

Állatorvostudományi Egyetem
Állathigiéniai, Állomány-egészségtani Tanszék és
Mobilklinika

Magnézium-butirát tartalmú takarmánykiegészítő etetésének
hatása tejelő tehenek egyes anyagforgalmi mutatóira

The effect of feeding magnesium butyrate supplements on metabolic values of
dairy cows

Komróczki Bianka

Belső témavezető: Dr. Jurkovich Viktor

Állathigiéniai, Állomány-egészségtani Tanszék és Mobilklinika

Külső témavezető: Dr. Kovács Levente

MATE, Állattenyésztés-technológiai és Állatjóléti Tanszék

2023

Absztrakt

A nagytermelésű tejlő tehének egyik legfontosabb és legkritikusabb időszaka az ellés előtti és utáni három hét. Ezalatt az időszak alatt elindul egy hormonális és jelentős anyagcsereváltó folyamat, mely nem megfelelő menedzsmenttel akár állomány szintű megbetegedéseket és elhullásokat is okozhat.

A kísérletünk célja, hogy megvizsgáljuk a Magnézium-butirát tartalmú takarmánykiegészítő milyen hatással van a tejlő tehénekre a három hetes prepartum időszakban, mennyire változtatja meg az egyes vérparamétereket, a kérődzési időt, a gyulladási folyamatokat és a tejtermelési képességet. Egy magyarországi, Etyeken található nagylétszámú tejlő telepen választottunk ki 80db többször ellett Holstein-Friz fajtájú tehenet, melyek ellésének ideje április és június hónapokra várható. Ezeket az állatokat két csoportra osztottuk, egy kontroll (n=31) és egy MgB (n=34) csoportra. A prepartum időszaktól a laktáció első 70 napjáig hetente tej- és vérmintákat gyűjtöttünk és a napi tejhozamot rögzítettük.

Eredményeink alapján a tejlő tehének prepartum MgB takarmánykiegészítése kedvezően hatott a tejhozamra és a tej összetételére. A MgB kiegészítés a vérparaméterekre nem volt hatással sem a prepartum, sem az ezt követő laktáció ideje alatt. A tej SCC és a szérum Hp koncentrációja alapján lehetséges, hogy a MgB takarmánykiegészítés az előkészítési időszakban minimalizálhatja a laktáció alatt kialakuló gyulladási folyamatok kockázatát.

Abstract

The three weeks before and after calving are one of the most important and critical periods for high production dairy cows. During this period, a hormonal and major metabolic process is in motion which, if not properly managed, can lead to herd-level disease and mortality.

The aim of our experiment is to investigate the effect of a feed supplement containing magnesium butyrate on dairy cows during the three-week prepartum period, and how it changes certain blood parameters, rumination time, inflammatory processes and milk production. In a large dairy farm in Etyek, Hungary, we selected 80 multiparous Holstein-Friesian cows, which are expected to calve between April and June. These animals were divided into two groups, a Control (n=31) and a MgB (n=34) group. Weekly milk and blood samples were collected from the prepartum period until the first 70 days of lactation and daily milk yields were recorded.

Our results showed that prepartum MgB supplementation of dairy cows had a positive effect on milk yield and milk composition. MgB supplementation had no effect on blood parameters during prepartum and postpartum lactation. Based on the SCC and serum Hp concentrations in milk, it is possible that MgB supplementation during the prepartum period may minimize the risk of inflammatory diseases during lactation.

Tartalom

1. Rövidítések	4
2. Bevezetés	5
3. Irodalmi áttekintés	6
3.1. Átmeneti időszak	6
3.2. Bendő papillák	7
3.3. Kérődzési idő	8
3.4. Vérparaméterek	10
3.5. Tejtermelés és tejminőség	10
4. Célkitűzések	11
5. Anyagok és módszerek	11
5.1. Tanulmányterv, állatok, mintavétel és etikai engedélyezés	11
5.2. Tartástechnológia	12
5.3. Takarmányozási analízis	15
5.4. Tejmintavétel és összetételvizsgálat	15
5.5. Plazma BHB, NEFA és glükóz	16
5.6. Szérum Haptoglobin	16
5.7. Ionizált Kalcium	17
5.8. Kérődzési idő	17
5.9. Statisztikai analízis	17
6. Eredmények	19
6.1. Tejtermelés és tejösszetétel	19
6.2. Vérparaméterek	23
6.3. Kérődzési idő	25
7. Megbeszélés	26
7.1. Tejhozam és tejösszetétel	26
7.2. Haptoglobin szint	27
7.3. Kérődzési idő	28
8. Összefoglalás	29
9. Irodalomjegyzék	30
Köszönetnyilvánítás	34

1. Rövidítések

VFA	Volatile Fatty Acid	Illózsírsav
DMI	Dry Matter Intake	Szárazanyag bevitel
NEB	Negative Energy Balance	Negatív energiamérleg
GH	Growth Hormone	Növekedési hormon
ME	Metabolizable Energy	Metabolizálható energia
RT	Rumination Time	Kérődzési idő
APP	Acute Phase Proteins	Akut fázis fehérjék
TMR	Total Mixed Ration	Tömegetakarmány
DIM	Days In Milk	Laktációs napok
SCC	Somatic Cell Count	Szomatikus sejtszám
BHB		Béta-hidroxi-butirát
NEFA	Non-Esterified Fatty Acids	Szabadzsírsavak
Hp		Haptoglobin

2. Bevezetés

A tejtermelés és a társadalom igénye a tejure és a tejtermékekre már évezredek óta a gazdaság részét képezi. Az elmúlt ötven évben jelentősen nőtt az automatizálás és ezáltal a fajtairányú tenyésztés, a legelterjedtebb és legnagyobb hozamú fajta napjainkban a Holstein-fríz. Ezt a fajtát már tudatosan a tejhozamra és a legnaprakészebb technológiájú fejőgépekhez szükséges tögy formára szelektálták. Mindez a genetikailag meghatározott teljesítmény azonban magával vonja, hogy az állatok igen érzékenyek a tartásban, higiéniában, technológiában és takarmányozásban bekövetkező bármilyen változtatásra. Azoknál a teheneknél, melyek tejtermelése magasabb, kimutatható, hogy nagyobb a termékletlenség előfordulása, valamint gyengébb szaporodási képesség. [1]

Manapság az intenzíven tartott tejelő tehenek egyik legjelentősebb takarmányozási és állományegészségügyi kérdése a pre- és postpartum – avagy az ellés előtti és utáni– úgynevezett átmeneti, körülbelül 3-3 hetes időszak. Nagymértékben előfordul, hogy a tehenek nehezen alkalmazkodnak a laktáció során bekövetkező metabolikus változásokhoz. Ilyenkor különböző súlyosságú adaptációs problémák alakulhatnak ki, az állatok elégtelenül szabályozzák az anyagcserefolyamatokat, melyek komoly emésztési és akár fertőzőes megbetegedéseket okozhatnak. [2]

Attól függően, milyen típusú intenzív takarmányozást kapnak az állatok, gyakran képződik magas illózsírsav (VFA) koncentráció a bendőben, ami a későbbiekben befolyásolja a tejtermelést és a tejminőségi paramétereit. A bendőben található VFA (pl.: acetát, propionát és butirát) stimulálja a bendőpapillák fejlődését, a bendőfal sejteinek szaporodását, ezáltal a fal megvastagodását okozzák. [3] A butirát a sejtek apoptosist gátolja, tehát a bendő fal megvastagodása, a papillák hossznövekedése relatívan nagyobb, mint egyéb VFA-k esetében. [4]

A kísérletünk célja, hogy megvizsgáljuk a Magnézium-butirát tartalmú takarmánykiegészítő milyen hatással van a tejelő tehenekre a három hetes prepartum időszakban, mennyire változtatja meg az egyes vérparamétereket, a kérődzési időt, a gyulladós folyamatokat és a tejtermelési képességet.

3. Irodalmi áttekintés

3.1. Átmeneti időszak

Az intenzíven tartott tejelő tehenek legjelentősebb egészségügyi problémái az úgynevezett átmeneti időszakban, vagyis az ellés előtti és utáni 3-3 hétben, jelentkeznek. [5] Ezek a problémák leginkább abból adódnak, hogy a tehén nehezen vagy egyes esetekben akár sehogy sem képes adaptálódni az új laktációhoz, felborul a fiziológiai egyensúly, ami komoly emésztési, metabolikus és fertőzőes betegségek kialakulásához vezethet. Ilyen betegségek például a kezózis, a zsírmáj, a sántaság, a mastitis, a placenta retenció, az oltógyomor helyzetváltozás és a hypocalcaemia. A megfelelő takarmányozás nagyban lecsökkenti ezen betegségeknek az előfordulását és ezirányú új stratégiák kialakulása létfontosságú a modern tehenészetekben. [2]

Az elmúlt két évtizedben jelentős kutatások folytak annak érdekében, hogy megértsük milyen biológiai folyamatok játszanak szerepet az átmeneti időszak során, milyen tápanyag igényeknek kell megfelelni és milyen menedzsmenetek alkalmasak ezek teljesítésére. [6] Hozzávetőlegesen az a magas tejhozamú tehenek felének nem sikerül az átállás valamilyen betegség megjelenése nélkül. Nincs egy olyan módszer, mely megbízhatóan és konzisztensen biztosítaná, hogy a tehenek metabolikus betegségek kialakulása nélkül adaptálódjanak a laktációhoz. [7]

Három alapvető fiziológiai funkciót kell figyelembe venni és menedzselni az átmeneti időszak során: a bendő adaptációja a laktációs diétához - mely magas energiatartalmú és koncentrációjú -, a normocalcemia megtartását és az erős immunrendszer biztosítását. Amint ezek közül valamelyik nem érvényesül, a metabolikus és fertőző betegségek előfordulási aránya megnő. [8]

Jelentős a hormonális változás is, mely során a leghangsúlyosabb a növekedési hormon (GH) szerepe, ugyanis ez szabályozza a glükóz szintet a hepátikus glükoneogenezis által, emellett inzulin rezisztencia révén komoly lipolízist indít el, így megindul az illózsírvak (VFA) mobilizációja. [9]

A tejelő tehenek esetében tehát folyamatos a megváltozott fiziológia és tápanyag igények miatti takarmányváltás. A tehén életében ezáltal mindig az adott időszakra jellemző receptúra és takarmányozási stratégia szükséges. Tejelő állatok esetén nem csak a napi létfenntartó energiaszükségletet kell azonban figyelembe venni, hanem a laktáció alatti

tejtermelési energiát és a tejhez szükséges analitokat is, emiatt szükséges az ellést követően laktációs mix beiktatása a diétába. Ebben a jelentősebb energiaigény miatt sokkal magasabb az abrak aránya, ez azonban közvetlenül befolyásolja a metabolikus egyensúly felborulását, tehát mindenképpen szükséges a szárazanyag bevitelt (DMI) is megemelni.

