

Állatorvostudományi Egyetem, Budapest,
Állattenyésztési, Takarmányozástani és Laborállat-tudományi Intézet,
Takarmányozástani és Klinikai Dietetikai Tanszék

A Repchol növényi kolin és a védett kolin hatásának összehasonlító vizsgálata tejtípusú tehén tejtermelése és zsírsanyagcseréje alapján

Comparison of the effects of Repchol herbal choline and rumen protected choline on production and lipid metabolism in dairy cattle

Készítette:

Bischof Daniella

állatorvostan-hallgató

Témavezetők:

Dr. Hullár István

egyetemi docens, tanszékvezető

ÁTE, Takarmányozástani és Klinikai Dietetikai Tanszék

Baranyay Henrik

K+F termékmenedzser,

UBM csoport



Budapest,

2024.

Abstract

In our experiment we investigated the effect of Repchol herbal choline supplementation in dairy cattle in comparison to rumen protected choline. The experiment was carried out in Nagyszentjános, a dairy farm of Kisalföld Mezőgazdasági Zrt.. In the study we compared milk production and composition, and blood parameters of second and third lactation cows. The cows of the control group were fed a rumen protected choline supplementation, ReaShure for 3 weeks prior to calving, while the cows of the experimental group received Repchol herbal choline supplementation for 3 weeks prior to calving. The feed composition, besides the choline source and housing of the animals were identical in the two groups. Milkyield and composition was recorded daily from the start of the production for every animal. Blood samples for metabolic parameters were collected on days 7, 21, and 35 of lactation from 10-10 animals respectively. The comparison of production data collected from 38 animals consuming rumen protected choline and 41 animals consuming Repchol showed no significant difference in daily milk production and milk fat and protein content. Significant differences in AST, triglyceride and urea levels were observed between the blood sample results from the two groups on day 21 of lactation. In addition, significantly lower triglyceride levels were observed on day 35 in the experimental group. No other significant differences were found besides these 4 values. Based on the results obtained from this experiment, it could be concluded, that Repchol herbal choline supplementation has the potential to replace rumen protected choline in dairy cattle. However, further experiments may be necessary to provide more information on the role of Repchol herbal choline supplement in the production and lipid metabolism of dairy cattle.

Rövidítések jegyzéke:

VLDL: Very Low Density Lipoprotein; nagyon alacsony sűrűségű lipoprotein

RPC: Rumen Protected Choline; bendővédett kolin

FCM: Fat Corrected Milk; 4% tejszírra korrigált tejmenyiség

NEFA: Non-Esterified Fatty Acids; szabad zsírsavak

BHB: béta-hidroxibutirát

AST: aszpartát-aminotranszferáz

Tartalom

1. Bevezetés	4
1.1 A tejtermelés jelentősége.....	4
1.2 A gyógynövények jelentősége	5
1.3 Célkitűzés	6
2. Szakirodalmi áttekintés	6
2.1. Kérődzők energiaellátottságának jellemzése, a tej összetétele	6
2.2 Termelést befolyásoló tényezők	10
2.3 Az ellés körüli időszak metabolikus jellemzői, előforduló anyagcsere-problémák	11
2.4. A kolin hatása.....	12
2.5. Korábbi kísérletek a Repchollal	15
3. Anyag és módszer	17
3.1. A kísérlet helyszíne	17
3.2 Kísérleti állatok.....	18
3.3 Kísérleti csoportok.....	18
3.4 Kísérleti anyag	18
3.5 Adagolás	19
3.6 Vizsgált paraméterek, mintavétel	21
4. Eredmények.....	22
5. Eredmények értékelése	29
6. Következtetések.....	35
7. Összefoglalás.....	36
8. Köszönetnyilvánítás	37

1. Bevezetés

1.1 A tejtermelés jelentősége

A tejtermelés a globális élelmiszer ellátási lánc egy fontos pontja, mivel a tej és tejtermékek az emberiség ételmezésében fontos szerepet játszanak. A tej az egyik legfontosabb alapélelmiszer, hiszen magas tápértékkel rendelkezik, a tejben található állati fehérjék esszenciálisak a kiegyensúlyozott táplálkozáshoz. Következésképpen világszinten létfontosságú a tejtermelés hatékonyságának növelése, a fogyasztók igényeinek kielégítése végett. [1]

A gazdasági nyomás, a technológiai újítások, a demográfiai változások, a fogyasztói elvárások és a változó szabályozási keret hozzájárult a globális tejiparban bekövetkező változásokhoz. Ezek a változások mélyreható hatással voltak és valószínűleg a jövőben is lesznek a tejelő tehenek egészségére és jólétére, valamint a tejelő állományok gazdálkodási gyakorlatára és rendszereire. [2]

A globális szintű tejtermelés folyamatosan növekvő trendet mutatott az elmúlt három évtizedben, több mint 50 százalékkal nőtt a világszintű tejtermelés 1983 és 2017 között. [1]

Ez a növekvő termelés genetikai fejlődésnek köszönhető. Ezek a fejlődések a 20. század elején kezdődtek meg a jobb beltartalmi értékű és több tejet adó állatok szelekciójával. Ezt jól mutatja, hogy míg 1920-ban átlagosan 2000 kg tejet termeltek évente az állatok 305 napos laktációs periódusban, addig jelenleg 10000 kg fölötti átlagos termelést érhetnek el ugyanolyan beltartalmi értékekkel. [3] Ebből is látható, hogy a növekvő igények és gazdaságossági szempontok hatására az egy tehenre jutó tejtermelés mennyiségének növelése került előtérbe. [2]

Magyarországon a tejtermelés is folyamatosan növekedett 2009 óta, és 2019-re elérte az 1924 tonnát évente. [1]

A genetikai fejlődés mellett a tejelő állományok átlagos mérete is növekedett az elmúlt évtizedekben valamennyi fejlett országban. Ezzel párhuzamosan a legtöbb országban csökkent a tejtermelő gazdaságok száma. Tehát a tejelő szarvasmarhák kevesebb, azonban nagyobb létszámú telepeken vannak elhelyezve. A növekvő állományméret leginkább gazdasági indíttatásból lett elterjedtebb, mivel az egységre vonatkoztatott termelési költségek az állomány méretének növekedésével csökkennek. [2]

A különféle tejelő tehén fajták közül a Holstein-Fríz a leghatékonyabb és legnagyobb profitot termelő fajta. Ezen tulajdonsága miatt ez a fajta világszinten az első számú választás a tejtermelő gazdaságok számára. [3]

Az állatokat a genetikai potenciáljuknak megfelelő termelés elérésében külső tényezők, mint a hőstressz, túlsúlyfoltosság vagy betegségek képesek korlátozni. Az előbbiek mellett az egyik legnagyobb kihívás a lehető legjobb tejtermelés eléréséhez a megfelelő takarmányozás. [4]

A takarmány a termelés egyik fő eleme, amely a tejtermeléshez szükséges, valamint tápanyagokat biztosít a tehén anyagcsere-folyamataihoz és egyéb testfunkcióihoz. A tejtermelő gazdaságok termelési költségeinek több mint 60%-át ez teszi ki egyes tanulmányok szerint. [5]

Új kutatások szerint egyes takarmánykiegészítők szükségesek lehetnek ahhoz, hogy támogassák az állatokat a biológiai kapacitásuknak megfelelő termelés elérésében. Az egyik ilyen szükséges tápanyag a kolin. [4]

1.2 A gyógynövények jelentősége

A növények egészségügyi célból történő felhasználása már évezredek óta ismert. Egyes növények és kivonataik jól ismert fitobiotikumok, amelyek széles körűen használtak tradicionális vagy alternatív állatgyógyászatban. [6] A gyógynövények emészthetőséget javító, antimikrobiális, gyulladáscsökkentő, antioxidáns és immunstimuláns tulajdonságokkal rendelkezhetnek, amit érdemesnek bizonyul kihasználni az állatok takarmányozásában, valamint az emberek számára biztonságos élelmiszeripari termékek előállításában. [7]

Az utóbbi években a növényi takarmánykiegészítők használata egyre nagyobb jelentőséggel bír az állattenyésztésben. [7] Ennek oka lehet a modern gyógyszerek okozta mellékhatások, az antimikrobiális rezisztencia növekedése, valamint a bio gazdaságok növekvő számú előfordulása. [6] Továbbá a gyógynövények használata mellett szól bizonyos antibiotikumok használatának tilalma haszonállat gyógyászatban, valamint egyes gyógyszerekkel az élelmiszerekbe jutó káros maradványanyagok jelenléte, mely növényi készítményekkel kiküszöbölhető. Ezeken felül költséghatékonysági szempontból is előtérbe kerül a gyógynövények használata takarmánykiegészítőként. Az előbbiek mellett fogyasztói nyomásra adott válaszként is egyre nagyobb az érdeklődés a növényi takarmány-adalékanyagok iránt az állattenyésztésben. [7]

1.3 Célkitűzés

Jelen vizsgálatunk célja, hogy információt szerezzünk arról, hogy a Repchol növényi kolin tartalmú takarmánykiegészítő megfelelő alternatívája lehet-e a szintetikus kolinnak tejelő szarvasmarhák takarmányozása során. Ennek megállapítására az állatok termelési mutatóit, valamint zsírsavcseréről és máj állapotáról információt szolgáló vérparamétereit vettük figyelembe.

2. Szakirodalmi áttekintés

2.1. Kérődzők energiaellátottságának jellemzése, a tej összetétele

A kifejlett kérődzők, így a tejelő tehenek energiaellátása jelentősen különbözik a monogasztrikus állatokétól, amely különbség leginkább az eltérő emésztésükből fakad. [8]

A kérődzők emésztőrendszerének nagy előnye a gyomor előtti fermentáció, amely képes energiát biztosítani az állati szervezetnek strukturális szénhidrátok felhasználásával és bakteriális fehérjék előállításával. [9] Az állatok a szükséges energia közel 70 százalékát mikrobiológiai fermentációból nyerik, valamint mikroba fehérjék közel 90 százalékát teszi ki a vékonybélbe jutó összes aminosavaknak. [10]

Ezt az egyedi emésztési módot nagyszámú mikroba populációk teszik lehetővé, mely mikrobák a gazdaszervezettel egy szimbiotikus kapcsolatot tartanak fent. A bendőmikrobiom fő alkotói baktériumok, de emellett protozoák, gombák és bakteriofágok is szerepet játszanak a kialakításában. A mikrobiális fermentáció elsősorban a bendőben zajlik, mely a négyüregű gyomor első szakasza.[10]

Az állat által elfogyasztott takarmány először a bendő fermentáló hatásának van kitéve, ahol a szénhidrátok és fehérjék mikrobiológiai fermentáció hatására átalakulnak köztitermékekké, mint cukrokká és aminosavakká. Majd ezek a köztitermékek alakulnak át széndioxiddá, metánná, ammóniává és illózsírsavakká, főként acetát, propionát és butirát formájában, valamint mikrobiális aminosav szintézis során mikroba fehérjéket képeznek.[10] Főként az ammónia biztosítja a baktériumok számára a mikrobiális fehérjék szintéziséhez szükséges nitrogénforrást. [11] A fermentáció mértéke fontos paraméter az állat fehérje, vitamin és rövid

