

A Kovács Szilveszter (név) (hallgató Neptun azonosítója: CIOGV9) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a diplomadolgozatot¹ áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A diplomadolgozatot a záróvizsgán történő védeésre javaslom / nem javaslom².

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem^{*3}

Kelt: 2023. év május hó 2. nap



Belső konzulens
Prof. Fébel Hedvig
tudományos tanácsadó

¹ A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

² A megfelelő aláhúzendő.

³ A megfelelő aláhúzendő.