Az átmeneti időszakra jellemző azonban, hogy a tehenek takarmány felvétele csökken, ez nem az ellés idejére jellemző, hanem a vemhesség végétől a korai laktációig kitart. A csökkent tápanyag felvétel negatív energia egyensúlyt (NEB) okoz a teheneknél, ez az állapot arra készteti a szervezetet, hogy minél több zsírt mobilizáljon VFA formájában, ez megnövekedett béta-hidroxi-vajsav (BHB) koncentrációhoz vezet a vérben, melyet kimutatás céljából használhatunk. Egy rosszabb kondíciójú állatnál ez a NEB gyorsan akár elhulláshoz is vezethet. Sokáig úgy tartották ez az étvágy visszaesés összefüggésbe hozható azzal, hogy a bendő mérete csökken a növekvő vehem miatt, azonban ezt az elméletet már kényszerzetetéses és magasabb takarmány felvételt alkalmazott kísérletek során megdöntötték. Megállapítható, hogy az a tehén, mely prepartum időszakban több takarmányt vesz fel, a laktáció során is megtartja azt és mellette alacsonyabb hepatikus triglicerid szint mérhető. Ez arra vezetett az iparban, hogy maximalizálják a DMI-t ebben az időszakban, ami a csökkent étvágy miatt nem egyszerű kihívás. [10]

3.2. Bendő papillák

A kérődzők esetében a bendő nagyon fontos szerepet játszik tápanyag ellátás szempontjából. A postnatális fejlődés során a bendő epitheliuma és papilláinak növekedése szoros összefüggést mutat a takarmányozási állapotokkal.

A bendő papilláinak méretére a VFA, ammónia, pH és az ozmotikus nyomás mind-mind nagy hatással vannak. A bendőben történik a mikrobiális fermentáció döntő része, itt keletkezik a legtöbb VFA, mely felelős a metabolizálható energiának (ME) jelentős keletkezéséért. Ahhoz, hogy minél magasabb koncentrációban tudjon felszívódni VFA, a bendő fala papillákkal fedett, ezzel növelve az abszorpcióra képes felszínt. A bendő papillák mérete a szárazon állás alatt több mint 50%-kal csökken, mert az ebben az időszakban etetett diéta alacsonyabb VFA termeléssel jár. A bendőpapillák teljes újraképződéséhez szükséges időt is befolyásolja a megfelelő takarmányozási menedzsment. [11]

Attól függően, milyen típusú intenzív takarmányozást kapnak az állatok, gyakran képződik magas illózsírsav (VFA) koncentráció a bendőben, ami a későbbiekben befolyásolja a tejtermelést és a tejminőségi paramétereit is. A bendőben található VFA (mint:

acetát, propionát és butirát) stimulálja a bendőpapillák fejlődését, a bendőfal sejtjeinek szaporodását, ezáltal a fal megvastagodását okozzák. [3] A butirát a sejtek apoptosist gátolja, tehát a bendő fal megvastagodása, a papillák hossznövekedése relatívan nagyobb, mint egyéb VFA-k esetében, de ezen felül még a többi VFA transzportját is növeli a bendő epitheliumán keresztül. [4] Tehát a butirát több mechanizmus során is serkenti a bendő átalakulását.

A butirátot a bendőben elsősorban az epithelium, vagyis a hámréteg metabolizálja mely közben ketontestek és szén-dioxid keletkezik. A ketontestek a szervezet fokozott zsírmobilizációjával is összefüggésbe hozhatók, és a vérben megemelkedik a szabad zsírsavak (NEFA) és a béta-hidroxi-butirát (BHB) koncentrációja a laktáció elején. Ez egy adaptív válasz a kialakult negatív energiamérleg (NEB) következményeként, hogy a perifériás szöveteket energiával tudja ellátni a szervezet és közben a tejszintézishez is megfelelő mennyiségű glükóz álljon rendelkezésre. [12]

3.3. Kérődzési idő

A kérődzés technikailag az a folyamat, mely során a rostos táplálék a bendőből a szájba jut, majd újra rágás és visszanyelés után az anyag ismét a bendőbe kerül. A kérődzők esetében a kérődzés egy kiemelten fontos művelet, elsődleges szerepe a nyersanyagok fizikai lebontása, hogy a bendőből a vékonybélbe való átjutást könnyebbé tegye és biztosítsa, hogy a bendőbaktériumok a mikrobiális erjedés során könnyebben hozzáférjenek a takarmányrészekhez. A kérődzés kezdetét mechanikai ingerek okozzák, a nyelősőnyílás környékén lévő idegvégződéseket stimulálja a durva, rostos takarmány. A folyamatos rágás fokozza a nyáleválasztást, mely lubrikálja a nyelősövet. Emellett magas koncentrációban tartalmaz bikarbonátokat és foszfátpuffereket, melyek segítenek a bendő pH-ját állandó szinten tartani, így a mikrobiális aktivitást biztosítani. [13]

A kérődzési időt (RT) általában vizuális megfigyeléssel követik nyomon, ez azonban nagyon munka- és időigényes és nagylétszámú állomány esetében nem is működőképes, így manapság már elterjedtek az automatizált rendszerek. A kérődzés megfigyelésének közvetett módszere lehet az állkapocs rágás során tapasztalt mozgásának érzékelése, mely működhet kötőfékhez vagy orrszíjhoz rögzített vagy abba beépített nyomásérzékelővel, esetleg fülre szerelt mozgásérzékelővel. Ezek az eszközök hasznos információkat szolgáltatnak, de a berendezéseknek számos korlátja volt és használatuk nehézkes volt, ezen felül

kényelmetlenek lehetnek az állatok számára, mert sokszor a teljes fejkötőfékek hordását igényelték, így befolyásolhatták az evési vagy kérődzési viselkedést. [14]

A nemrégiben kifejlesztett kérődzésfigyelők nyakcsatok, melyek szenzora a nyak baloldalán található, a regurgitáció és a kérődzés jellegzetes hangokat produkál, melyeket egy mikrofon rögzít, feldolgoz és digitálisan rögzít. Az adatok letöltése az istállóknban kihelyezett leolvasókkal történik és egy szoftver által azok könnyen hozzáférhetőek és kielemezhetőek. Az algoritmus akkor tekinti különállónak a kérődzési eseményeket, ha az egymást követő regurgitációt legalább 30s választja el egymástól. [15]

A különböző kutatások különböző kérődzési időkről (RT) és mintázatokról számolnak be tejelő teheneknél. Egyes szerzők cirkadián mintázatot írtak le, mely szerint a szarvasmarhák általában napi 8-9 órát töltenek kérődzéssel, 25-80 perc/kg takarmány/állat, ezt azonban nagyban befolyásolja a takarmányozási idő, annak gyakorisága és a takarmány összetétele. A kérődzési aktivitás elsősorban a pihenési időszakokban legmagasabb, így éjszaka és délután általában megfigyelhető az emelkedése. [13]

A takarmányfelvétel, a takarmányozás és az RT fontos paramétereknek számítanak, és segítenek annak beazonosításában, ha a takarmányozás suboptimális vagy ha bármilyen egészségügyi rendellenességre van gyanúnk. Az RT összefüggésbe hozható a tejelő tehenek anyagcsere- és betegségállapotával, segíti az ellés várható idejét megállapítani. Ezért a kérődzés megfigyelése hasznos lehet ahhoz, hogy gyorsan információt kapjunk az állatok egészségi állapotáról egy olyan kritikus időszakban, mint az átmeneti időszak. Az ellés körüli RT megfigyelése, különösen a laktáció első hetében, a javaslat szerint hatékony eszköz azon tehenek azonosítására, amelyeknél nagyobb a betegség kialakulásának kockázata a laktáció elején. [16] A klinikai és szubklinikai betegségek korai felismerése a kérődzés és az RT megfigyelése révén lehetővé teszi a gazdák számára a kezelés megkezdését, ami csökkentheti a krónikus esetek kezelésével, a bevétel kiesésével és a súlyosabb termelési veszteséggel járó költségeket, továbbá az alkalmazott kezelés hatékonyságának paramétereként, monitoringjaként is figyelembe vehető.

Az átmeneti időszak tehenei gyakran átcsoportosításoknak és mozgatásnak vannak kitéve, amikor az ellés előtti csoportokba, majd a laktáló állományba kerülnek, ez nagy stressznek teszi ki őket. Bebizonyították, hogy az új szociális csoportba került, ellés előtt álló teheneknél csökkent a stressz következtében a kérődzés, illetve, ha a korai postpartum RT azt mutatta, az állat alacsony stressznek volt kitéve, a tejtermelés magas maradt a teljes

laktáció alatt. Megfigyelték, hogy a RT minden 100 perces növekedése esetén a laktációs napi tejsúcs 2,2 kg-mal nőtt a többször ellettholsteini teheneknél. [17]

Bizonyított tény tehát, hogy a kérődzési idő ismerete segíthet azonosítani az átmeneti időszak során azokat a tejelő teheneket, amelyeknél fennáll a metritis, a szubklinikai ketózis és a sántaság kockázata. Ez az információ felhasználható olyan gazdálkodási gyakorlatok és stratégiák kidolgozásához is, amelyek segíthetnek a betegségek korai felismerésében és a betegségek megelőzésében az átmeneti időszak során.