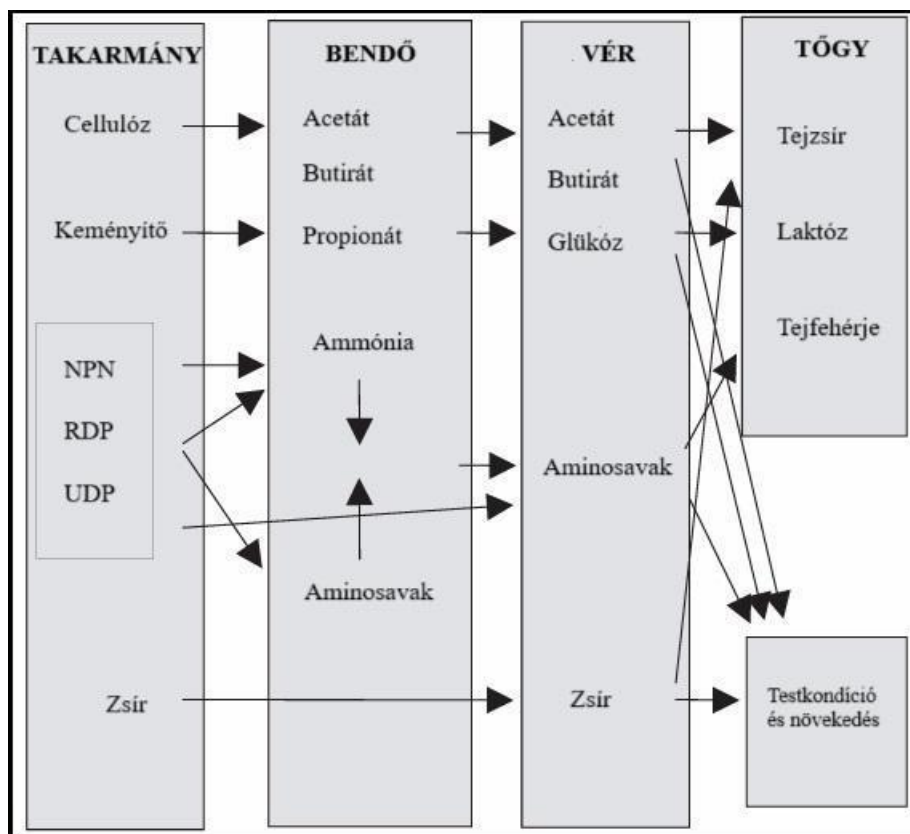
szénláncú zsírsav ellátásában. A rövid szénláncú zsírsavak elsősorban a bendőfalon keresztül szívódnak fel, míg a fehérjék, lipidek és szénhidrát származékok a vékonybélben kerülnek emésztésre, ezáltal biztosítva az állat számára a szükséges energiát. [10]

A kérődzők esetében a cellulózt és hemicellulózt tartalmazó rostos takarmányok és a keményítőben gazdag gabonák az elsődleges szénhidrátforrások. A felvett takarmány cellulóz és hemicellulóz tartalma nagyrészt a bendőben kerül fermentációra. A mikroorganizmusokat tevékenysége során képződő illózsírsavak a bendő nyálkahártyáján keresztül felszívódva jutnak el a szervezet energiatermelő folyamataiba. Ezen illózsírsavak jelentik a kérődzők legfőbb energiaforrását, melyek kisebb részben az emésztőtraktus más részeiből is felszívódnak.[12] A takarmány nem strukturális szénhidrátjai közül a keményítő tölti be a legfontosabb szerepet. A keményítő elsősorban propionáton keresztül glükózt biztosít az állati szervezet számára. [13]

A takarmánnyal különböző nitrogén forrásokhoz juthat az állat, úgy, mint nem fehérje eredetű nitrogén (NPN), bendőben lebomló (RDP), és nem lebomló fehérjék (UDP). [13] A takarmány fehérjetartalma főként a bendőben alakul peptidekké, aminosavakká és ammóniává. [8] A fehérje bontással párhuzamosan bakteriális fehérjeszintézis is folyik, amely során főként ammóniát és kisebb mértékben aminosavakat használnak fel a mikroorganizmusok. A takarmány fehérjetartalmának egy része elkerüli a bendő fermentáló hatását és közvetlen a vékonybélbe jut. [11] A vékonybélben emésztésre kerülő mikrobiális fehérjékből származó aminosavak felszívódva elsősorban tejfehérje szintézishez használódnak fel. [13]

A takarmánnyal különböző csoportokba tartozó lipideket tud felvenni az állat, mint triglicerideket, foszfolipideket, szabadzsírsavakat és zsírsavak kalcium sóit. Az energiaellátottság szempontjából a zsírsavak a legjelentősebbek. A kérődzők a felesleges lipideket főként trigliceridek formájában képesek tárolni zsírdepókban, amelyeket képesek lebontani energiahány esetén, ezzel fedezve az energiaszükségletüket. [8]

Az 1. ábrán látható a takarmány fő összetevőinek útja a bendőn keresztül, a vérbe felszívódva, majd a tőgyben a tej szintéziséhez hozzájárulva. [13]



1. ábra

A takarmány főbb összetevőinek útja az állati szervezetben tejtermelésre vonatkozóan [13]

A tej összetételét tekintve zsír, fehérje, laktóz, vitaminok és ásványi anyagok vízben oldott vagy szuszpendált keveréke. [14] A tej termelése az emlőmirigyben történik a tőgyszövet által, ahol megközelítőleg 500 liter vér átáramlása szükséges 1 liter tej termeléséhez. [13]

Valamennyi összetevője vagy aktívan termelődik a szekréciós sejtek által, vagy az emlőmirigy hámsejtjein keresztül filtrációval jut a tejbe laktáció során. [14] A tőgyszövet sejtjei a vér által odaszállított víz, glükóz, zsír és aminosavak felhasználásával állítják elő a tejet. A tej zsír- és fehérjetartalma számos tényezőtől függ, mint például a tehén laktációs szakasza, testkondíciója, takarmányozása és az állat fajtája. [13]

A tehéntej átlagos fehérje tartalma 3,1-3,4% között mozog, mely arány általában 0,3-0,5%-kal kevesebb, mint a tej zsírtartalma. A tejzsír szinte teljes egészét trigliceridek adják, így a tej zsírtartalmának meghatározásakor erről beszélünk. A tejzsír aránya Holstein-Fríz fajtánál átlagosan 3,3-3,6% között változik, de akár 2,8-5,5% között is lehet. [15]

A megtermelt tej mennyiségét és annak laktóztartalmát nagyban befolyásolja a takarmány összetétele. A takarmány keményítő tartalmából a bendő fermentáció során keletkező

propionsav a glükoneogenezisbe lépve biztosítja a vércukorszint fenntartását, valamint a tejcukor termelését. A tejmirigy a glükózból laktózt képez, amely laktóz magával vonzza a vizet is, így biztosítva a tej nagyjából állandó laktóz tartalmát. Ebből következik, hogy az emlőbe jutó cukor mennyisége meghatározza a termelő laktóz mennyiségét, ezáltal a megtermelt tej mennyiségét is. A tej fehérjetartalmának előállításához aminosavakra van szükség, amely aminosavak a vékonybélből felszívódva, vagy a szervezet tartalékaiból mozgósítva kerülnek a tejmirigyekbe. [13,16]

A tej zsírtartalmának előállításához több úton juthat el a tejmirigy. Egyrészt rövid és közepes szénláncú zsírsavak de novo szintézise történik a tejmirigyekben. Ehhez a takarmány szénhidrát tartalmának fermentációjából keletkező acetoacetát és béta hidroxibutirát adják a kiindulást. Másrészt a vérben keringő hosszú szénláncú zsírsavak járulnak hozzá a tej zsírtartalmának szintéziséhez. [16] Emellett a takarmány zsírtartalma is közvetlenül hozzájárulhat a tejszír képzéséhez. [13]

A tej összetételét több takarmányozási tényező is képes befolyásolni. A magasabb rosttartalmú takarmányokból származó több acetát hozzájárul a magasabb zsírtartalmú tej képzéséhez, míg a keményítőben dús takarmány a glükóz képzést segíti, ezáltal emelve a laktóz szintézis mértékét. Ez a magasabb keményítőtartalmú takarmány kevesebb tejszír termeléséhez vezet, valamint a nagyobb mennyiségű laktóz termelés a tej térfogatát is növeli azáltal, hogy vizet vonz magával, ezzel tovább hígítva a tej zsírtartalmát.[13]

A tőgy a vérben szállított aminosavakból és glükózból állítja elő a tej fehérjetartalmát. Az aminosavak az építőkövek és a glükóz biztosítja a szükséges energiát a tejfehérje szintéziséhez. Amennyiben a glükóz igény nem elégíti ki a rendelkezésre álló aminosavakból történő tejfehérje előállítást, a szervezet az aminosavak egy részét használja glükóz képzéshez. Ez nem egy effektív módja a tejfehérje szintézisnek, mivel az aminosavak fehérje előállító potenciálja elveszik a glükóz hiány következtében. [13]

2.2 Termelést befolyásoló tényezők

A tejelő tehenek termelékenysége több tényezőtől függ, úgymint az állatok genetikai alapja, szaporodásbiológiai tulajdonságaik, takarmányozási jellemzőik, valamint a tartási környezetük. [16] Emellett még befolyással van a termelésre az állatok laktációs állapota, kondíciója és kora, egészségügyi állapotuk, valamint az éghajlati viszonyok. [15]

Jellemző, hogy a tejtermelés maximálására történt genetikai szelekció csökkenti az állatok ellenállóképességét a hőséggel szemben, ezáltal fokozva a hőstresszre való fogékonyságukat. Az európai eredetű fajták, mint a Holstein fríz jobban kitettek a hőstressznek, részben a magasabb termelékenységük miatt, ami csökkenti a hőmérsékleti küszöbértéküket. [17]

A hőstressz a termelést korlátozó tényezők egyik legfontosabb eleme tejelő tehenekben. Jelentős hatással van a tehenek termelékenységére, egészségére és szaporodásbiológiai mutatóira. Ezen hatások közül a csökkent tejtermelés a leginkább elismert. [18]

Az állatok termelését a laktáció napja is nagymértékben befolyásolja. A tejelő tehenek standard laktációs görbe szerint a termelésük csúcsát az ellés utáni 4. és 8. hét között érik el, ami után a tejhozam napi szintű csökkenése következik be, egészen a szárazra állítás időpontjáig. A tejtermelés csökkenése együtt járhat annak beltartalmi értékeinek növekedésével, vagyis a zsír- és fehérjetartalom emelkedésével. [20] Majd a laktációs időszak vége felé a tej összetétele hígul, csökken a zsírtartalma a növekvő lipáz enzim koncentráció miatt. [15]

A tehenek paritása is befolyásolja a megtermelt tej mennyiségét, valamint annak összetételét. A tejhozam az első laktáció során kisebb, majd a harmadik laktációig növekszik és ezután csökken. A zsír és fehérje tartalom magasabb az első laktáció során, azonban a napi megtermelt mennyiség nem éri el a későbbi laktációs állatokra jellemző szintet. A legalacsonyabb tejhozamot az első laktáció során rögzítették egy kísérletben, ahol a 61-90 nap között volt a termelési maximum. A legmagasabb tejtermelést a harmadik laktációs tehenek érték el, ahol szintén az ellés utáni 61-90 napok között érték el a termelés maximumát. [21]

2.3 Az ellés körüli időszak metabolikus jellemzői, előforduló anyagcsere-problémák

Az ellés körüli időszak alatt az ellést megelőző három hetet, valamint a laktáció első három hetét értjük. [22]

Több kutatás is bizonyította, hogy a metabolikus és termeléshez kapcsolódó megbetegedések, mint a tőgygyulladás, méhgyulladás, zsírmáj szindróma, ketózis, hipomagnezémia és oltógyomor- helyzetváltozás leggyakrabban az ellés körüli időszakban fordulnak elő. Többféle stresszor összeadott hatása növelheti, és meg is hosszabbíthatja az ellés körüli időszak során fellépő immunszupresszált állapotot, amely tovább fokozza az állatok kitettségét megbetegedésekkel szemben. Ezen faktorok közé tartoznak a takarmányozási hiányosságok, maga az ellés és az állatok újracsoportosítása a laktáció megkezdésével. [22]

Az ellést követő időszakban a laktáció megindulása, valamint a növekvő tejtermelés miatt az állatoknak többlet energiára van szükségük. [23] Amennyiben a megnövekedett energiaszükségletet a felvett takarmánymennyiség nem tudja kielégíteni, negatív energiaegyensúly lép fel, amely hatására számos metabolikus változás következik be és kialakulhatnak az ellés körüli időszakra jellemző megbetegedések, anyagcserezavarok. [8]