3.4. Vérparaméterek

Amikor az immunrendszer kihívás elé kerül a vérben bizonyos akut fázis fehérjék (APP) koncentrációja megváltozik. A haptoglobin egy olyan APP, mely széles körben elfogadott és elismert, mint egy biomarker, egy indikáció arra, hogy a szervezetben szisztémás gyulladás alakult ki. Akkor szabadul ki a véráramba, ha szövetkárosodás, gyulladás, fertőzés és bakteriális anyagok találhatók vagy stressz éri az állatot. A haptoglobin normális, fiziológiás esetben nagyon alacsony szinten található meg a véráramban, vagy akár hiányzik is a teheneknél. Azonban a sejtszintű akut-fázisú válaszok előfordulhatnak akkor, ha az állat a stressz átmeneti fázisában van. [18–20]

Mivel a butirát jótékonyan hathat a gyulladásos folyamatokra, több mechanizmuson keresztül is, a takarmány kiegészítése butiráttal az átmeneti időszak során előnyös stratégia lehet. [21] [22]

3.5. Tejtermelés és tejminőség

A tejtermelés és a tejminőség érzékeny egyensúlyban van magával a tehén genetikailag meghatározott teljesítőképességével, takarmányozásával és a tartásával. Azoknál a teheneknél, melyek tejtermelése magasabb, kimutatható, hogy nagyobb a termékletlenség előfordulása, valamint gyengébb szaporodási képesség. [1]

Az elmúlt évtizedekben a tejelő tehének tejhozam potenciálja számos országban nagymértékben megnőtt, ám a nagyobb tejtermelési potenciálú tehének nem rendelkeznek hatékonyabb anyagcserével, mint kisebb tejhozamú társaik.[23] Bár a nagyobb tejhozamú tehének által termelt többlet egy részét a nagyobb fogyasztási képességük okozza [24], a DMI kapacitás a laktáció korai szakaszában nem tartott lépést a tejhozammal. [25] A postpartum időszakban a negatív energiamérleg (NEB) alatt a glükóz preferálja az

emlőmirigyet, a hasnyálmirigy inzulinszekréciónja szupresszált, a perifériás szövetek inzulinrezisztenciát tapasztalnak és a tehenek hajlama az anyagcserezavarokra megnő.

A megfelelő takarmánykiegészítők prepartum biztosítása javíthatja a tejelő tehenek teljesítményét az átmeneti időszakban. A laktáció elején az egyik fő aggodalomra okot adó terület a takarmány energiasűrűségének hirtelen megnövekedése, amely szubakut bendőacidózishoz vezethet, ami csökkentheti a szárazanyagfelvételt és a tápanyagok emészthetőségét. Tehát a megfelelő takarmányadagok összeállítása és adagolása, amelyek a teljes energiabevitelt csak a szükségletekre korlátozzák, de mellette az összes többi tápanyag (beleértve a leglimitálóbb aminosavakat, a Met és a Lys-t) megfelelő bevitelét is biztosítják az ellés előtt, segíthet csökkenteni a NEB mértékét az ellés után. [26]

4. Célkitűzések

A főhipotézisünk az, hogy az MgB kiegészítés növeli a papillák méretét, és pozitívan befolyásolja a DMI-t az ellés előtti és utáni átmeneti időszakban, valamint a tehenek kondícióját, fertilitását és tejhozamát. Mindezen hatásokat pedig a vizsgált anyagcsere paraméterekkel ki tudjuk mutatni. Ahhoz, hogy ezeket igazoljuk, két kísérleti csoportot hoztunk létre 80db többször ellett Holstein-Fríz fajtájú tehénből.

5. Anyagok és módszerek

5.1. Tanulmányterv, állatok, mintavétel és etikai engedélyezés

Minden módszert és az állatokon alkalmazott eljárást a Pest Megyei Kormányhivatal Állategészségügyi Főosztályának (engedélyszám: PE/EA/1973-6/2016) vonatkozó iránymutatásai és előírásai szerint végeztünk, amely jóváhagyta a vizsgálatot.

A kísérletet egy magyarországi nagylétszámú tejelő tehéntelegen (N47°18'191" E18°48'336") végeztük el 2021 márciusa és szeptembere közötti időszakban. A tanulmányban nyolcvan (80) olyan többször ellett Holstein-Fríz tehén vett részt melyeknél az ellés várható időpontja április és június közé esett. A teheneket az ellés várható időpontja szerint elkülönítették a kísérlet megkezdése előtt 28 nappal. Az elkülönített állatok inntől kezdve véletlenszerűen kerültek két csoportba: Kontroll vagy MgB. A tehenek mindegyike klinikailag egészséges volt a vizsgálat kezdetén, a testkondíció-pontszámuk (BCS) 3 és 4.2 között volt, a sántasági pontszáma (LS) 2 vagy annál alacsonyabb volt. Szuboptimális kondíciójú, tehát olyan tehén, amelynek BCS-e kisebb mint 3 vagy nagyobb mint 4,2 és

olyan tehén mely sántasági vizsgálat során magasabb pontot ért el mint 2, vagy bármilyen betegség jelét mutatta az kizárásra került a kísérletből. Továbbá nem vettük figyelembe azokat a teheneket, amelyek kevesebb mint 18 napig vagy több mint 25 napig kapták a MgB kiegészítést.

Az ellés várható kezdete előtt három héttel a MgB csoportba tartozó tehenek (n=40) prepartum takarmányához MgB-kiegészítést adtunk. A Kontroll csoportba tartozó tehenek (n=40) ugyanazt a preoartum takarmányt kapták, mint a MgB csoport, de a kiegészítés nélkül. Az ellés után egyik csoport sem kapott semmilyen kezelést, azaz a laktációs adagok mindkét csoportban azonosak voltak.

A kísérlet során tej- és vérmintákat gyűjtöttünk és elemeztünk, a napi tejhozam adatokat az első 70 DIM alatt a telepen található adatbázisból használtuk. A kérődzési aktivitás és időt RuminAct® (SCR Engineers Ltd., Netanya, Israel) segítségével figyeltük és rögzítettük, ami egy akusztikus alapokon működő nyaktranszponder. A megfelelő mennyiségű vérminta/állat számának elérése érdekében azokat a teheneket, amelyek kevesebb mint 18 napig vagy több mint 25 napig kapták a MgB kiegészítést kizártuk a vizsgálatból. Ez azt jelentette, hogy a végleges adathalmazban csak 31 Kontroll és 34 MgB tehén maradt.

1. táblázat Átlagos hőmérséklet-páratartalom index (THI) értékek és a vizsgált állatok száma a kísérlet időtartama alatt

Hónap	Átlagos THI		Állatok száma	
	Kontroll	MgB	Kontroll	MgB
Február	42	40	4	5
Március	47	47	6	6
Április	50	50	7	8
Május	58	58	6	7
Június	70	71	5	5
Július	72	72	3	3

5.2. Tartástechnológia

A várható ellés előtt 28 nappal a MgB és a Kontroll csoport teheneit a saját csoportjuknak megfelelő istállóban tartották 12m²/állat állománysűrűségben. Az alomanyagként száraz szalmát terítették. Az ellés előtt álló teheneket prepartum

tömegetakarmánnyal (TMR) takarmányozták ad libitum, melynek a tömegetakarmány: abrak aránya 81.7:18.3 szárazanyag (DM) alapján. (2.táblázat)

A prepartum TMR-t naponta kétszer, kora reggel és késő este, kapták frissen az állatok. Három héttel az ellés várható időpontja előtt 70%-os zsírmátrixba burkoltan (Rumen-Ready®, Palital Feed Additives B.V., Velddriel, The Netherlands) kapta meg a MgB csoport a takarmánykiegészítőt, a prepartum TMR-hez hozzáadva a reggeli takarmányozás előtt, figyelembe véve a csoportban található tehenek számát. Az adagolás 150 g/tehen/ nap volt, ezt az adagot az előzetes vizsgálatok alapján választottuk, amik kedvező eredményeket mutattak.

Az ellések az előkészítő istállóban történtek vagy amennyiben folyamatos megfigyelésre vagy segítség nyújtásra volt szükség akkor egy elkülönített elletőistállóba került át az adott állat. Segítségnyújtást a szakképesített telepi dolgozók végezték maximum 90 percen belül az amnion zacskó jól látható megjelenésétől számítva. Az első 5 DIM alatt a teheneket a fogadó istállóban tartották, 4 állat/csoportra osztva, és naponta kétszer, reggel 4:00 órakor és délután 14:00 órakor fejtek egy 4-állásos halszálkás fejőházban DeLaval Control Valve fejőgéppel (DeLaval International AB, Tumba, Sweden). Az első 5 DIM után a teheneket átszállásolták a friss laktáló csoportba, ahol ugyanúgy napi kétszeri fejés történt, de reggel 5:00 órakor és délután 15:00 órakor egy 2x28 állásos párhuzamos elrendezésű Bosmark fejőházban (Bosmark Kft, Biatorbágy). A tehenek az ellés után a laktáció 90. napjáig postpartum TMR-t kaptak ad libitum 57.7:42.3 tömegetakarmány:abrak DM alapján, az ivóvíz ad libitum állt rendelkezésükre.

A postpartum TMR-t naponta kétszer osztották ki, a fejési menetrendhez igazodva a tehenek friss takarmányt találtak az istállóban amikor a fejőházból visszatértek. A prepartum és a postpartum takarmányozás nem változott a vizsgálat időtartama alatt és mindkettő takarmányt TMR formájában kapták (azaz a fejőházban nem kaptak további takarmánykiegészítést). A prepartum és a postpartum TMR összetevőit és kémiai összetételét a 2. táblázat mutatja be. A szárazanyagbevitelét (DMI) az előkészítőistállóban tartott teheneknek naponta megbecsültük és a reggeli takarmánykiosztás előtt mind a Kontroll, mind a MgB csoportnál úgy, hogy a felajánlott és kiosztott mennyiségből kivontuk a maradékot és elosztottuk a tehenek számával. Ez a számítás azonban nem volt lehetséges postpartum, mivel a kísérletben résztvevő MgB és Kontroll csoport egyedeit már egy istállóban szállásolták el.

2. táblázat Prepartum és postpartum TMR összetétele

Tárgy	Prepartum TMR		Posztpartum TMR
	Kontroll	MgB	
Összetevő			
Abrak komponensei (% DM)			
Kukorica szilázs	61.8	61.8	60.2
Rozs széna	-	-	10.8
Bálás Lucerna szenázs	10.9	10.9	12.9
Fűszéna	7.3	7.3	5.3
Szalma	12.7	12.7	-
Sörtörköly	7.3	7.3	10.8
Koncentrátum komponensei (% DM)			
Kukoricaliszt	27.6	27.6	52.0
Zab	13.8	13.8	13.6
Extrahált repcemagliszt	13.8	13.8	17.6
Extrahált napraforgó liszt	34.5	34.5	12.0
Premix Mipro Pren 250	10.3	10.3	-
Premix Mipro RB 600	-	-	4.8
Kémiai összetétel			
Száraz anyag, g/kg	437	441	426
Hamu, g/kg of DM	84	86	71
Nyersfehérje, g/kg of DM	114	114	167
Éter kivonat, g/kg of DM	28	29	35
Nyersrost, g/kg of DM	241	232	143
NDF, g/kg of DM	507	494	339
ADF, g/kg of DM	303	280	190
ADL, g/kg of DM	50	47	39
Keményítő, g/kg of DM	154	158	283
Cukor, g/kg of DM	26	26	29

5.3. Takarmányozási analízis

A kémiai összetételt a prepartum és a postpartum TMR takarmányoknak kielemeztük 4 hetes mintavétellel a MgB kiegészítés kezdetétől egészen az utolsó kísérletben résztvevő tehén 70. DIM-jéig. A mintavétel napján minden egyes TMR esetében négy mintát (azaz kettőt a reggeli és kettőt az esti adagból) vettünk a laboratóriumi elemzéshez. A TMR kiosztását követően közvetlenül egy 10 literes vödörbe gyűjtöttük a mintákat, a felső, a középső és az alsó részből is egy-egy marékkal az etető egész hosszában egészen addig, míg a vödör meg nem telt. Ezután a vödör tartalmát alaposan összekevertük és két vizsgálatimintát vettünk, melyeket ezután megszáritottunk. Az analízishez a paraméterek úgy lettek kiválasztva, hogy megerősítsük a prepartum és postpartum takarmányok közötti tápanyag összetétel különbségek az elvártaknak megfelelőek.

A laboratóriumba küldés előtt a vizsgálati minták 60 °C-on 48 órán át száradtak, majd konstans tömegűre öröltük (Cemotec, Tecator, Svédország) egészen addig, míg egy 1mm-es szitán át nem fértek. A megőrölt mintákat az alábbi összetevőkre analizáltuk: N-vegyületek, hamu, savdetergens rost (ADF), nyersrost, éter kivonat, neutrális detergens rost (NDF), savdetergens lignin (ADL), keményítő és cukor.

5.4. Tejmintavétel és összetételvizsgálat

Minden egyes a kísérletben résztvevő laktáló tehéntől tejmintát gyűjtöttünk a reggeli fejés alatt, heti gyakorisággal, mind a négy tőgynegyedből majd ezeket a mintákat összesítettük. Az első reggeli tejmintát az ellés utáni első napon gyűjtöttük, legalább 12 órával az ellést követően. A begyűjtött tejet ezután egy műanyag edényben habverővel legalább 2 percig kevertünk, hogy az összetevők eloszlása egyenletessé váljon, majd 100ml vizsgálati mintát vettünk, amit két műanyag csőbe (50-50ml) szétosztottunk. Ebből az egyik mintát zsír-, fehérje, laktóz- és szárazanyagtartalom elemzéséhez használtuk (LactoScopeTM infravörös spektrométerrel, Delta Instruments, Drachten, Hollandia), a másikat pedig a szomatikus sejtszám (SCC) méréséhez (Bentley FCM berendezéssel, Bentley Instruments Inc., Chaska, MN, USA). Minden mintát -20°C-on lefagyasztottunk az elemzésig, amikor a fagyott mintákat 40±2°C-os vízfürdőben olvasztottuk fel, majd 10-szer megforgattuk, hogy egyenletes legyen az összetevők elosztása.

5.5. Plazma BHB, NEFA és glükóz

A vérvételeket hetente végeztük el, 4 db mintát vettünk ellés előtt, a vemhesség 255-260. napjától kezdődően az ellésig tartó időszakban (mint -21 nap., -14 nap., -7.nap, -1. nap), egy mintát pedig közvetlenül a ellést követően (mint 0. nap), ezt követően 5 vérmintát gyűjtöttünk (mint 7. nap, 14. nap, 21. nap, 35. nap, 70. nap az ellés után), ezzel lefedve a laktációs időszak első 70 napját.

A vért körülbelül reggel 9:00 órakor vettük le, a prepartum időszakban és a reggeli fejés után körülbelül egy órával a postpartum időszakban, mindkét esetben ez az időpont a reggeli etetés utáni egy órára esett. A mintákat a farokvénából vettük vákuumsövekbe (Vacuette, Greiner Bio-One, Kremsmünster, Ausztria), melyek vagy nátrium-fluoridot tartalmaztak a glükózméréshez, vagy K-EDTA-t a NEFA és BHB méréséhez.

A levett vérmintákat ezután 4°C-ra hűtöttük és 60 percen belül lecentrifugáltuk (10 perc, 3000xg) majd a kinyert plazmát leszívva azt -75°C-on tároltuk. A plazma glükóz, NEFA és BHB értékeket kereskedelemben elérhető kitekkel történt. Enzimatis, kolorimetriás tesztekkel használtuk a plazma glükózhoz (kit no. 46862, Diagnosticum Ltd., Budapest, Magyarország) és a NEFA koncentrációjához (kit no. FA 115, Randox Laboratories Ltd.,Crumlin, Nagy-Britannia), míg a plazma BHB szintjét enzimatis, kinetikus UV teszttel mértük (kit no. RB 1008, Randox Laboratories Ltd., Crumlin, Nagy-Britannia).

5.6. Szérum Haptoglobin

Közvetlenül a metabolikus paraméterekhez szükséges vérvételt követően gyűjtöttünk vért a farokvénát használva a haptoglobin méréséhez vákuumsövekbe (Vacuette, Greiner Bio-One, Kremsmünster, Ausztria), a vért ezután szobahőmérsékleten alvadni hagytuk, majd lecentrifugáltuk (1000rpm 10 percig) és a szérumot leszívtuk. Az így kigyűjtött szérumot ezután -75°C-on tároltuk cryovial fagyasztócsőben egészen a vizsgálatig. A haptoglobin koncentrációt a kereskedelmi forgalomban kapható szarvasmarha Hp teszt kittel határoztuk meg (P801; Tridelta Development Ltd., Maynooth, Írország) a termék iránymutatásait betartva. A kit szilárd fázisú ELISA-tesztet alkalmaz, mely tisztított anti-szarvasmarha Hp ellenanyagot tartalmaz a szilárd fázisú megkötéshez és torna-peroxidázzal konjugált anti-szarvasmarha Hp ellenanyagot a kimutatáshoz.

5.7. Ionizált Kalcium

A vérvételkor a metabolikus paraméterekhez és a haptoglobin méréshez szükséges csövek mellett, mintát vettünk Ca^{2+} tartalmú lítium-heparinos fecskendőbe is (Blood Gas Monovette® 2 ml LH, Sarstedt, Nümbrecht-Rommelsdorf, Németország). A vérvétel után 5 percen belül a vér ionizált kalciumtartalmát ABL800 Basic készülékkel mértük meg (Radiometer Medical ApS, Brønshøj, Dánia).

5.8. Kérődzési idő

A kísérlet során a kérődzési aktivitást a RuminAct® akusztikus alapokon működő nyaktranszponder segítségével követtük nyomon (SCR Engineers Ltd., Netanya, Izrael). [14] Ezt a rendszert validálták a tejelő tehenek kérődzési aktivitásának mérésére [27], és korábban már használták is már korábban is használták tejelő teheneknél az ellés körül. A rendszer tartalmaz kérődzési szenzorokat a nyakpánt bal oldalán, helyhez kötött leolvasókat az istállókban és egy szoftvert ami feldolgozza az elektronikus adatokat, melyek vezeték nélküli úton lehet elérni egy irodai számítógépen. A RuminAct® rendszer szenzora tartalmaz egy mikrofont a kérődzési hangok rögzítésére, valamint egy mikroprocesszort az adatok rögzítéséhez és átkonvertálásához.

A RuminAct® nyakpántokat a tehenekre az előkészítőistállóban történő elszállásolásuk előtt helyezték fel, ami 28 nappal a várható ellés előtt történt, ezt követően a rendszer folyamatosan rögzítette a kérődzési aktivitást egészen a laktáció 70. napjáig. A gyártó ajánlása alapján a szenzoroknak 2-3 napra van szüksége ahhoz, hogy megismerkedjen az állatokkal és azok egyénre szabott kérődzési szokásaival. Minden egyes állat esetében a kapott nyers adatsort használták az egyes kérődzési időszakok és a kérődzési időszakok közötti szünetek hosszának értékelésére. Ez lehetővé tette a kérődzési időszakok kezdetének és végének megjelölését 1 perces pontossággal, majd ezek alapján kiszámítottuk a kérődzési időt (perc/nap).

5.9. Statisztikai analízis

Az összes adat vizualizálásra, modellbecslésre és a hipotézis tesztelésére az R statisztikai szoftver alkalmaztuk. A változók szóráshomogenitása megállapításra került (Levene-próba), illetve a normál eloszlás vizsgálatára Shapiro-Wilk-próbát alkalmaztunk. A szignifikancia szint minden próba esetén $p < 0,05$ volt.

A tej összetétele és hozama hetente került összehasonlításra a kontroll és kísérleti (MgB) csoport között az első 70 DIM alatt. A napi tejhozam hetente került átlagolásra, míg a tej összetételének paraméterei hetente egyszer kerültek meghatározásra. Az átlagos tejhozam, a laktóz, fehérje és szárazanyag tartalom, illetve az SCC érték egy kevert lineáris statisztikai modell (random intercept model) eredményváltozóiként lettek kezelve. A kezelés, az idő (pl.: hetek száma), és ezek összefüggése, mint független változók lettek kezelve a statisztikai modellben. Az SCC érték logaritmikus-transzformáció után lett felhasználva. A fülszám, mint véletlenszerű – egyben egyedi – változóként került felhasználásra a modellben, hogy az ugyanazon az állaton elvégzett mérések ismételtetők legyenek. A csoportok a mintavétel napjain lettek összehasonlítva utólagos páronkénti analízissel (post hoc) Tukey-féle módszerrel.

A vérparaméterek (pl.: BHB, NEFA, glükóz, Hp és iCa koncentráció) szintén összehasonlításra kerültek a Kontroll és MgB csoport között a kísérlet következő időpontjaiban (-21, -14, -7, -1, 0, 7, 14, 21, 35 és 70 nappal az elléshez viszonyítva). Azoknál vizsgálatoknál, ahol nem teljesült a maradéktagok (reziduum) szóráshomogenitása próbája, továbbá nem követtek normál eloszlást, logaritmikus transzformáció került végrehajtásra, hogy megfeleljenek a statisztikai modellnek. A kezelés, az idő (azaz a mintavétel napja) és ezek kölcsönhatása, mint független változóként, a tehén fülszáma pedig, mint véletlenszerű változóként került felhasználásra a statisztikai modellben, hogy az ugyanazon az állaton elvégzett méréseket figyelembe lehessen venni. Az egyes vizsgált paraméterekre külön modellek kerültek illesztésre, ahol ezek eredményváltozókként szerepeltek. A csoportok a mintavétel napjain lettek összehasonlítva utólagos páronkénti analízissel (post hoc) Tukey-féle módszerrel. Az R statisztikai környezet "lme4" [28], "emmeans" [29] és "lawstat" [30] csomagjai kerültek felhasználásra lineáris kevert modellek és többszörös összehasonlítások illesztésére.