A zsírmáj szindróma, más néven hepatikus lipidózis a tejelő tehenek egyik fontos anyagcsere betegsége, amely akkor alakul ki, ha a májban nagyobb arányú a zsírok felvétele, mint azok oxidációja és szekréciója. Az ellés körüli időszakban kialakuló negatív energiaegyensúly helyreállítása érdekében a zsírdépókban raktározott lipidek mobilizációja indul be. A lipid mobilizáció során szabad zsírsavak (NEFA) kerülnek a véráramba. Ilyenkor a felesleges lipidek trigliceridek formájában kerülnek raktározásra a májban, amely összefüggésben vannak a máj csökkent metabolikus funkciójával. [24]

Kisebb arányú zsírlerakódás a májban nem feltétlenül jelentkezik klinikai tünetekben, azonban nagyobb arányú triglicerid lerakódás az adott egyed termelékenységének romlásához vezethet, valamint a szaporodásbiológiai teljesítmény és az állatok jólléte is romolhat. [24]

A máj megnövekedett zsírsav felvétele sokszor a zsírsavak részleges oxidációjával is együtt jár a negatív energiaegyensúlyban. A tejtermeléshez szükséges fokozott tejcukor szintézise miatt megnövekedik a szervezet glükóz igénye, amelyet a szervezet fokozott glükoneogenezissel fedez. Ennek hatására több enzimatisz lépésön keresztül megnövekszik a ketonanyagok termelése és a véráramba jutása. Ezen ketonanyagok a béta-hidroxibutirát, acetoacetát, valamint kisebb mértékben az aceton. A ketózis előfordulhat klinikai vagy szubklinikai formában is. A

szubklinikai ketózis a vérben keringő ketontestek megnövekedett mértékét jelenti, ennek során megnő a vér BHB és NEFA koncentrációja is. A szubklinikai ketózis különös jelentőséggel bírhat, mivel sokszor észrevétlen marad, azonban negatív hatással lehet a tejtermelésre. A klinikai ketózis leggyakrabban magas termelésű állatokban fordul elő, tipikusan a laktáció 2. és 7. hete között. A ketózis következtében kialakuló klinikai tünetek közé tartozhat a csökkent étvágy, csökkent tejtermelés, testsúlycsökkenés, valamint megfigyelhető a vér alacsony glükóz- és magas keton tartalma. [8, 25, 26]

A zsírmáj szindróma egy potenciális megoldása lehet a trigliceridek májból történő elszállításának növelése, mely nagyon alacsony sűrűségű lipoproteinek (VLDL) formájában lehetséges. A VLDL szintéziséhez többek között szükség van foszfolipidekre, ezen belül foszfatidilkolinokra. [27] A kérődzők alapvetően alacsonyabb kapacitással rendelkeznek a VLDL májban történő előállítására, amely részben a takarmány limitált kolin tartalmához is köthető lehet. [26]

2.4. A kolin hatása

A kolin, tudományos nevén béta-hidroxietil-trimetilammoniumion egy erős szerves bázis. Széles körben előfordul állati és növényi szervezetekben önállóan, valamint acetilkolin és többféle foszfolipid részeként is. Gyakran hibásan a B-vitamin komplexbe sorolják, azonban nem sorolható a vitaminok közé, mivel nagyobb arányban van szüksége rá az állati szervezeteknek, mint a vitaminokra, nem vesz részt kofaktorként enzimatikus folyamatokban, valamint endogén módon is szintetizálható. Ezen felül más vízoldható vitaminokkal szemben nehezen állapítható meg hiánybetegség kolinra, mivel az intermedier anyagcséréje a metioninnal, folsavval és B12 vitaminnal szoros kapcsolatban van. Mivel szintetizálható a májban metioninból, ezért a kolin szintjének meghatározásában fontos tényező a metionin szintje is. [26,28]

A kolint 1998-ban fogadták el hivatalosan esszenciális tápanyagként, melynek a szervezetben összetett szerepe van. [29] Három elsődleges anyagcsere-folyamathoz járul hozzá, melyek az acetilkolin szintézise, metil csoportok szolgáltatása betainon keresztül, valamint a foszfatidilkolin előállítása. [30]

Tehát szükséges a neurotranszmitterek szintéziséhez acetilkolin formájában, a sejtmembránok jelátviteléhez foszfolipidekként, a lipidszállításhoz lipoproteinek révén és a metilcsoport-anyagcseréhez. [29]

Nélkülözhetetlen alkotórésze a sejtmembránoknak, ahol foszfatidil-kolin, lisofoszfatidil-kolin és szfingomielin formájában van jelen. A kolin-tartalmú foszfolipidek az eukarióta sejtek membránjainak egyik leggyakoribb összetevői, valamint a foszfatidilkolin a leggyakoribb foszfolipid az emlősök legtöbb sejtmembránjában. [28]

Ezek mellett a kolin része a vérlemezke aktiváló faktornak, amely az immunválaszra erős aktiváló hatást fejt ki. Továbbá a kolin mitokondriumot védő funkciót is ellát, valamint növeli a sejtek antioxidáns kapacitását, elősegíti a szabadgyökök eltávolítását. [31]

Foszfatidil-kolinként fontos szerepet játszik a metabolizmusban, különösen a lipidek szállításában. Lipotróp ágensnek tekinthető, mivel képes megelőzni vagy korrigálni a zsírok májban történő túlzott mértékű lerakódását, mely leggyakrabban a korai laktáció során jelenthet problémát. A foszfatidilkolin esszenciális alkotóeleme a nagyon alacsony sűrűségű lipoproteineknek, mely más foszfolipiddel nem helyettesíthető. Ezáltal a kolin elősegíti a trigliceridek eltávolítását a hepatocitákból, azok lipoproteinekbe való beépítése révén, amelyeknek a foszfatidilkolin az egyik alkotója. [28]

A kolin korábbi kutatások eredményei alapján egy olyan tápanyag, mely nagy hatással lehet a tejelő szarvasmarhák termelésére és egészségére, azonban az állatok takarmányozásában szükséges kiegészítő mennyiséget még nem határozták meg pontosan. [31] Korábban végzett kísérletek azt mutatták, hogy pozitív hatással lehet a tejelő szarvasmarhák tejtermelésére, valamint egészséget javító hatással rendelkezhet, a zsírmáj szindrómával kapcsolatos problémák csökkent mértékű előfordulása révén, amennyiben az állatok bendővédett kolin tartalmú takarmányt fogyasztanak az ellés körüli időszakban. [32]

A kolin foszfolipidek szintézise által elősegítheti a lipidek felszívódását és az emlőmirigybe történő szállítását, ezáltal kedvező hatást gyakorolva a tejzsír szintézisre. Kísérleti eredmények alapján a bendővédett kolin jelentősen növeli a tejzsír hozamot, a tejfehérje, tejcukor, zsírmintes szárazanyag és összes szárazanyag mennyiségét. [23]

A tejtermelésre és a tejelő szarvasmarhák egészségére gyakorolt pozitív hatások leginkább trigliceridek májból történő elszállításának megnövekedett mértékének köszönhetőek. Emellett a metionin metabolizmus felszabadulása, az S-adenozil-metionint megkímélése révén is hozzájárulhat a tejelő tehenek hozam növekedéséhez. [33] Mivel a metil donorok szükségesek

egyes kulcsfontosságú vegyületek szintéziséhez, mint a foszfatidil-kolin és karnitin, a negatív metil-donor egyensúlya is kihívást jelenthet a tehenek számára az ellés körüli időszakban. A bendő mikrobiális bontása miatt a metil-donorok takarmány eredetű forrása korlátozott. Így annak a lehetőségét is meg kell fontolni, hogy a tejtermelés növelésére a vékonybélben is hozzáférhető kolin és metionin mennyiségének növényi forrásból növeljük. [34]

A kolin biológiai hozzáférhetősége a takarmányból nagyon alacsony a kérődzőkben, mivel a bendő mikrobiális populációja azt lebontja [28], a kolin-klorid csupán kis hányada marad meg felszívódásra. Emiatt az eddigi kutatások ajánlása szerint a kolint bendővédett formában érdemes adni. A bendővédett kolin, a kolin-klorid zsírsav-mátrix védőréteggel történő bevonásával állítható elő, amely a bendő mikrobák számára emészthetetlen, azonban a vékonybél emésztőenzimeik képesek lebontani a zsírsav védőréteget, így a kolin szabadon felszívódhat. [23]

A bendővédett kolin egy problémája, hogy a kereskedelmi forgalomban kapható termékek különböznek kolin tartalmukban és a bendőben való lebomlásuk mértékében. [35] Emellett egyes tanulmányok szerint a bendőből a vékonybélbe jutó kolin-klorid csupán 61%-a szívódik fel. [36] Így a bendővédett kolin alternatívájaként felmerült növényi alapú kolin konjugátumot tartalmazó takarmánykiegészítő használata. A foszfatidil-kolin tartalmú BioCholine nevű terméket korábban már juhokkal tesztelték, amely kísérlet alapján természetes ellenállást mutatott a bendő bontó hatásával szemben. [34] Így a növényi takarmánykiegészítő potenciálisan helyettesítheti a bendővédett termékeket. A növényi termék *Achyranthes Aspera*, *Trachyspermum ammi*, *Azadirachta Indica*, *Citrullus Colocynthis* és *Andrographis paniculata* hatóanyagokat tartalmaz, és tejelő szarvasmarhákon értékelték, melynek eredményeként pozitív hatást kaptak a tejtermelésre vonatkoztatva. [31]

Több tanulmányban is összefoglalt tudományos bizonyíték ellenére a bendővédett kolint sok tejtermelő gazdaságban nem veszik figyelembe, mivel a jövedelmezősége csekélynek tűnhet, ha kizárólag a tejhozam alapján elemzik és nem veszik figyelembe a hosszú távú alkalmazásának előnyeit. [31]

2.5. Korábbi kísérletek a Repchollal

Korábban végzett magyarországi kísérletek során brojler, valamint tojótyúk állományokban vizsgálták a Repchol takarmánykiegészítő hatását.

Az Állatorvostudományi Egyetem Dóra Major Tangazdaságában 2022-ben folytattak kísérletet „A Repchol növényi kolin és a szintetikus kolin májvédő hatásának összehasonlítása brojler takarmányozásban” címmel Dr. Kőrösi László, baromfi szakállatorvos, címzetes egyetemi docens vezetésével. [37]

A 42 napig tartó brojler hizlalás során két csoportban 200-200 állatot vizsgáltak, amelyeket azonos technológiájú termékekbe telepítettek. A Repcholt a takarmányba keverve juttatták az állatokhoz, mely takarmányt ad libitum vették magukhoz a madarak. A Repcholt és szintetikus kolin-t tartalmazó takarmányok beltartalmi értékei megegyeztek, csupán a kolin értéke, illetve forrása volt eltérő. A Repchol hatását teljesítményi és fiziológiás változások vizsgálata alapján határozták meg. [37]

A 42 nap leteltével azt az eredményt kapták, hogy az egyöntetűség a Repchollal etetett csoport esetén jelentősen jobb volt, a takarmányhasznosítás is javult, valamint a kiesések száma is alacsonyabb volt, mint a szintetikus kolin-t tartalmazó takarmányt fogyasztó csoporté. A boncolási eredmények mind makroszkóposan, mind kórszövettanilag azt mutatták, hogy a Repchol kiegészítésben részesült csoport állatainak májai alacsonyabb mértékű zsíros elfajuláson mentek keresztül, amit a korábban gyűjtött vérmintákból végzett szérumszén-dioxid-értékek is alátámasztottak. [37]

A vizsgálat eredményei alapján azt a következtetést vonták le, hogy a növényi kolin termékek, mint a Repchol megfelelő lehetőséget adhatnak a szintetikus kolin helyettesítésére. [37]

A 2023-ban Keszthelyen Dr. Pál László egyetemi docens által vezetett kísérlet során a Repchol növényi kolin tartalmú takarmánykiegészítő tojótyúkokra gyakorolt hatását vizsgálták kolin-klorid és betain tartalmú premix összehasonlításában. [38]

A tojóállatok 49 hetes koruktól 55 hetes életkorukig kaptak két csoportban kolin-kloridot vagy Repcholt tartalmazó tápot, melyeknek számított kolinértéke megegyezett. [38]

A modellkísérlet eredményei alapján többek között az alábbiakat állapították meg: A Repchol a tojótyúkok egészségi állapotát és termelési paramétereit nem befolyásolta hátrányosan, a kontrollcsoporthoz hasonló termelést biztosított. A máj súlyát és lipid tartalmát nem befolyásolta, azonban a szérumszén-dioxid-, valamint koleszterinszintek a kísérlet végére

csökkentek. A tojás minőségében kedvezőtlen változások nem következtek be, ezen felül a kontrollhoz képest a kísérlet végén nagyobb tojássárgája indexet tapasztaltak a Repchollal etetett csoport esetén. [38]

A modellkísérlet alapján javasolják hosszabb idejű termelési kísérletek megindítását üzemi körülmények között.[38]

Ezen kísérletek biztató eredményei alapján is merült fel a kérdés, hogy vajon elérhetőek-e hasonlóan pozitív eredmények tejelő szarvasmarhánál is a takarmány szintetikus kolin tartalmának Repchollal történő helyettesítése által.

3. Anyag és módszer

3.1. A kísérlet helyszíne

A kísérletet a Kisalföldi Mezőgazdasági Zrt. nagyszentjánosi telepén folytattuk le, ahol jelenleg a tejtermelés három telephelyen folyik és a megtermelt 30 millió kg kiváló minőségű nyers tej az országban kiemelkedő teljesítménynek számít. A cég fő tevékenysége tejhasznú szarvasmarha tenyésztés, de emellett szántóföldjeiken növénytermesztéssel is foglalkoznak, valamint a Biokontroll Hungária Kft-vel együttműködve ökológiailag ellenőrzött zöldségtermesztést is folytatnak. [39]

A tejelő telepeik közül Nagyszentjánoson 1100 tejelő Holstein-fríz szarvasmarhát számláló állományt tartanak, Kapuvár-Miklósmajorban 1000 tejelő állat és szaporulata van elhelyezve, míg a legkisebb, 600 tejelő állatot számláló telepük Rétalap-Baloghtagon helyezkedik el. A tenyészállat-utánpótlás előállítására pedig a bőnyi telepen történik. [39]

A tartástechnológiai rendszert 2008-2012 között megújították mindegyik telepen. A régi istállókat felújították, új istállókat, és Kapuváron új fejőházat építettek. Ezen felújítások mellett egy új, hígtrágyás rendszert is kialakítottak Nagyszentjánoson és Kapuváron. Az itt megtermelt trágyát biogáz üzemben teszik hasznosíthatóvá. A tevékenységek egymásra épülését jól mutatja, hogy a biogáz üzemekben kiejert szarvasmarha-hígtrágyát a szántóföldeken használják fel. [40]

A legújabb fejlesztési projekt keretein belül automatizált fejési és tartási rendszert alakítottak ki. Ehhez Lely Astronaut A5 automatizált fejőegységet állítottak működésbe a felújított, valamint az újonnan kialakított istállókban. Az új rendszernek köszönhetően az állatok istállón belüli szabad mozgása biztosított, az egyedi fejések idejét az állatok szabják meg. Ez a rendszer hozzájárulhat az állatok komfortjához, valamint a számtalan rögzített adat elősegíti a szaporodásbiológiai és egyéb egészségügyi munkák elvégzését, ezzel is hatékonyabbá téve a termelést. [39]

3.2 Kísérleti állatok

A kísérletben Holstein-Fríz fajtájú tejelő tehenek vettek részt. Az állatokat a várható ellés előtt 21 nappal az előkészítő istállóba helyezték át, ahol az ellés napjáig részesültek kolintartalmú takarmányban. Majd az ellést követően a második és harmadik laktációjú tehenek adták a kísérleti összehasonlítás alapját. A laktáció megkezdésével csoportos istállóban lettek elhelyezve, ahol naponta átlagosan háromszor voltak automatikusan fejve.

3.3 Kísérleti csoportok

A kísérletben részt vevő állományból 2 csoportot különítettünk el. Minden állat 21 napig kapott a csoportjának megfelelően Repchol, vagy szintetikus kolin tartalmú takarmányt. Az első csoport takarmányozása alatt összesen 8 héten keresztül tartalmazott a takarmány Repchol kiegészítést, míg a kontrollesoport takarmánya 8 hétig ReaShure kolin-kloridot tartalmazott. A kísérletben 38-41 állat 45 napos termelési adatait hasonlítottuk össze, valamint a kísérletben résztvevő állatok közül 10-10 tehénből gyűjtött vérminták paramétereinek eredményeit vetettük össze. Az összehasonlíthatóság végett hasonló kondíciójú és laktációs számú tehenek adatait vizsgáltuk. A kísérletben résztvevő állatok hasonló kiindulási kondícióval rendelkeztek, valamint a kísérletben első laktációs tehenek nem vettek részt. Emellett klinikailag beteg tehenek termelési adatait sem használtuk fel, mivel egyes megbetegedések, mint a mastitis, metritis és mozgásszervi betegségek, befolyásolják a takarmány felvételt, ezáltal a takarmányban található kolin kiegészítés felvételének mértékét is.

3.4 Kísérleti anyag

A Repchol növényi alapú takarmánykiegészítő számos gyógynövény standardizált keveréke mely növényi eredetű, bioaktív, kolint és biotint tartalmaz. A kolin-klorid alternatívájaként lehet alkalmas a kolin és biotin pótlására, valamint májvédő hatással rendelkezhet.

Összetétele (1000 g termékre vonatkoztatva): *Achyranthes aspera* 250 g, *Azadirachta indica* 250 g, *Citrullus colocynthis* 250 g, *Trigonella foenumgraecum* 100,0 g, *Nigella sativa* 50,0 g, *Sida cordifolia* 50,0 g, *Zingiber officinale* 30,0 g, *szójalecitin* 20,0 g.

Az alábbi táblázatban (1. táblázat) összefoglaltam az egyes komponensek főbb szervezetre gyakorolt hatásait.

1. táblázat
A Repchol termék összetevői és főbb hatások

Összetevő	Hatás
<i>Achyranthes aspera</i>	Antihiperlipidémiás [41]
<i>Azadirachta indica</i>	Májvédő [42]
<i>Citrullus colocynthis</i>	Antivirális fehérjeforrás [43]
<i>Trigonella foenumgraecum</i>	Aminosav-forrás [44]
<i>Nigella sativa</i>	Májvédő [45], foszfolipid-forrás [46]
<i>Sida cordifolia</i>	Máj regeneráló [47]
<i>Zingiber officinale</i>	Májvédő [48], Hipokoleszterinémiás [49]
<i>Szójalecitin</i>	Hipokoleszterinémiás [50]

3.5 Adagolás

A növényi kolin tartalmú Repcholt premixbe keverve etettük az állatokkal, a terméket a takarmánykiosztó kocsi a takarmánnyal elkeverve juttatta a tehenek elé.

Az előkészítő csoportban lévő állatok naponta kétszer kaptak takarmányt, amely abrak és tömegtakarmány megfelelő arányú keveréke. Mindkét csoport megközelítőleg azonos beltartalmi értékű előkészítő takarmányt kapott (2. táblázat), amelyekben csak a kolin forrás volt eltérő, így a takarmány egyéb összetevői feltételezhetően nem befolyásolták a kísérletet.

A kontrollcsoport által fogyasztott takarmány bendővédett kolin tartalmát a ReaShure termék biztosította, melyről egy korábbi vizsgálat eredményei alapján megállapították, hogy hatékonyan védett a bendő lebontó hatásával szemben. [33] A Reashure XC védett kolin ajánlott dózisát 30g/állat/nap szintben határozták meg, azonban nincs korlátozás a maximálisan adható adagról. A termék 57-63% kolin-kloridot tartalmaz, összetétele szerint növényi olajokat és zsírokat tartalmaz, valamint növényi viaszt.

2. táblázat

Az előkészítő csoport takarmány összetétele

Alapanyag			
Repchol (természetes kolin)	%	0,208	
ReaShure XC Védett kolin	%		0,850
Nyersfehérje	%	25,403	25,457
Nyerszsír	%	0,770	1,040
Nyersrost	%	13,720	13,785
Ca	%	4,872	4,868
P	%	0,485	0,477
Mg	%	1,115	1,112
Na	%	0,710	0,710
Lys	%	0,848	0,834
Met	%	0,299	0,293
Zn	mg	105,233	105,233
Cu	mg	50,856	50,856
Mn	mg	74,545	74,545
I	mg	2,881	2,881
Se	mg	1,168	1,168
A-vitamin	NE	40 693,930	40 693,930
D ₃ -vitamin	NE	11 673,408	11 673,408
E-vitamin	mg	448,000	448,215
Biotin-H vit.	mg	5,294	4,670
Kolin-klorid	mg		5 100,000
Sum.kolin érték	mg	2 080,000	5 100,000
Kiváltott Kolin	mg	2 080,000	3 825,000

3.6 Vizsgált paraméterek, mintavétel

A kísérletben résztvevő állatok tejtermeléséről napi lebontásban gyűjtöttünk adatokat. Ehhez Lely Astronaut A5 szabad tehenforgalmú, automatizált fejőegységek szolgáltatják az adatokat. A telepen BoviSync telepírányító szoftvert használnak, amelyet T4C rendszerrel egészítenek ki. Ezen rendszerekben rögzített értékek közül a napi termelés literben, valamint a tej zsír- és fehérjetartalma százalékos értékben adták a két csoport közötti összehasonlítás alapját. A napi tejtermelés mellett 4%-os zsírra korrigált tej (FCM) mennyiséget is számoltunk, mely a tej- és zsírtermelés mennyiségét egy adatban összefoglalja.

A vérmintákat a laktáció 7., 21., és 35. napjain gyűjtöttük, ugyanazon állatokból. A vérvételre az állatokat random módon választottuk ki. A vért a farokvénából vettük, a reggeli etetést követő 3-5 órában, mivel egyes metabolitok értéke függ a takarmányfelvétel idejétől. A mintákat ezután natív és EDTA-s csőben, 4 Celsius fokra hűtve tároltuk, majd ezután kerültek el laboratóriumi vizsgálatra. A vizsgálatokat a Vet-Med-Labor, Állatorvosi Diagnosztikai Laborhálózat végezte. A gyűjtött vérmintákból a következő paramétereket vizsgáltuk: AST, koleszterin, triglicerid, BHB, NEFA, és karbamid szintek. Egyedi mintaanalízist végeztünk poolozott minták gyűjtése helyett, így a szórás figyelembevételével a kiugró értékek megfelelően értelmezhetők, amelyeket mintavételi hiba is okozhatta.

Az energiaforgalom (széhidrát- és zsírforgalom) mértékére a BHB- és NEFA-értékek meghatározásával következtethetünk. A triglicerid és koleszterin értékek a lipid metabolizmusra vonatkozó adatokat szolgáltatnak. A máj egészségügyi állapotának meghatározására az AST-értékek elemzése szolgált, valamint a szubklinikai zsírmáj betegség megállapítására is alkalmas e paraméter. A vérplazma karbamidkoncentrációja alapján következtethetünk a fehérjeellátottságra.

4. Eredmények

A kísérleti csoportok átlagainak összevetésére egytényezős varianciaanalízist végeztünk. A csoportok közötti eltérések vizsgálatára a szignifikancia szintet 5%-ban ($P \leq 0,05$) határoztuk meg.

A vérminták eredményeit a 3.-8. táblázatokban foglaltam össze. A referencia értékeket a Vet-Med-Labor (Budapest, Magyarország), Állatorvosi Diagnosztikai Laborhálózat ajánlása alapján határoztuk meg.