A napi kérődzési idő görbék alatti területei (AUC) minden egyed esetében kiszámításra kerültek a prepartum (az ellést megelőző 23 nap és az ellés ideje közötti időszakban) és a postpartum (az ellés és a 70 DIM közötti időszakban) időszakaira, és az átlagolt értékek kerültek felhasználásra a csoportok közötti összehasonlításhoz. Az AUC_{RUM} meghatározásához a trapéz módszert alkalmaztuk az alábbiak szerint:

$$AUC = \sum [R_n + R_{n+1}) / 2 \times h - BASELINE],$$

ahol az „R” érték a kérődzéssel töltött idő egy adott napon, a „h” a kért „R” érték között eltelt idő napokban kifejezve, és a „BASELINE” (alapvonal) a kérődzéssel töltött idő átlagértéke, amelyet a mérés első négy napjára került kiszámításra. A kiindulási értékeket, az AUC-értéket és a kiindulási értékhez való visszatérésig eltelt időt a Welch-féle kétmintás t-próbát alkalmazva került összehasonlításra a kontroll és kísérleti csoport között.

6. Eredmények

Az MgB csoport tehenei $23,6 \pm 0,8$ napot (tartomány: 18-25 nap) töltöttek a fogadóistállóban a takarmánykiegészítés időtartama alatt, míg a kontroll csoport tehenei $23,9 \pm 1,0$ napot (tartomány: 21-25 nap) töltöttek az előkészítőistállóban az ellés előtt.

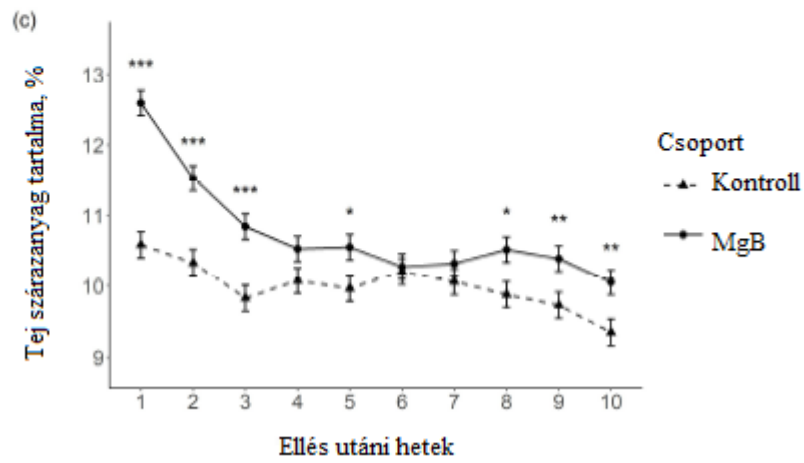
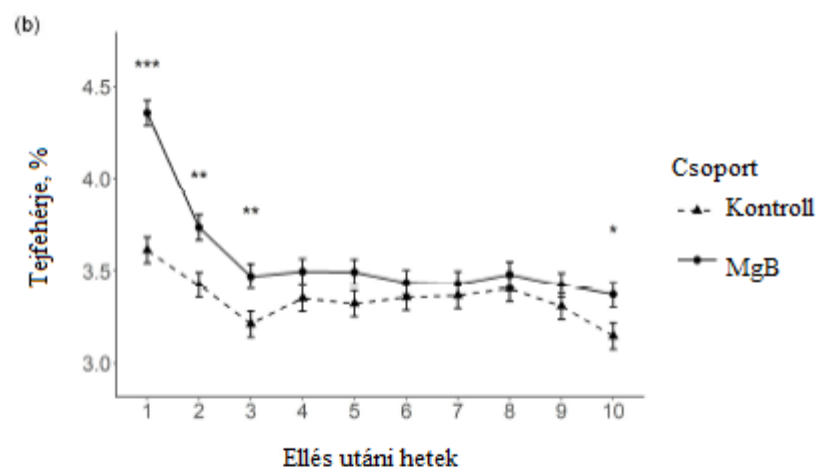
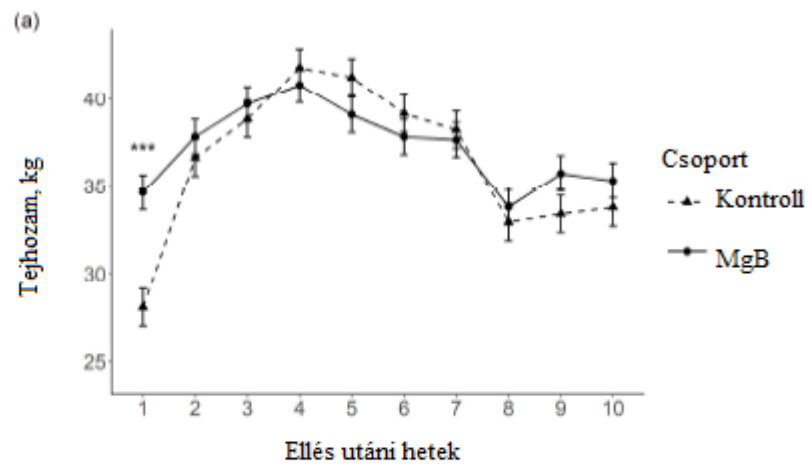
6.1. Tejtermelés és tejösszetétel

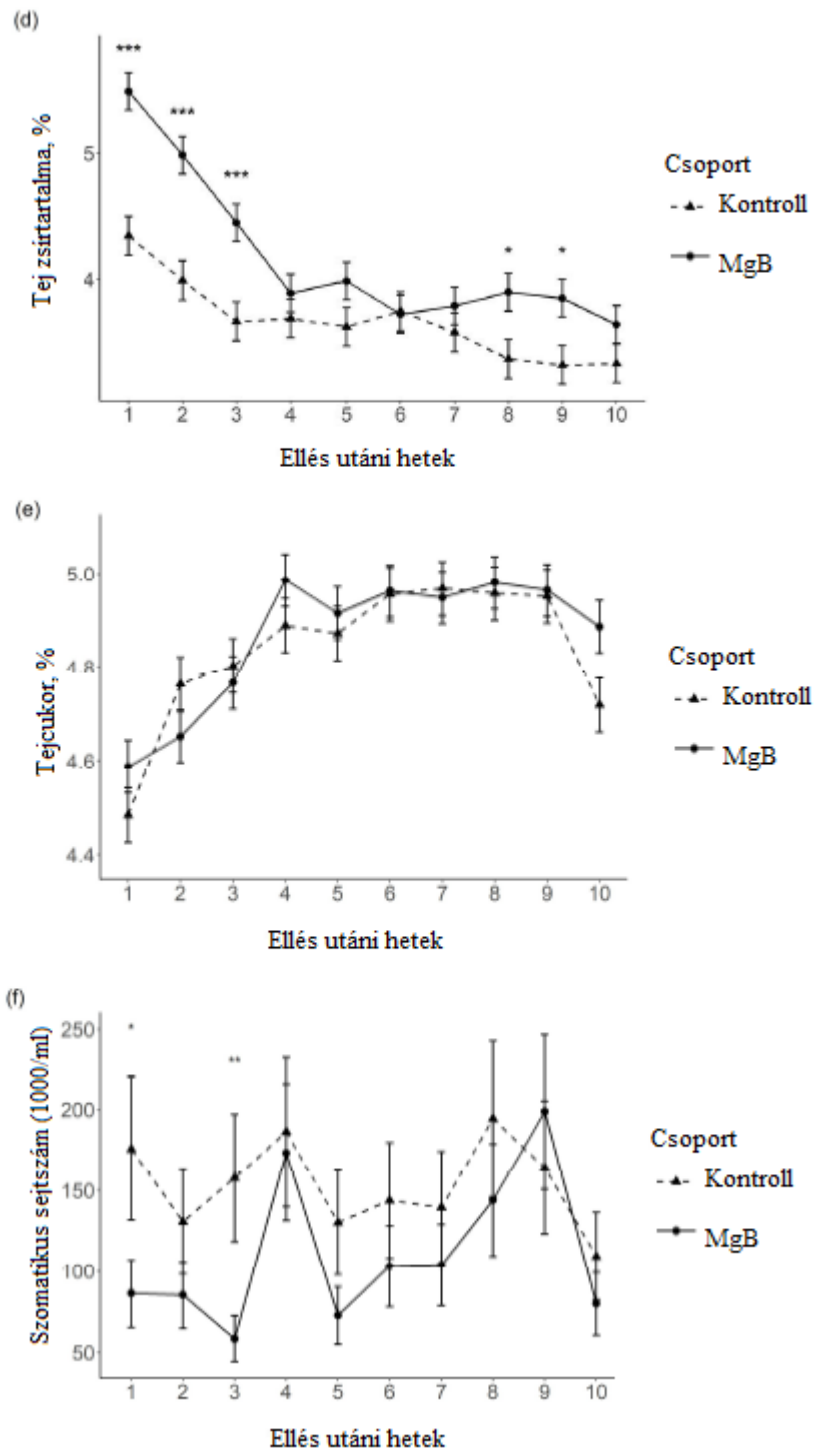
A napi tejhozam heti változását a Kontroll és a MgB csoportokban, illetve a tej kémiai összetételét az 1., 2., 3., 4., 5., 6., 7., 8., 9. és 10. héten gyűjtött tejminták esetében az 1. ábra mutatja be. A tejhozam az ellés után az eltelt idővel együtt nőtt ($p < 0,001$), és a legnagyobb hozamot a negyedik héten érte el, mindkét csoport esetében (1.ábra/a). A takarmánykiegészítés összhatása nem volt szignifikáns ($p = 0,439$), de látható volt egy kiegészítés x idő kölcsönhatás jelenléte, mivel a tejhozam 25,2%-al nagyobb volt a MgB csoport esetében mint a Kontroll csoportban az első hét alatt ($p < 0,001$).