3. táblázat

Az AST-szintek összehasonlítása a laktáció 35. napjáig

AST (IU/l)			
Laktációs nap		Kontroll (n=10)	Repchol (n=10)
7	Átlag	146,30	145,50
	Szórás	15,71	12,41
	P-érték	0,90	
21	Átlag	115,20	138,20
	Szórás	24,37	18,04
	P-érték	0,03	
35	Átlag	128,30	121,80
	Szórás	35,37	20,62
	P-érték	0,62	

A 3. táblázatban látható eredmények mindkét csoport esetén a referenciatartományon kívül eső, megemelkedett értékeket mutatnak. Az AST-értékek időbeli lefutását tekintve a laktáció 7. napján láthatjuk a legmagasabb szinteket. A kontrollcsoportnál hasonló kezdeti értékeket láthatunk, mint a kísérleti csoportnál. Ez a kontrollcsoport esetén a 21. napra meredekebben csökken, majd enyhén emelkedik a kísérleti csoporttal megközelítőleg egyenlő szintre. A Repchol kiegészítésben részesült csoport AST-szintje egy enyhe, folyamatos csökkenést mutat a 35. napig. A 21. napi eredmények között szignifikáns ($p < 0,05$) különbség van.

4. táblázat

A koleszterinszintek összehasonlítása a laktáció 35. napjáig

Totál koleszterin (mmol/l)			
Laktációs nap		Kontroll (n=10)	Repchol (n=10)
7	Átlag	2,51	2,57
	Szórás	0,54	0,74
	P-érték	0,84	
21	Átlag	4,36	3,99
	Szórás	0,58	1,00
	P-érték	0,33	
35	Átlag	5,21	4,87
	Szórás	0,63	1,28
	P-érték	0,46	

A 4. táblázatban látható, hogy a koleszterinértékek nem különböznek jelentősen az eltérő kezelések hatására, mindkét csoportban egy enyhe, egyenletes emelkedést figyelhetünk meg. Csúpn a kontrollcsoport 35. napi vérvételének eredménye lépi túl a referenciatartományt.

5. táblázat

A trigliceridszintek összehasonlítása a laktáció 35. napjáig

Triglicerid (mmol/l)			
Laktációs nap		Kontroll (n=10)	Repchol (n=10)
7	Átlag	0,13	0,12
	Szórás	0,08	0,05
	P-érték	0,85	
21	Átlag	0,15	0,08
	Szórás	0,02	0,02
	P-érték	<0,001	
35	Átlag	0,16	0,12
	Szórás	0,04	0,03
	P-érték	0,02	

Az 5. táblázat alapján látható, hogy az első mintavételi időpontban a kísérleti és kontrollcsoport hasonló trigliceridszintekkel rendelkezik. Majd a későbbi mintavételek eredményeként alacsonyabb szinteket láthatunk a Repchollal etetett csoport tagjainál, a 21. napi eredményeknél, a referencia tartomány alá csökken a kísérleti csoport trigliceridszintje. Míg a kontrollcsoportnál egy folyamatos, lassú emelkedést láthatunk, addig a kísérleti csoportnál egy kezdeti csökkenést, majd az első mintavétel során mért szintre való visszatérést láthatjuk. A két csoport trigliceridszintjei között a 7. napi minták kivételével szignifikáns különbség van. A 21. napi eredmények alapján erősen szignifikáns a különbség ($P < 0,001$), a 35. napon is szignifikáns ($P < 0,05$) különbség tapasztalható a két csoport között, a kontrollcsoportban kapott magasabb értékekkel.

6. táblázat

A BHB-szintek összehasonlítása a laktáció 35. napjáig

BHB (mmol/l)			
Laktációs nap		Kontroll (n=10)	Repchol (n=10)
7	Átlag	0,52	0,54
	Szórás	0,19	0,30
	P-érték	0,85	
21	Átlag	0,52	0,66
	Szórás	0,12	0,19
	P-érték	0,08	
35	Átlag	0,57	0,46
	Szórás	0,18	0,12
	P-érték	0,10	

A BHB mérések esetén is hasonló kezdeti értékeket láthatunk a két csoportnál, amelyet a kontrollcsoportnál egy enyhe emelkedés követ a 35. napig, míg a kísérleti csoportnál a kezdeti emelkedést a BHB átlagértékének csökkenése követ. A 35. napon a kísérleti csoport esetén alacsonyabb, míg a kontrollcsoport esetén magasabb értékeket rögzítettünk, mint a 7. napi kiindulási adatoknál. Minden érték a referenciatartományon belül helyezkedik el.

7. táblázat

A NEFA-szintek összehasonlítása a laktáció 35. napjáig

NEFA (mmol/l)			
Laktációs nap		Kontroll (n=10)	Repchol (n=10)
7	Átlag	0,46	0,71
	Szórás	0,23	0,41
	P-érték	0,12	
21	Átlag	0,36	0,36
	Szórás	0,15	0,21
	P-érték	0,98	
35	Átlag	0,24	0,25
	Szórás	0,16	0,06
	P-érték	0,99	

Ahogy az a 7. táblázatban látható, a NEFA-értékek az ellés utáni 7. napon érték el a legmagasabb szintet mindkét csoportnál. A 7. napon a kísérleti csoport átlaga nagymértékben meghaladja a kontrollcsoport átlagát, azonban a táblázatban látható, hogy a szórás értéke is magasabb, amely arra adhat következtetést, hogy kiugró értékek torzíthatják el az átlagot. Ezen a napon a Repchollal etetett csoport értékei túllépik a normáltartományt. A 7. napi csúcs után mindkét csoport NEFA-szintje csökken, alig eltérő értékeket mutat. A két csoport eredményei nem térnek el szignifikánsan.

8. táblázat

A karbamidszintek összehasonlítása a laktáció 35. napjáig

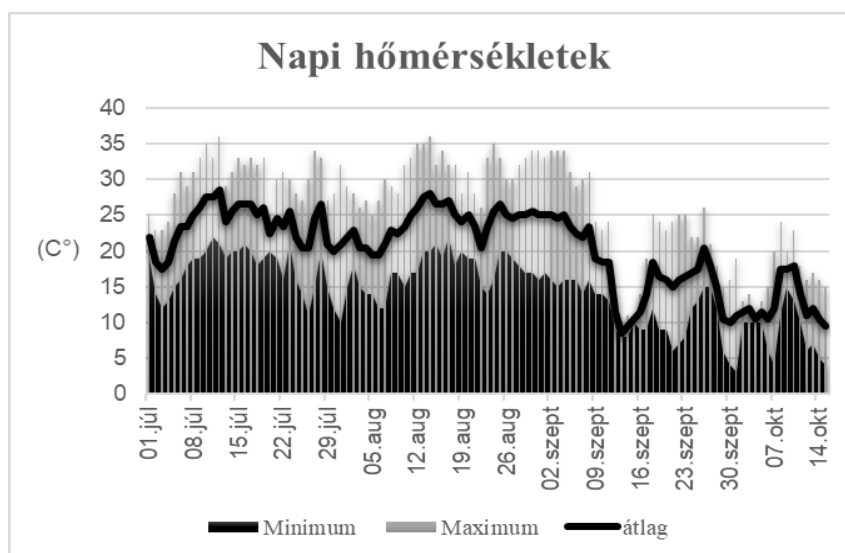
Karbamid (mmol/l)			
Laktációs nap		Kontroll (n=10)	Repchol (n=10)
7	Átlag	4,35	4,56
	Szórás	0,80	0,96
	P-érték	0,60	
21	Átlag	5,59	4,04
	Szórás	0,72	0,92
	P-érték	<0,001	
35	Átlag	3,95	4,21
	Szórás	0,72	0,63
	P-érték	0,40	

A 7. napi karbamidszintek hasonlóan alakulnak, mindkét csoportnál, ahogy azt a 8. táblázatban láthatjuk. A 21. napon egy erősen szignifikáns ($P < 0,001$) különbséget láthatunk a két csoport

eredményei között, a kontrollcsoportban magasabb értékeket tapasztalhatunk, mint a kísérleti csoportnál. A Repchollal kezelt csoport karbamidszintje enyhén csökkent az első mintavételhez képest, míg kontrollcsoportnál ugyanezen paraméter értéke növekszik. Majd a 35. napra ismét hasonló értékeket érnek el, a kísérleti csoportnál növekszik, míg a kontrollcsoportnál csökken a vér karbamidkoncentrációja a 21. napi eredményekhez képest. Minden érték a referenca tartományon belül helyezkedik el.

A tejtermeléssel kapcsolatos eredményeket a 9.-12. táblázatokban foglaltam össze. Az eredményekhez 38 kontroll- és 45 kísérleti állat 45 napra vonatkoztatott termelési adatait dolgoztuk fel. A kontrollcsoport állatainak átlagos laktációs napja a teljes periódusra vonatkoztatva 28 nap, míg a kísérleti csoporté 29 nap ($p>0,05$). Az eltérés abból adódik, hogy a laktáció elején az állatok egészségügyi helyzete is befolyásolhatja, hogy mikor kerülhetnek termelésbe. Tehát az egyes állatok nem mindig a laktáció ugyanazon napján kezdik meg a valós termelést.

A kísérleti csoport adatait 2024.06.15. és 2024.08.30. között rögzítettük, míg a kontrollcsoport 2024.08.15. és 2024.10.15. közötti időszakban szolgáltatott adatokat a kísérlethez. Az időbeli eltérés végett a 2. ábrán az adott periódus hőmérsékleti tényezőit kívánom bemutatni. Az adatokat interneten szabadon hozzáférhető forrásból gyűjtöttem, Nagyszentjános területére vonatkozóan. [51]



2. ábra

Napi hőmérsékleti adatok július 1. és október 15. között

Látható, hogy a kísérleti csoport adatgyűjtési időszaka alatt magasabb környezeti hőmérséklet volt tapasztalható. A hőmérséklet termelésre gyakorolt hatásáról a dolgozat egy korábbi fejezetében adtam információt.

9. táblázat

A napi tejtermelés összehasonlítása 45 napi átlagból

Tejtermelés (kg/nap)		
	Kontroll (n=38)	Repchol (n=41)
Átlag	50,76	49,56
Szórás	9,11	7,34
P-érték	0,34	

A napi tejtermelések átlagán látható, hogy igen hasonló tejhozamot értek el a két csoport egyedei a 45 napos laktációs időszak alatt, nincsen szignifikáns különbség a két csoport között, bár látható, hogy a kontrolles csoport enyhén magasabb tejhozamot produkált, mint a kísérleti csoport.

10. táblázat

A tejszír-koncentráció összehasonlítása 45 napi átlagból

Tejszír (%)		
	Kontroll (n=38)	Repchol (n=41)
Átlag	3,52	3,52
Szórás	0,38	0,42
P-érték	0,99	

A tej zsírtartalma sem különbözik szignifikánsan a két csoport között.

11. táblázat

Az FCM-koncentráció összehasonlítása 45 napi átlagból

FCM		
	Kontroll (n=38)	Repchol (n=41)
Átlag	47,00	45,88
Szórás	8,39	6,87
P-érték	0,39	

A 4%-os zsírtartalomra korrigált tejmenyiség (FCM) sem tér el jelentősen a két csoport átlagai alapján. Ahogy az már a napi tejtermelést bemutató táblázatban látható volt, a kontrollcsoport kis mértékben meghaladja a Repchol csoport eredményeit. Mivel a zsírtartalom nagyon hasonló a kísérleti- és kontrollcsoport adataiban, a két csoport FCM-beli különbsége nem tér el a normál tejtermelés eredményeinél tapasztalt különbségtől.

12. táblázat

A tejfehérje-koncentráció összehasonlítása 45 napi átlagból

Fehérje		
	Kontroll (n=38)	Repchol (n=41)
Átlag	3,21	3,20
Szórás	0,22	0,19
P-érték	0,68	

A tej összetételének fehérje tartalma sem mutat szignifikáns különbséget a Repchollal és RPC kolinnal etetett csoportok között.

5. Eredmények értékelése

A kísérletben kapott véreredmények értékelésére két korábbi tanulmányban rögzített adatokat használtam fel összehasonlítási alapként.