A tej zsírtartalma az 1. héttől a 10. hétig csökkent az idő múlásával (időbeli hatás: $p < 0,001$), egy hasonló mintázatot mutatott mind a MgB, mind a Kontroll csoport (1.ábra/d). Szignifikáns volt a kiegészítő hatása ($p < 0,001$) és a kiegészítés x idő kölcsönhatása ($p < 0,001$), ami azt jelezte, hogy a MgB csoport tejében magasabb volt a zsírkoncentráció az 1., 2., 3., 8. és 9. héten vett mintáknál, mint a Kontroll csoportban. A zsírhoz hasonlóan a tejfehérje szintje is csökkent a 1. és a 10. hét közötti időben ($p < 0,001$), mindkét csoportnál (1.ábra/b). Szignifikáns volt a kiegészítés hatása ($p < 0,001$) és a kiegészítés x idő kölcsönhatása a tejfehérje koncentrációra is a MgB csoportnál, szemben a Kontroll csoporttal az 1., 2., 3. és 10. héten. A szárazanyagtartalom az első hét után mindkét csoportnál csökkent (1.ábra/c), látható volt itt is egy időbeli hatás ($p < 0,001$), egy összhatás a kiegészítésre ($p < 0,001$) és egy kiegészítés x idő kölcsönhatás is ($p < 0,001$). A MgB csoportnál a szárazanyagtartalom magasabb volt az 1., 2., 5., 8., 9., 10. héten a tejben, mint a Kontroll csoportnál. A tejcukor, vagyis a laktóz, koncentrációja az ellést követő 6 héten át emelkedett, majd néhány héten át stagnált, végül csökkenni kezdett mindkét vizsgált csoport

esetében (1.ábra/e). Míg ez az időbeli hatás szignifikáns volt ($p < 0,001$), a kiegészítő nem volt hatással a tejcukor koncentrációra ($p = 0,383$).

A mintavétel időpontja szignifikáns hatással volt a SCC-re ($p = 0,850$) és megfigyelhető egy szignifikáns kiegészítés hatás is ($p = 0,022$). A kiegészítés x idő kölcsönhatás ($p = 0,406$) nem volt jelentős és több összevetés azt mutatta, hogy a SCC az 1. és a 3. héten szignifikánsan alacsonyabb volt a MgB csoporttól származó mintákban (1.ábra/f).





1. ábra (a) tejhozam, (b) a tejfehérje, (c) a tej szárazanyagtartalma, (d) a tej zsírtartalma, (e) a tejcukor és (f) a szomatikus sejttség változása a laktáció első 10 hete alatt. A szignifikáns különbségeket az egyes grafikonokon * jelöli (* $<0,05$; ** $p<0,01$; *** $p<0,001$)

6.2. Vérparaméterek

Az összes vérkép analit átlagát a mintavétel napjai szerint és a hozzájuk tartozó p-értékeket, a kiegészítés hatását, az idő hatását és a kiegészítés x idő kölcsönhatást a 3. táblázat foglalja össze. Mindkét csoportnál szignifikáns időbeli hatás mutatkozott az összes metabolikus paraméterre, a BHB-szint a 7. napon emelkedett meg, a NEFA- és a glükózkoncentrációk pedig 0. napon, azaz az ellés idején. A plazma BHB-, NEFA- vagy glükózkoncentrációjában nem figyeltünk meg különbséget a MgB és a Kontroll csoport között, és kiegészítés x idő kölcsönhatást sem találtunk.

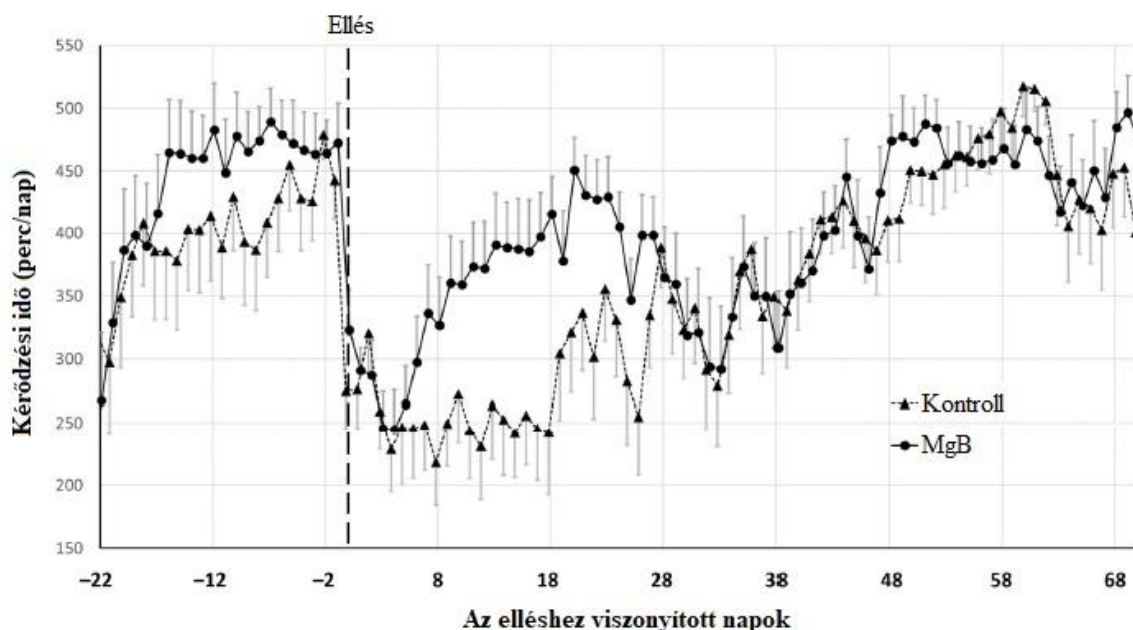
Az idő és a kiegészítés mind befolyásolta a haptoglobin koncentrációt és a kiegészítés x idő kölcsönhatás is kimutatható volt. A szérum Hp-szintek a 0. napig hasonlóak voltak a csoportoknál, majd a 7. naptól kezdve megemelkedtek és így is maradtak a laktáció vizsgált ideje alatt. A postpartum időszak alatt a haptoglobin koncentrációk szignifikánsan alacsonyabbak voltak a MgB csoport esetében a Kontroll csoporthoz képest, ami egy kiegészítés x idő kölcsönhatásra utal. A vér ionizál kalciumszintjére (iCa) is szignifikáns időhatás volt megfigyelhető. A laktáció kezdetével (0. nap) a vér iCa-szint mindkét csoportnál átlagosan 0,1 mmol/l-rel csökkent, de mindkettő csoportnál végig a normál tartományban maradt a kísérlet ideje alatt. A vér ionizált kalciumszintje nem különbözött a két csoport között és nem találtunk kiegészítés x idő kölcsönhatást sem erre a paraméterre.

3. táblázat ¹A különböző felső indexszel jelölt átlagok (^{a, b}) a csoportok közötti szignifikáns különbséget mutatják

	Eléshöz viszonyított napok ¹											<i>p</i> -érték			
	-21	-14	-7	-1	0	7	14	21	35	70	SEM	Kiegészítés Idő	Kiegészítés × Idő		
BHB (mmol/l)	Kontroll	0.37	0.38	0.36	0.36	0.34	0.71	0.43	0.60	0.60	0.51	0.074	0.825	<0.001	0.891
	MgB	0.38	0.33	0.33	0.36	0.33	0.75	0.51	0.45	0.54	0.52				
NEFA (mmol/l)	Kontroll	0.24	0.28	0.33	0.39	0.80	0.73	0.55	0.43	0.28	0.17	0.075	0.355	<0.001	0.937
	MgB	0.18	0.23	0.28	0.30	0.77	0.66	0.44	0.40	0.22	0.14				
Glikóz (mmol/l)	Kontroll	3.91	3.82	3.93	3.77	6.28	2.98	3.19	3.39	3.39	3.76	0.194	0.586	<0.001	0.111
	MgB	3.94	3.97	3.94	3.92	5.81	3.07	3.22	3.34	3.40	3.59				
Haptogloblin (g/l)	Kontroll	0.40	0.40	0.41	0.42	0.43	0.66 ^a	0.52 ^a	0.59 ^a	0.60 ^a	0.51 ^a	0.025	<0.001	<0.001	<0.001
	MgB	0.38	0.39	0.38	0.41	0.42	0.50 ^b	0.43 ^b	0.43 ^b	0.45 ^b	0.39 ^b				
Ionizált Ca (mmol/l)	Kontroll	1.21	1.20	1.20	1.21	1.08	1.14	1.15	1.15	1.15	1.10	0.01	0.922	<0.001	0.943
	MgB	1.20	1.21	1.20	1.20	1.10	1.14	1.15	1.15	1.14	1.10				

6.3. Kérődzési idő

A Kontroll és a MgB csoport teheneire is kérődzésfigyelő szenzorokat rögzítettek, nyakpánt formájában, mely a $27,1 \pm 2,9$ nappal (tartomány: 30,0 és 24,1 nap között) és $27,8 \pm 2,7$ nappal (tartomány 30,2 és 24,6 nap között) az ellések kezdete előtti időpontban és adatokat rögzített egészen a 70. DIM-ig.



2.ábra Napi kérődzéssel töltött idő az ellés előtti 22. naptól a 70. DIM-ig. Az adatok a napi átlag \pm szórást mutatják.

A napi kérődzéssel eltöltött idő hasonló mintázatot mutatott mindkét csoport esetében a prepartum és a postpartum időszakban, kivéve az ellés utáni elhúzódóbb volt a kérődzés újraindulása a Kontroll csoportnál MgB csoporthoz képest (a laktáció 4. napjától kezdődve). Nem láttunk szignifikáns különbséget a csoportok között az alapvető kérődzési időkből a mérés első 4 napjában, úgy ahogy a prepartum AUC kérődzési időben sem (4. táblázat). Az AUC kérődzési idő azonban szignifikánsan nagyobb volt a MgB csoport esetében, mint a Kontroll csoportnál az első 70 DIM alatt.