Egy korábbi kísérletben egy növényi kolin termék kiegészítés hatását vizsgálták az oxidatív stresszre és hemato-biokémiai paraméterekre vonatkozóan tejelő típusú szarvasmarháknál. A kísérletben Biocholin növényi alapú kolin kiegészítőt használtak, mely nem azonos az ezen kísérletben vizsgált Repchol készítménnyel, azonban korábbi tanulmány nem készült a Repchol tejelő szarvasmarhák termelésére gyakorolt hatásáról. [52]

Ez a foszfatidil-kolin tartalmú növényi takarmánykiegészítő korábban végzett tanulmányok alapján ellenáll a bendő lebontó hatásával szemben. A termék *Achyranthes Aspera*, *Azadirachta Indica*, *Citrullus Colocynthis*, *Trachyspermum ammi* és *Andrographis paniculata* hatóanyagokat tartalmaz. [31] A felsoroltak közül az első három a jelenlegi kísérletben használt Repchol termékben is megtalálható.

A kísérletben 24 állatot vizsgáltak 4 csoportra osztva. Az 1. csoport takarmányában nem volt kolin kiegészítés, a 2. csoport 15, míg a 3. csoport 20g/100 ttkg növényi biokolin por takarmánykiegészítőben részesült, a 4. csoport pedig a kolin mellett Herbal liver tonic terméket is kapott. A vizsgálatban résztvevő állatok kísérleti takarmányozása 42 napon keresztül tartott, az ellés megelőző 3, valamint az azt követő 3 hét alatt. [52]

A bendővédett kolin eredményeit Elek Péter PhD dolgozatában kapott eredmények alapján értékeltem. Ezen kísérletben a védett kolin kiegészítést az ellést megelőző 21. naptól a laktáció 60. napjáig kapták az állatok. A pontosabb adagolás végett a kolin kukoricadarába keverve, a TMR tetejére szórva juttatták az állatok elé. [8]

Az alábbiakban olvasható az értékelés részletei.

Az aminoszferáz enzimek a fehérjeegyensúly fenntartásában játszanak fontos szerepet, mely különösen fontos a laktáció intenzív metabolizmusa során. [53] Egy korábbi kísérletben összefüggést találtak a zsírmáj és ketózis előfordulása, valamint az emelkedett AST-értékek között. Más kutatások alapján ez az enzim korrelál legjobban a csökkent májfunkcióval. [54]

Így magas AST egyéb májfunkciós paraméterrel a máj károsodására utalhat. Jelen kísérletünkben az ellés utáni első vérvétel során a legmagasabb ezen paraméter szintje mindkét csoportnál, túllépi a meghatározott referencia tartományt, amely korrelálhat a korai laktáció negatív energiaegyensúlyával. Az AST-szintek mindkét csoportnál a 7. napon tetőznek, majd a

35. napra hasonló szintre csökkennek. A 21. napon szignifikáns ($P < 0,05$) különbség van a két csoport AST-szintjei között.

A korábban végzett növényi kolin kiegészítés hatását vizsgáló kísérlet eredményei között az AST-szint szignifikáns mértékű csökkenését tapasztalták az elléstől a laktáció 21. napjáig a kolin kiegészítésben részesült állatok esetén, míg a kontrollcsoportban, bár szintén csökkenő tendenciát mutat ugyanezen periódusban az AST értéke, azonban magasabb értékről indul, és nem csökken le a kolinnal etetett csoportok szintjére sem. [52]

Az RPC kolint vizsgáló tanulmány alapján a kezelés nem hatott szignifikáns mértékben az AST aktivitásra, mindkét csoportban a laktáció 7. napján tetőzik, majd enyhén csökken. [8]

Tehát a saját kísérletünkben tapasztalt csökkenés mind a növényi, mind a szintetikus kolin kiegészítéssel korábbi kísérletekben kezelt állatok eredményeihez hasonló tendenciát mutat, enyhe csökkenés tapasztalható.

Az elléskörüli időszak vér koleszterinkoncentrációjának jelentősége némileg ellentmondásos. Egyes szerzők a jobb energiamérleggel vagy zsírbevitellel hozzák kapcsolatba a koleszterinszint emelkedését, míg mások feltételezése szerint az energiahány következménye is lehet az. Egy kísérletben kimutatták, hogy a zsírmájszindrómában szenvedő állatok vérvizsgálati eredményét magasabb NEFA- és alacsony koleszterinszint jellemezte. [54]

A hiperkoleszterinémia a laktáció alatt fiziológiásnak is tekinthető, amely a lipidmobilizáció valamint a lipoproteinek szintézisének növekedése miatt következhet be. A koleszterinkoncentráció növekedése azonban a negatív energiamérleg hatására is végbe mehet. [54]

Jelen kísérletünkben a koleszterinértékek nem különböznek az eltérő kezelések hatására, mindkét csoportban egy enyhe emelkedést figyelhetünk meg, melynek végén a 35. napra a kontrollcsoport állatainak átlagos eredménye mutatkozik nagyobbak. Ezen 35. napi kontroll csoport eredményen kívül a kapott átlagértékek a referencia tartományon belül helyezkednek el.

A növényi kolint vizsgáló kísérletben az ellés után jelentős koleszterinszint emelkedést tapasztaltak a kontrollcsoport esetén, míg az 1. csoportnál csökkenést tapasztaltak. Azonban a 2. csoportnál is koleszterinszint emelkedést figyeltek meg, viszont ez nem volt jelentős

mértékű. Az ellés utáni 21. napon kapott eredményeik átlaga mindegyik kísérleti csoport esetén alacsonyabbnak bizonyul, mint az általunk kapott értékek. [52]

A bendővédett kolin vizsgálatára folytatott tanulmányban azonban a kísérleti és kontrollcsoport esetén is egy enyhe, egyenletes növekedést figyeltek meg, [8] mely hasonló az általunk tapasztalt kísérleti eredmények tendenciájához, azzal a különbséggel, hogy jelen kísérletünk eredményei némileg meredekebb emelkedést mutatnak.

Az emelkedett szabadzsírsavszint (NEFA) az állati szervezetben lejátszódó zsírmobilizáció eredménye, amely zsírmobilizáció az elléshez és tejtermeléshez szükséges energiaszint elérése végett folyik a szervezetben magasabb szinten. [54]

Tehát a NEFA a zsírmobilizáció intenzitását tükrözi. Az ellés körüli időszakban a megemelkedett NEFA- és BHB-szint negatív energiamérlegre utal. [22]

Jelen kísérletünk alapján a szabad zsírsavak szintje az ellés utáni 7. napon a legmagasabb, mely időpont után mind a növényi, mind a védett kolinnal etetett csoportnál csökken a NEFA szintje. A kezdeti magasabb NEFA-szint korrelációban van az ellés utáni szakaszban gyakrabban előforduló negatív energiamérleggel, amikor is a zsírmobilizáció következtében megnő a vér szabadzsírsav szintje. Majd ahogy rendeződik az energiaegyensúly csökken a NEFA szintje is.

A korábban említett növényi kolint vizsgáló kísérlet eredményei szerint a kontrollcsoportban a NEFA átlagos szintje szignifikánsan emelkedett az elléstől a 21. napig, míg a 3. kísérleti csoportban, ahol magasabb dózisú növényi kolin kiegészítésben részesültek az állatok az átlagos NEFA-szint szignifikánsan csökkent az elléstől a 21. napig. [52] Ez a csökkenő tendencia hasonló az általunk tapasztaltakhoz.

A bendővédett kolin-kiegészítés hatását vizsgáló kísérlet eredményeinél egy intenzív emelkedés láthatunk a NEFA-szintekben, amely a 21. napon tetőzött, majd lassú csökkenésnek indult. Nem volt eltérés a kísérleti és kontrollcsoportok között. [8] Tehát itt az általunk megfigyelt eredményekkel ellentétben a NEFA-szintek később, a 21. nap után csökkennek ezen kísérlet eredményei alapján.

A BHB, mint ketontest szintén az ellés körüli időszak megnövekedett energia szükséglete miatt gyakrabban előforduló negatív egyensúly hatására emelkedhet meg. Az energiahány

következtében a ketontestek magasabb arányban termelődhetnek, és ezt láthatjuk a vérvételi eredményekben. [22]

A növényi kolinnal végzett korábbi kísérlet eredménye szerint a kontrollcsoport átlagos BHB szintjében szignifikáns növekedés figyelhető meg, míg a 3. kezelési csoportban az átlagos BHB-szintek szignifikáns csökkenése volt tapasztalható. [52]

A mi kísérletünkben a BHB értéke a kísérleti csoportban a 21. napra enyhe emelkedést mutat, majd csökken a 35. napra. A korábban említett kísérletben a kontrollcsoport ellés idején magasabb BHB-szintet mutatott, amely alig csökken a 21. napra, míg a növényi kolin kiegészítésben részesült állatok átlagos BHB értéke nem éri el a kontrollállatoknál tapasztalt szintet, valamint és a 21. napig látható csökkenés végén is alacsonyabb értéket ért el, mint a kontrollcsoport. Bár a jelen kísérlet eredményei alapján nem egy folyamatos csökkenést tapasztaltunk, azonban az utolsó mintavételi időpont során mért BHB-szintek, a korábbi kísérlethez hasonlóan az ellés utáni első mintavétel értékei alatt voltak, összességében csökkenő tendenciát mutatva. [52]

Az RPC-vel foglalkozó tanulmányban a BHB-szint a kolinetetés hatására szignifikánsan csökkent a kontrollhoz képest. Az ellést követő gyors emelkedést a 7. napig egy lassú csökkenés követ. [8] Jelen kísérletünkben a bendővédett kolinnal etetett csoport BHB szintje ezzel szemben enyhe emelkedést mutatott a 35. napig.

A karbamid mennyisége a vérben és ezzel együtt, a vizeletben és a tejben összefügg a nyersfehérje és a táplálék energiamennyiségével, ami a karbamid és az energiaegyensúly, valamint valószínűleg a tej energiakonzentrációja közötti kapcsolatra utal. [55]

Egy kísérletben megállapították, hogy a szérum karbamidszintje szárazonálló teheneknél a legalacsonyabb, a laktáció kezdeti fázisában magasabb, majd a laktáló vemhes időszakban a legmagasabb. A karbamidkoncentráció emelkedés összefügghet az ellés utáni takarmányfelvétel növekedésével. [54]

Kísérletünkben a 7. napi karbamidszintek hasonlóan alakulnak, majd a 21. napon egy szignifikáns különbséget láthatunk, majd a 35. napra ismét hasonló értékeket érnek el, ahol a kísérleti csoportnál növekszik, míg a kontrollcsoportnál csökken a vér karbamid koncentrációja. Összességében az első mintavételi értékhez képest alacsonyabb értéket mutatott a vér karbamidkoncentrációja az utolsó mintavétel időpontjában.

Ehhez hasonlóan a növényi kolinnal folytatott kísérlet eredményei között is azt láthatjuk, hogy minden csoportnál csökken a vér karbamid koncentrációja az elléstől a 21. napig. A kontrollcsoportnál azonban enyhébb mértékű csökkenés figyelhető meg, mint a kísérleti csoportoknál. [52]

Ezzel szemben az RPC-vel folytatott kísérletben nem tapasztaltak különbséget a két csoport között, 7., és 21. napon érte el a minimumot, majd lassú emelkedésnek indul a karbamid szintje. [8]

A triglicerid szintézise arányos a vér NEFA-koncentrációjával, így annak növekedett szintje is a zsírmájszindróma előfordulására utalhat. Amikor a triglicerid-szintézise meghaladja hidrolízisének mértékét, valamint elszállítását VLDL formájában a zsírmájszindróma kialakulásának valószínűsége megemelkedik. [56]

Jelen kísérletünkben az első mintavételi időpontban a kísérleti és kontrollcsoport hasonló triglicerid szintekkel rendelkezik, majd a későbbi mintavételek eredményeként alacsonyabb értékeket láthatunk a Repchollal etetett csoport tagjainál. Míg a kontrollcsoportnál egy folyamatos, lassú emelkedést láthatunk, addig a kísérleti csoportnál egy kezdeti csökkenést, majd az első mintavétel során mért szintre való visszatérést láthatjuk. A két csoport triglicerid koncentrációja között a 7. napi minták kivételével szignifikáns különbség van, a védett kolin kiegészítésben részesült állatok átlag értékei mutatnak magasabb szintet.

A korábbi növényi kolin hatását tanulmányozó kísérletben nem vizsgálták a vér triglicerid koncentrációját, míg a bendővédett kolinnal folytatott kísérletben erre az értékre is vizsgálták a vérmintákat. Ott azt találták, hogy az RPC kolinnal etetett tehenek magasabb értékeket mutattak, különösen a 21. és 35. napon figyeltek meg jelentős különbséget, ahol a kísérleti csoport nagymértékben meghaladta a kontrollcsoport teheneiben mért értékeket. Ezen RPC-vel etetett kísérleti csoport triglicerid értéke a 7. napi eredmények kivételével meghaladja az általunk mért triglicerid-szinteket a Repchollal etetett csoport esetén, míg a szintén RPC-vel etetett kontrollcsoportunk esetén csak a 21. napi értékek bizonyultak magasabbnak az általunk mért eredményeknél. [8]

Az alábbiakban a tejtermelésre vonatkozó adatok eredményeit tárgyalom.

Egy korábbi kísérlet eredményeként azt találták, hogy a bendővédett kolin jelentősen növeli a tejszírhozámot, valamint a tejfehérje, tejcukor, zsírintes szárazanyag és az összes szárazanyag mennyiségét. [23]

Elek Péter vizsgálatai alapján a teljes kísérleti szakaszban szignifikánsan növelte a tejtermelést az RPC kolin adagolása. Az tej zsírtartalmát nem befolyásolta szignifikánsan a kezelés ezen kísérlet alapján, azonban a magasabb tejhozam miatt a napi zsírtermelés is emelkedett. A fehérjetartalom kis mértékben emelkedett, mely a többlet tejtermeléssel szintén növelte a napi fehérjetermelést. [8]

Jelen kísérletünkben nem találtunk szignifikáns különbséget a növényi kolin és bendővédett kolin kiegészítésben részesült csoportok tejtermelésének, tejszír és tejfehérje koncentrációjának mértékében. Így feltételezhető, hogy a korábbi kísérletekben leírt bendővédett kolin által elért termelési eredmények növekedése Repchol kiegészítéssel is elérhető. A Repcholt fogyasztó csoport ugyan nem szignifikánsan, azonban kissé alacsonyabb termelési eredményeket mutat, mindazonáltal a nyári hőstresszes időszak is befolyással lehetett az állatok termelésére, melynek részleteit korábban tárgyaltam.

Egy növényi kolin forrás tejtermelésre gyakorolt hatását is vizsgálták korábbi kísérletben. Azt tapasztalták, hogy növényi kiegészítés hatására a tejhozam és FCM szignifikánsan megemelkedett, míg a fehérjetartalom csökkent a kiegészítésben részesült állatok tejében. Azonban a tej egyéb összetevőire nem hatott a kísérleti anyag. A kísérlet eredménye alapján a tejtermelést javítja a növényi eredetű kolin- és metionin-kiegészítés. [34] Ezen korábbi kísérlet tejfehérjére vonatkozó eredményével ellentétben jelen kísérletünkben nem figyeltünk meg jelentős különbséget a tej fehérjetartalmában a két csoport között, így feltételezhető, hogy a Repchol kiegészítés nem csökkenti a tej fehérjetartalmát.

6. Következtetések

Kísérletünkben nem találtunk szignifikáns különbséget a kísérleti és kontrollcsoport termelési eredményei között, valamint összesen 3 ponton volt szignifikáns különbség a két csoportban mért vérparaméterek között. Ezen eredmények arra utalnak, hogy a Repchol növényi kolin tartalmú készítmény ellenálhat a bendő fermentáló hatásának, és a bendővédett kolinhoz hasonló hatást fejthet ki a szervezetre. Így a bendővédett kolin potenciálisan kiváltható a növényi Repchol készítménnyel.

További kutatások javasolhatóak a Repchol termék megfelelő koncentrációjának és a szükséges etetési időszak megállapítására. Emellett egy hosszabb szakaszt magába foglaló kísérlet is átfogóbb képet adhat a Repchol tejelő szarvasmarhák termelésére gyakorolt hatásáról. Továbbá jelen kísérletünknel mélyrehatóbb információ gyűjtésére alkalmas lehet egy, a bendő emésztésre koncentráló tanulmány, valamint a máj egészségügyi státuszának változásának pontosabb tanulmányozása végett májbiopszia-minták gyűjtése.

7. Összefoglalás

Kísérletünkben a Repchol növényi kolin tartalmú készítmény hatását vizsgáltunk tejtermelő tehenekben bendővédett kolin készítmény összehasonlításában. A kísérletet a Kisalföldi Mezőgazdasági Zrt. nagyszentjánosi telepén végeztük el. A vizsgálatban 2. és 3. laktációs tehenek termelési adatait és vérparamétereit hasonlítottuk össze. A kontrollcsoport tehenei az ellést megelőző időszakban, 3 héten keresztül részesültek RheaShure bendővédett kolin kiegészítést tartalmazó takarmányban, míg a kísérleti csoport egyedei ugyanúgy a laktációt megelőző 3 hétben Repchol tartalmú takarmányt fogyasztott. A takarmány egyéb összetevői, valamint az állatok elhelyezése megegyezett a két csoportban. A termelés megkezdésével a tejhozamot, valamint a tej beltartalmi értékeit napi szinten rögzítettük egyedenként. Az anyagcserére vonatkozó paraméterek méréséhez szükséges vérmintákat a laktáció 7., 21. és 35. napjain gyűjtöttük 10-10, a kísérletben résztvevő állattól, majd laboratóriumi mintavételre küldtük. 38 bendővédett kolint, és 41 Repcholt fogyasztó állat termelési adatait hasonlítottuk össze, mely alapján nem találtunk szignifikáns különbséget a napi tejtermelésre, valamint a tej zsír- és fehérjetartalmára vonatkoztatva. A vérminták eredményei között a laktáció 21. napján szignifikáns különbséget tapasztaltunk AST-, triglicerid- és karbamidszintekben. Emellett a 35. napon tapasztaltunk szignifikánsan alacsonyabb triglicerid szintet a kísérleti csoport esetén. Ezen 4 értéken kívül nem találtunk szignifikáns eltérést. A kísérletből nyert eredmények alapján kijelenthető, hogy a Repchol növényi kolin tartalmú készítmény potenciálisan helyettesítheti a bendővédett kolin kiegészítést tejelő szarvasmarháknál. Azonban további kísérletek szükségesek lehetnek, hogy nagyobb mennyiségű információ álljon rendelkezésünkre a Repchol növényi kolint tartalmazó készítmény tejelő szarvasmarhák termelésében és zsíryanycseréjében betöltött szerepére vonatkozóan.

8. Köszönetnyilvánítás

Szeretnék köszönetet mondani témavezetőimnek, Dr. Hullár István egyetemi docensnek, a Takarmányozástani és Klinikai Dietetikai Tanszék vezetőjének, valamint Baranyay Henriknek, az UBM csoport termékmenedzserének. Emellett köszönettel tartozom Berényi Ágnesnek a Garuda Trade Kft. ügyvezető igazgatójának, hogy segített a témaválasztásban, a kísérlet lebonyolításában és az adatok értékelésében.

Szintén köszönettel tartozom Dr. Altrichter Bekénynek, a Kisalföldi Mezőgazdasági Zrt. ellátó állatorvosának, a kísérlet lebonyolításában való közreműködéséért, valamint Kajati Norbert telepvezetőnek, aki lehetővé tette a kísérlet megvalósulását. A Kisalföldi Mezőgazdasági Zrt. további dolgozóinak is köszönettel tartozom, amiért segítették a kísérlet végrehajtását.

Irodalomjegyzék

1. Kovács K, Szűcs I (2020) Exploring efficiency reserves in Hungarian milk production. *Studies in Agricultural Economics* 37–43. <https://doi.org/10.7896/j.1919>
2. Barkema HW, von Keyserlingk MAG, Kastelic JP, Lam TJGM, Luby C, Roy J-P., LeBlanc SJ, Keefe GP, Kelton DF (2015) Invited review: Changes in the dairy industry affecting dairy cattle health and welfare. *Journal of Dairy Science* 98:7426–7445. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-9377>
3. Medeiros I, Fernandez-Novo A, Astiz S, Simões J (2022) Historical Evolution of Cattle Management and Herd Health of Dairy Farms in OECD Countries. *Veterinary Sciences* 9:125. <https://doi.org/10.3390/vetsci9030125>
4. Varol B (2023) High milk production is a biomarker for wellness. In: *Feed & Additive Magazine*. <https://www.feedandadditive.com/high-milk-production-is-a-biomarker-for-wellness/>
5. Madilindi MA, Zishiri OT, Dube B, Banga CB (2022) Technological advances in genetic improvement of feed efficiency in dairy cattle: A review. *Livestock Science* 258:104871. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2022.104871>
6. Kuralkar P, Kuralkar SV (2021) Role of herbal products in animal production – An updated review. *Journal of Ethnopharmacology* 278:114246. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2021.114246>
7. Kumar M, Kumar V, Roy D, Kushwaha R, Vaswani S (2014) Application of Herbal Feed Additives in Animal Nutrition - A Review. *International Journal of Livestock Research* 4:1. <https://doi.org/10.5455/ijlr.20141205105218>
8. Péter E (2008) A kóros zsírányagcseréből adódó veszteségek csökkentésének lehetősége védett kolin alkalmazásával nagy tejhozamú tehénállományokban
9. Harmon DL, Yamka RM, Elam NA (2004) Factors affecting intestinal starch digestion in ruminants: A review. *Canadian Journal of Animal Science* 84:309–318. <https://doi.org/10.4141/a03-077>
10. Chang C-F (2012) Carbohydrates: Comprehensive Studies on Glycobiology and Glycotechnology. BoD – Books on Demand
11. Kay RNB (1969) Digestion of protein in the intestines of adult ruminants. *Proceedings of the Nutrition Society* 28:140–151. <https://doi.org/10.1079/pns19690025>
12. Nafikov RA, Beitz DC (2007) Carbohydrate and Lipid Metabolism in Farm Animals. *The Journal of Nutrition* 137:702–705. <https://doi.org/10.1093/jn/137.3.702>
13. Moran, J. (2005). *Tropical Dairy Farming: Feeding Management for Small Holder Dairy Farmers in the Humid Tropics*. Land Links, United Kingdom
14. Pollott GE (2004) Deconstructing Milk Yield and Composition During Lactation Using Biologically Based Lactation Models. *Journal of Dairy Science* 87:2375–2387. [https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(04\)73359-7](https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(04)73359-7)