4. táblázat ¹Alapvonal = a kérődzési idők átlaga a mérés első négy napja alatt; AUC_{PRE} = a görbe alatti terület 23 nappal az ellés előtt; AUC_{POST} = a görbe alatti terület a az első 70 DIM alatt; ²Welch-féle kétmintás t-próbát alkalmazva

Kérődzési idő paraméterek ¹	Csoport			p-érték ²
	Mértékegység	Kontroll	MgB	
Alapvonal	perc/nap	351,5±46,4	347,0±45,5	0,850
AUC _{PRE}	perc	8582,6±1210,4	9568,0±1320,5	0,456
AUC _{POST}	perc	22390,5±3432,3	28235,4±4067,2	0,012

7. Megbeszélés

7.1. Tejhozam és tejösszetétel

Számos kísérletet tettek arra, hogy butirát-kiegészítéssel serkentsék a laktációt a korai postpartum időszakban. Az egyik esetben nátrium-butiráttal [31], egy másik esetben kalcium-butiráttal próbáltak kedvező növekedést elérni a laktációs teljesítményben [22], de nem állapítottak meg pozitív hatást. Az általunk kapottól ellentétes eredmények oka nem világos, az alkalmazott étrendek közötti különbségek viszont befolyásoló tényező lehetnek.

A mostani kísérletben vizsgált azon tehenek, akik a prepartum időszak során MgB kiegészítést kaptak, 25,2%-kal több tejet termeltek az első 7 DIM alatt, mint a Kontroll csoport. A jobb tejhozamot a butirátnak a bendő VFA-transzport fehérjékre, a szövetek fejlődésére és az epitheliális véráramlásra gyakorolt ismert kedvező hatásai magyarázhatják. [4, 32] A DMI-re gyakorolt hatásokat azonban nem zárhatjuk ki, mivel jelenlegi kísérletünk során a DMI-t nem tudtuk megmérni.

A tejhozammal ellentétben, ami csak a laktáció első hetében mutatott javulást, a tej zsír- és fehérjetartalma hosszabb távon is növekedést mutatott a vizsgált 70 DIM alatt. A prepartum MgB-kiegészítésben részesülő tehenek teje zsírban és fehérjében gazdagabb, és a szárazanyagtartalmuk is magasabb volt. Ez a különbség a két csoport között már az első mintavételkor szignifikáns volt, ami a kolosztrumból a tejbe való átmenetellel lehetett összefüggésben. [33] Azonban, mivel a javulás a laktáció következő két hetében is jelentős, ez azt jelzi, hogy a tej összetételében az első héten bekövetkezett változások valószínűleg valódiak és szignifikánsak. A jelen kísérlet és egy előző tanulmány eredményeivel összhangban, a butirát kiegészítése az állatok takarmányában javította a 4%-os zsír-korrigált tejhozamot, és jelentősen növelte a tejszírt. [34] Meg kell azonban jegyezni, hogy az előző

tanulmányban a butirátot a laktáció során egészítették ki, ellentétben a mostani kísérletet, ahol csak prepartum kapták az állatok, tehát a tej összetételének megváltozását kiváltó mechanizmusok eltérhetnek a két kísérlet eredményei között.

A tej laktózkoncentrációja tekintetében nem találtunk különbséget a kontroll és a kontrollcsoportok között és az MgB csoport között ebben a vizsgálatban. Ez összhangban van a korábbi vizsgálatok eredményeivel, amelyek szintén arról számoltak be, hogy az ellés előtti vagy utáni butirát-kiegészítésnek nincs hatása a tejcukor koncentrációra. [22, 34]

Ebben a kísérletben a tej SCC értéke a normális tartományon belül volt, összhangban a részvevő állatok klinikailag vizsgált és bizonyított egészségével, prepartum MgB-kiegészítés azonban jelentősen csökkentette a tej SCC-értékét. Korábban már beszámoltak arról, hogy az ellés előtti nagyobb BHB- és glükózkoncentráció alacsonyabb SCC-vel jár együtt az első próbafejéskor [35], viszont a jelenlegi eredményeknél nem figyeltünk meg emelkedést a BHB vagy a glükóz szintjében a kontroll vagy a MgB csoportokban se az ellés előtt, se utána. Az SCC szint csökkenése a kiegészítés alatt nem meglepő, mivel a butirát a hiszton-deacetiláz aktivitás jól ismert gátlója [36], immunmoduláló hatású funkcióit már leírták [37], és elősegíti a bendőszövet fejlődését is, ami csökkentheti az a bakteriális peptidoglikánok vérbe jutásának lehetőségét.

7.2. Haptoglobin szint

A haptoglobin egy olyan APP, mely széles körben elfogadott és elismert, mint egy biomarker, egy indikáció arra, hogy a szervezetben szisztémás gyulladás alakult ki. [18, 19] A haptoglobin normális, fiziológiás esetben nagyon alacsony szinten található meg a véráramban - vagy akár hiányzik is a teheneknél - ellentétben a postpartum időszakban jelentkező megbetegedéseknél, ahol a koncentrációja emelkedett. [20, 38, 39]

A mostani kísérletünk során a vizsgált szérums haptoglobin koncentrációja következetesen 1,0 mg/ml alatt volt, ami összhangban van azzal, hogy az összes résztvevő állat klinikailag egészségesnek minősült. A vérszérums Hp-szintek mindkét csoportnál az ellés utáni első héten, a 7. napon tetőzött, ami hasonló az átmeneti időszakban lévő tehenek esetében korábban közölt eredményekhez. [40] Ennek megfelelően, bár vizsgálatunk eredményei azt feltételezik, hogy a Kontroll csoport ellés utáni Hp-szintje magasabb volt az MgB-csoportéhoz képest, nincs egyértelmű bizonyítékunk arra, hogy a prepartum MgB-kiegészítést követően alacsonyabb lenne a postpartum egészségügyi kockázatok esélye.

Érdekes lehet azonban megjegyezni, hogy a vérszérum Hp-szintjének MgB-kiegészítés esetén történt csökkenése összhangban volt azzal, hogy az MgB a tej SCC-t is csökkentette.

7.3. Kérődzési idő

Kísérletünkben a kérődzési idő (RT) hasonló viselkedést mutatott az átmeneti időszakban, mint ahogyan arról korábban már más szerzők beszámoltak. [15, 41] Az ellés előtti utolsó két napban mindkét csoportnál csökkent a kérődzési idő, majd a laktáció kezdetén egy kis megszakítás után növekedésnek indult. A Kontroll csoportban azonban hosszabb volt ez a megszakítás, mint a MgB csoport teheneinél. Egyes kutatások az ellést követő 6. órában észlelték a kérődzési aktivitás lassú helyreállításának kezdetét [42], más eredmények ezt a 8. órára helyezték inkább. [41] Az ellést követően a kérődzési tevékenység újraindulása 2 és 30 nap között változhat, és közvetlenül összefügg a takarmányfelvétel kezdetének időpontjával [42].

A különböző kutatások különböző kérődzési időkről (RT) és mintázatokról számolnak be tejelő teheneknél. Egyes szerzők cirkadián mintázatot írtak le, mely szerint a szarvasmarhák általában napi 8-9 órát töltenek kérődzéssel, 25-80 perc/kg takarmány/állat, ezt azonban nagyban befolyásolja a takarmányozási idő, annak gyakorisága és a takarmány összetétele. A kérődzési aktivitás elsősorban a pihenési időszakokban legmagasabb, így éjszaka és délután általában megfigyelhető az emelkedése. [13, 27, 41] A MgB csoportnál megfigyelt RT adatok a szakirodalomban megadott tartományon belül mozogtak [13], azonban a Kontroll csoport csökkentett mértékű kérődzési aktivitást mutatott, amit a csoportok közötti szignifikáns eltérések a postpartum AUC RT-nél jeleztek is.

Az RT összefüggésbe hozható a tejelő tehének anyagcsere- és betegségállapotával, segíti az ellés várható idejét megállapítani. Ezért a kérődzés megfigyelése hasznos lehet ahhoz, hogy gyorsan információt kapjunk az állatok egészségi állapotáról egy olyan kritikus időszakban, mint az átmeneti időszak. Az ellés után a visszatérő kérődzés késedelmét riasztó jelnek tekintik, és ez összefügghet a takarmányfelvétel zavarával vagy egészségügyi problémákkal. [16] Mivel a kutatásunkban a többi mért paraméter nem utalt egészségügyi rendellenességre, a lecsökkent kérődzési aktivitásnak jelen helyzetben valószínűleg nem ez volt az oka, ezért feltételezhetjük, hogy a Kontroll csoportnál lecsökkent az ellés utáni takarmányfelvétel. Sajnos ezt ebben kísérletben nem lehetett ellenőrizni, mivel a DMI-t nem tudtuk megmérni, ha azonban igaz, hogy az MgB csoportban megnövekedett a takarmányfelvétel, akkor ennek a kiváltó okát még meghatározásra vár.

8. Összefoglalás

A tejelő tehenek prepartum MgB takarmánykiegészítése kedvezően hatott a tejhozamra és a tej összetételére. A MgB kiegészítés a vérparaméterekre nem volt hatással sem a prepartum, sem az ezt követő laktáció ideje alatt. A tej SCC és a szérum Hp koncentrációja alapján lehetséges, hogy a MgB takarmánykiegészítés az előkészítési időszakban minimalizálhatja a laktáció alatt kialakuló gyulladásos folyamatok kockázatát. A mostani kísérletünkben a MgB hatását a DMI-re nem tudtuk megmérni, és ez korlátozza a lehetőségünket annak megértésére, hogy a MgB milyen alapon képes megakadályozni a kérődzési aktivitás csökkenését a postpartum időszakban.

Összegezve, a kimutatott előnyös hatások miatt, ajánlott a MgB kiegészítő takarmányhoz keverése az ellés előtti időszakban. Hosszútávú előnyökkel szolgálhat gazdaságilag is mind a tejhozam és tejminőség, mind pedig a tehen egészsége szempontjából is a butirát kiegészítés bevonása a telepi gyakorlatba, stratégiákba. Sajnos a butirát magas piaci ára határt szabhat a széleskörű felhasználásának, ám további kutatások mindenképpen megfontolandók a témában.

9. Irodalomjegyzék

1. Lucy MC (2001) Reproductive Loss in High-Producing Dairy Cattle: Where Will It End? *Journal of Dairy Science* 84:1277–1293. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(01\)70158-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(01)70158-0)
2. Ingvartsen KL (2006) Feeding- and management-related diseases in the transition cow: Physiological adaptations around calving and strategies to reduce feeding-related diseases. *Animal Feed Science and Technology* 126:175–213. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2005.08.003>
3. Sakata T, Tamate H (1978) Rumen Epithelial Cell Proliferation Accelerated by Rapid Increase in Intraruminal Butyrate. *Journal of Dairy Science* 61:1109–1113. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(78\)83694-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(78)83694-7)
4. Mentschel J, Leiser R, Mülling C, Pfarrer C, Claus R (2001) Butyric acid stimulates rumen mucosa development in the calf mainly by a reduction of apoptosis. *Archiv für Tierernaehrung* 55:85–102. <https://doi.org/10.1080/17450390109386185>
5. Grummer RR (1995) Impact of changes in organic nutrient metabolism on feeding the transition dairy cow. *J Anim Sci* 73:2820–2833. <https://doi.org/10.2527/1995.7392820x>
6. Redfern EA, Sinclair LA, Robinson PA (2021) Dairy cow health and management in the transition period: The need to understand the human dimension. *Res Vet Sci* 137:94–101. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2021.04.029>
7. O’Boyle N (2008) Nutrition of the periparturient dairy cow. *In Practice* 30:495–500. <https://doi.org/10.1136/inpract.30.9.495>
8. Goff JP, Horst RL (1997) Physiological Changes at Parturition and Their Relationship to Metabolic Disorders. *Journal of Dairy Science* 80:1260–1268. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(97\)76055-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(97)76055-7)
9. Drackley JK (1999) Biology of Dairy Cows During the Transition Period: the Final Frontier? *Journal of Dairy Science* 82:2259–2273. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(99\)75474-3](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(99)75474-3)
10. Bertics SJ, Grummer RR, Cadorniga-Valino C, Stoddard EE (1992) Effect of prepartum dry matter intake on liver triglyceride concentration and early lactation. *J Dairy Sci* 75:1914–1922. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(92\)77951-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(92)77951-X)
11. Dieho K, Dijkstra J, Schonewille JT, Bannink A (2016) Changes in ruminal volatile fatty acid production and absorption rate during the dry period and early lactation as affected by rate of increase of concentrate allowance. *Journal of Dairy Science* 99:5370–5384. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-10819>
12. Bergman EN (1990) Energy contributions of volatile fatty acids from the gastrointestinal tract in various species. *Physiol Rev* 70:567–590. <https://doi.org/10.1152/physrev.1990.70.2.567>

13. Full article: Using rumination time to manage health and reproduction in dairy cattle: a review. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/01652176.2021.1987581>. Accessed 27 Oct 2023
14. Schirmann K, Chapinal N, Weary DM, Heuwieser W, Keyserlingk MAG von (2012) Rumination and its relationship to feeding and lying behavior in Holstein dairy cows. *Journal of Dairy Science* 95:3212–3217. <https://doi.org/10.3168/jds.2011-4741>
15. Büchel S, Sundrum A (2014) Short communication: Decrease in rumination time as an indicator of the onset of calving. *J Dairy Sci* 97:3120–3127. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7613>
16. Calamari L, Soriani N, Panella G, Petrera F, Minuti A, Trevisi E (2014) Rumination time around calving: An early signal to detect cows at greater risk of disease. *Journal of Dairy Science* 97:3635–3647. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7709>
17. Peiter M, Phillips HN, Endres MI (2021) Association between early postpartum rumination time and peak milk yield in dairy cows. *J Dairy Sci* 104:5898–5908. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-19698>
18. Cray C, Zaias J, Altman NH (2009) Acute Phase Response in Animals: A Review. *Comp Med* 59:517–526
19. Murata H, Shimada N, Yoshioka M (2004) Current research on acute phase proteins in veterinary diagnosis: an overview. *Vet J* 168:28–40. [https://doi.org/10.1016/S1090-0233\(03\)00119-9](https://doi.org/10.1016/S1090-0233(03)00119-9)
20. Chan JP-W, Chu CC, Fung HP, Chuang ST, Lin YC, Chu RM, Lee SL (2004) Serum Haptoglobin Concentration in Cattle. *Journal of Veterinary Medical Science* 66:43–46. <https://doi.org/10.1292/jvms.66.43>
21. Salvi PS, Cowles RA (2021) Butyrate and the Intestinal Epithelium: Modulation of Proliferation and Inflammation in Homeostasis and Disease. *Cells* 10:1775. <https://doi.org/10.3390/cells10071775>
22. Engelking LE, Ambrose DJ, Oba M (2022) Effects of dietary butyrate supplementation and oral nonsteroidal anti-inflammatory drug administration on serum inflammatory markers and productivity of dairy cows during the calving transition. *Journal of Dairy Science* 105:4144–4155. <https://doi.org/10.3168/jds.2021-21553>
23. Agnew RE, Yan T, Gordon FJ (1998) Nutrition of the high genetic merit dairy cow-energy metabolism studies
24. Ingvarlsen KL, Andersen JB (2000) Integration of Metabolism and Intake Regulation: A Review Focusing on Periparturient Animals. *Journal of Dairy Science* 83:1573–1597. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(00\)75029-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(00)75029-6)
25. Veerkamp RF, Koenen EPC, De Jong G (2001) Genetic Correlations Among Body Condition Score, Yield, and Fertility in First-Parity Cows Estimated by Random Regression Models. *Journal of Dairy Science* 84:2327–2335. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(01\)74681-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(01)74681-4)

26. Cardoso FC, Kalscheur KF, Drackley JK (2020) Symposium review: Nutrition strategies for improved health, production, and fertility during the transition period. *J Dairy Sci* 103:5684–5693. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17271>
27. Schirmann K, Keyserlingk MAG von, Weary DM, Veira DM, Heuwieser W (2009) Technical note: Validation of a system for monitoring rumination in dairy cows. *Journal of Dairy Science* 92:6052–6055. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2361>
28. Bates D, Mächler M, Bolker B, Walker S (2015) Fitting Linear Mixed-Effects Models Using lme4. *Journal of Statistical Software* 67:1–48. <https://doi.org/10.18637/jss.v067.i01>
29. Lenth RV, Bolker B, Buerkner P, Giné-Vázquez I, Herve M, Jung M, Love J, Miguez F, Riebl H, Singmann H (2023) emmeans: Estimated Marginal Means, aka Least-Squares Means
30. Gastwirth JL, Gel YR, Hui WLW, Lyubchich V, Miao W, Noguchi K (2023) lawstat: Tools for Biostatistics, Public Policy, and Law
31. Kowalski ZM, Górka P, Flaga J, Barteczko A, Burakowska K, Oprządek J, Zabielski R (2015) Effect of microencapsulated sodium butyrate in the close-up diet on performance of dairy cows in the early lactation period. *Journal of Dairy Science* 98:3284–3291. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-8688>
32. Storm AC, Hanigan MD, Kristensen NB (2011) Effects of ruminal ammonia and butyrate concentrations on reticuloruminal epithelial blood flow and volatile fatty acid absorption kinetics under washed reticulorumen conditions in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science* 94:3980–3994. <https://doi.org/10.3168/jds.2010-4091>
33. Puppel K, Gołębiowski M, Grodkowski G, Słószarz J, Kunowska-Słószarz M, Solarczyk P, Łukasiewicz M, Balcerak M, Przysucha T (2019) Composition and Factors Affecting Quality of Bovine Colostrum: A Review. *Animals (Basel)* 9:1070. <https://doi.org/10.3390/ani9121070>
34. Izumi K, Fukumori R, Oikawa S, Oba M (2019) Short communication: Effects of butyrate supplementation on the productivity of lactating dairy cows fed diets differing in starch content. *Journal of Dairy Science* 102:11051–11056. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17113>
35. Nyman A-K, Emanuelson U, Holtenius K, Ingvarsen KL, Larsen T, Waller KP (2008) Metabolites and Immune Variables Associated with Somatic Cell Counts of Primiparous Dairy Cows. *Journal of Dairy Science* 91:2996–3009. <https://doi.org/10.3168/jds.2007-0969>
36. Wang Y, Liu J, Huang J, Chang G, Roy AC, Gao Q, Cheng X, Shen X (2021) Sodium butyrate attenuated iE-DAP induced inflammatory response in the mammary glands of dairy goats fed high-concentrate diet. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 101:1218–1227. <https://doi.org/10.1002/jsfa.10734>
37. Wu Y, Sun Y, Zhang R, He T, Huang G, Tian K, Liu J, Chen J, Dong G (2021) Sodium Butyrate More Effectively Mitigates the Negative Effects of High-Concentrate Diet in Dairy Cows than Sodium β -Hydroxybutyrate via Reducing Free Bacterial Cell

- Wall Components in Rumen Fluid and Plasma. *Toxins (Basel)* 13:352. <https://doi.org/10.3390/toxins13050352>
38. Huzzey JM, Duffield TF, LeBlanc SJ, Veira DM, Weary DM, von Keyserlingk M a. G (2009) Short communication: Haptoglobin as an early indicator of metritis. *J Dairy Sci* 92:621–625. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1526>
 39. Eckersall PD, Bell R (2010) Acute phase proteins: Biomarkers of infection and inflammation in veterinary medicine. *The Veterinary Journal* 185:23–27. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2010.04.009>
 40. Cartes D, Strappini A, Sepúlveda-Varas P (2021) Provision of shelter during the prepartum period: Effects on behavior, blood analytes, and health status in dairy cows in winter. *Journal of Dairy Science* 104:3508–3521. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-19439>
 41. Kovács L, Kézér FL, Ruff F, Szenci O (2017) Rumination time and reticuloruminal temperature as possible predictors of dystocia in dairy cows. *Journal of Dairy Science* 100:1568–1579. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11884>
 42. Schirmann K, Chapinal N, Weary DM, Vickers L, Keyserlingk MAG von (2013) Short communication: Rumination and feeding behavior before and after calving in dairy cows. *Journal of Dairy Science* 96:7088–7092. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7023>

Köszönetnyilvánítás

Szeretnék köszönetet nyilvánítani témavezetőmnek, Dr. Jurkovicsh Viktornak a szakdolgozatom megírásához nyújtott szakmai segítségért és támogatásért, az Ödön-major szarvasmarha telep tulajdonosának és a gazdaság személyzetének minden segítségéért, hogy a kísérlet megvalósulhasson, valamint Dr. Bakony Mikoltnak (Biostatistika Tanszék) a statisztikai elemzésért.

A projekt az Európai Unió támogatásával, Európai Szociális Alap (ESZA) társfinanszírozásával valósul meg (a támogatási szerződés száma: EFOP-3.6.1-16-2016-00024, projekt címe: Intelligens szakosodást szolgáló fejlesztések az Állatorvostudományi Egyetem és Széchenyi István Egyetem Mezőgazdasági- és Élelmiszertudományi Karának együttműködésében).