15. József F, József C, János C, Zsuzsanna C-K (2014) Tejipari technológia
16. Bruce L. Larson, Vearl R. Smith (2013) Lactation comprehensive treatise, Volume II. Biosynthesis and Secretion of Milk / Diseases. Academic Press, New York and London
17. Dalcin VC, Fischer V, Daltro D dos S, Alfonzo EPM, Stumpf MT, Kolling GJ, Silva MVGB da, McManus C, Dalcin VC, Fischer V, Daltro D dos S, Alfonzo EPM, Stumpf MT, Kolling GJ, Silva MVGB da, McManus C (2016) Physiological parameters for thermal stress in dairy cattle. *Revista Brasileira de Zootecnia* 45:458–465. <https://doi.org/10.1590/S1806-92902016000800006>
18. Tao S, Orellana Rivas RM, Marins TN, Chen Y-C, Gao J, Bernard JK (2020) Impact of heat stress on lactational performance of dairy cows. *Theriogenology* 150:437–444. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2020.02.048>
19. Bernabucci U, Lacetera N, Baumgard LH, Rhoads RP, Ronchi B, Nardone A (2010) Metabolic and hormonal acclimation to heat stress in domesticated ruminants. *animal* 4:1167–1183. <https://doi.org/10.1017/s175173111000090x>
20. Silvestre AM, Martins AM, Santos VA, Ginja MM, Colaço JA (2009) Lactation curves for milk, fat and protein in dairy cows: A full approach. *Livestock Science* 122:308–313. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2008.09.017>
21. Timkovičová Lacková P, Maskal'ová I, Vajda V (2022) Effect of Parity and Days in Milk on Milk Urea Concentration and Milk Components in Holstein Dairy Cows. *Folia Veterinaria* 66:1–8. <https://doi.org/10.2478/fv-2022-0011>
22. Aleri JW, Hine BC, Pyman MF, Mansell PD, Wales WJ, Mallard B, Fisher AD (2016) Periparturient immunosuppression and strategies to improve dairy cow health during the periparturient period. *Research in Veterinary Science* 108:8–17. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2016.07.007>
23. Jayaprakash G, Sathiyabarathi M, Robert MA, Tamilmani T (2016) Rumen-protected choline: A significance effect on dairy cattle nutrition. *Veterinary World* 9:837–841. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2016.837-841>
24. Bobe G, Young JW, Beitz DC (2004) Invited Review: Pathology, Etiology, Prevention, and Treatment of Fatty Liver in Dairy Cows. *Journal of Dairy Science* 87:3105–3124. [https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(04\)73446-3](https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(04)73446-3)
25. David Baird G (1982) Primary Ketosis in the High-Producing Dairy Cow: Clinical and Subclinical Disorders, Treatment, Prevention, and Outlook. *Journal of Dairy Science* 65:1–10. [https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(82\)82146-2](https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(82)82146-2)
26. Shahsavari A, D'Occhio MJ, Al Jassim R (2016) The role of rumen-protected choline in hepatic function and performance of transition dairy cows. *British Journal of Nutrition* 116:35–44. <https://doi.org/10.1017/s0007114516001641>
27. Varol B (2023b) Choline: A required nutrient for transition dairy cows. In: *Feed & Additive Magazine*. <https://www.feedandadditive.com/choline-a-required-nutrient-for-transition-dairy-cows/>

28. Pinotti L, Baldi A, Dell'Orto V (2002) Comparative mammalian choline metabolism with emphasis on the high-yielding dairy cow. *Nutrition Research Reviews* 15:315–332. <https://doi.org/10.1079/nrr200247>
29. Zeisel SH, da Costa K-A (2009) Choline: an essential nutrient for public health. *Nutrition Reviews* 67:615–623. <https://doi.org/10.1111/j.1753-4887.2009.00246.x>
30. Crosby-Galvan MM, Mendoza GD, Hernández-García PA, José Antonio Martínez-García, Anayeli Vázquez-Valladolid, Rubén Oswaldo Cifuentes-López, Lee-Rangel HA (2024) Influence of supplemental choline on milk yield, fatty acid profile, and weight changes in postpartum ewes and their offspring. *Veterinary World* 1265–1270. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2024.1265-1270>
31. Alfredo Gutiérrez AGR, Sánchez C, Mendoza GD (2019) Effect of including herbal choline in the diet of a dairy herd; a multiyear evaluation. *Emirates Journal of Food and Agriculture*. <https://doi.org/10.9755/ejfa.2019.v31.i6.1971>
32. Pinotti L, Baldi A, Politis I, Rebucci R, Sangalli L, Dell'Orto V (2003) Rumen-Protected Choline Administration to Transition Cows: Effects on Milk Production and Vitamin E Status. *Journal of Veterinary Medicine Series A* 50:18–21. <https://doi.org/10.1046/j.1439-0442.2003.00502.x>
33. Brusemeister F, Sudekum K-H (2006) Rumen-protected choline for dairy cows: the in situ evaluation of a commercial source and literature evaluation of effects on performance and interactions between methionine and choline metabolism. *Animal Research* 55:93–104. <https://doi.org/10.1051/animres:2006002>
34. Mendoza GD, Oviedo MF, Pinos JM, Lee-Rangel HA, Vázquez A, Flores R, Pérez F, Roque A, Cifuentes O (2020) Milk production in dairy cows supplemented with herbal choline and methionine. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias UNCuyo* 52:332–343
35. Martínez-Aispuro JA, Mendoza GD, Cordero-Mora JL, Ayala-Monter MA, Sánchez-Torres MT, Figueroa-Velasco JL, Vázquez-Silva G, Gloria-Trujillo A (2019) Evaluation of an herbal choline feed plant additive in lamb feedlot rations. *Revista Brasileira de Zootecnia* 48. <https://doi.org/10.1590/rbz4820190020>
36. de Veth MJ, Artegoitia VM, Campagna SR, Lapierre H, Harte F, Girard CL (2016) Choline absorption and evaluation of bioavailability markers when supplementing choline to lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science* 99:9732–9744. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11382>
37. Kőrösi L (2022) Repchol növényi kolin és a szintetikus kolin májvédő hatásának összehasonlítása brojler takarmányozásban
38. Pál L (2023) Repchol növényi kolin takarmánykiegészítő értékelése tojótyúkokkal végzett modellkísérleti adatok alapján
39. (2024) Szarvasmarhatenyésztés. In: [Kisalfoldi.hu](http://kisalfoldi.hu). <http://kisalfoldi.hu/szarvasmarhatenyesztes>. Accessed 22 Nov 2024

40. (2024b) Növénytermesztés. In: Kisalfoldi.hu.
<http://www.kisalfoldi.hu/novenytermesztes>. Accessed 22 Nov 2024
41. Khanna AK, Chander R, Singh C, Srivastava AK, Kapoor NK (1992) Hypolipidemic activity of *Achyranthus aspera* Linn in normal and triton induced hyperlipemic rats. *Indian journal of experimental biology* 30:128–30
42. Chattopadhyay RR (2003) Possible mechanism of hepatoprotective activity of *Azadirachta indica* leaf extract: Part II. *Journal of Ethnopharmacology* 89:217–219.
<https://doi.org/10.1016/j.jep.2003.08.006>
43. Li Q-Y, Munawar M, Saeed M, Shen J-Q, Khan MS, Noreen S, Alagawany M, Naveed M, Madni A, Li C-X (2022) *Citrullus colocynthis* (L.) Schrad (Bitter Apple Fruit): Promising Traditional Uses, Pharmacological Effects, Aspects, and Potential Applications. *Frontiers in Pharmacology* 12.
<https://doi.org/10.3389/fphar.2021.791049>
44. Haeri MR, Izaddoost M, Ardekani MRS, Nobar MR, White KN (2009) The effect of fenugreek 4-hydroxyisoleucine on liver function biomarkers and glucose in diabetic and fructose-fed rats. *Phytotherapy Research* 23:61–64.
<https://doi.org/10.1002/ptr.2557>
45. Iddamaldeniya S, Thabrew M, Wickramasinghe S, Ratnatunge N, Thammitiyagodage M (2006) A long-term investigation of the anti-hepatocarcinogenic potential of an indigenous medicine comprised of *Nigella sativa*, *Hemidesmus indicus* and *Smilax glabra*. *Journal of Carcinogenesis* 5:11. <https://doi.org/10.1186/1477-3163-5-11>
46. Ramadan MF, Mörsel Jörg-Th (2002) Characterization of phospholipid composition of black cumin (*Nigella sativa* L.) seed oil. *Nahrung/Food* 46:240.
[https://doi.org/10.1002/1521-3803\(20020701\)46:4%3C240::aid-food240%3E3.0.co;2-1](https://doi.org/10.1002/1521-3803(20020701)46:4%3C240::aid-food240%3E3.0.co;2-1)
47. Silva RL, Melo GB de, Melo VA de, Antonioli AR, Michellone PRT, Zucoloto S, Picinato MANC, Franco CFF, Mota G de A, Silva O de C e (2006) Effect of the aqueous extract of *Sida cordifolia* on liver regeneration after partial hepatectomy. *Acta cirurgica brasileira* 21 Suppl 1:37–9. <https://doi.org/10.1590/s0102-86502006000700009>
48. Ajith TA, Hema U, Aswathy MS (2007) *Zingiber officinale* Roscoe prevents acetaminophen-induced acute hepatotoxicity by enhancing hepatic antioxidant status. *Food and Chemical Toxicology* 45:2267–2272.
<https://doi.org/10.1016/j.fct.2007.06.001>
49. TANABE M, CHEN Y-D, SAITO K, KANO Y (1993) Cholesterol Biosynthesis Inhibitory Component from *Zingiber officinale* ROSCOE. *Chemical and Pharmaceutical Bulletin* 41:710–713. <https://doi.org/10.1248/cpb.41.710>
50. Danijela Ristić Medić, Vanja Ristić, Aleksandra Arsić, Marija Poštić, Gordana Ristić, Vera Blaženčić Mladenović, Jasna Tepšić (2006) Effects of soybean D-LeciVita product on serum lipids and fatty acid composition in type 2 diabetic patients with hyperlipidemia. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases* 16:395–404.
<https://doi.org/10.1016/j.numecd.2005.06.008>

51. AccuWeather (2010) Local Weather from AccuWeather.com - Superior Accuracy™. In: AccuWeather. <https://www.accuweather.com/>
52. Singh R, Randhawa S s, Chhabra S (2018) Effect of herbal bio choline supplementation on oxidative stress and biochemical parameters in transition dairy cows. *The Pharma Innovation Journal* 7:842–847
53. Jóźwik, A., Strzałkowska, N., Bagnicka, E., Grzybek, W., Krzyżewski, J., Poławska, E., ... & Horbańczuk, J. O. (2012). Relationship between milk yield, stage of lactation, and some blood serum metabolic parameters of dairy cows. *Czech Journal of Animal Science*, 57(8), 353-360.
54. Seifi HA, Gorji-Dooz M, Mohri M, Dalir-Naghadeh B, Farzaneh N (2007) Variations of energy-related biochemical metabolites during transition period in dairy cows. *Comparative Clinical Pathology* 16:253–258. <https://doi.org/10.1007/s00580-007-0682-2>
55. Ghavi Hossein-Zadeh N (2024) Milk urea nitrogen is genetically associated with production and reproduction performance of dairy cows: A meta-analysis. *Livestock Science* 283:105461. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2024.105461>
56. Grummer RR (1993) Etiology of Lipid-Related Metabolic Disorders in Periparturient Dairy Cows. *Journal of Dairy Science* 76:3882–3896. [https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(93\)77729-2](https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(93)77729-2)



Diplomamunka konzultációs lap állatorvostan hallgatók részére

A hallgató neve: **Bischof Daniella**

Neptun-kódja: **ZIECMR**

A témavezető neve és beosztása: **Dr. Hullár István, egyetemi docens, tanszékvezető**

Tanszék: **Takarmányozástani és Klinikai Dietetikai Tanszék**

A diplomadolgozat címe: **A Repchol növényi kolin és a védett kolin hatásának összehasonlító vizsgálata tejtípusú tehén tejtermelése és zsírsavcsereje alapján**

Konzultáció - 1. félév

Időpont				Téma/Témavezető megjegyzése	Témavezető aláírása
	Év	Hó	Nap		
1.	2024.	02.	06.	Az irodalmi áttekintés megbeszélése.	<i>[Signature]</i>
2.	2024.	03.	05.	A vizsgálati módszerek megbeszélése.	<i>[Signature]</i>
3.	2024.	04.	02.	Az adatok értékelésének módszertana.	<i>[Signature]</i>
4.	2024.	05.	07.	Az eredmények megbeszélése.	<i>[Signature]</i>
5.	2024.	06.	04.	A diskusszió módszertana.	<i>[Signature]</i>

Érdemjegy az első félév végén: 5 (jeles)

Konzultáció - 2. félév

Időpont				Téma/Témavezető megjegyzése	Témavezető aláírása
	Év	Hó	Nap		
1.	2024.	07.	02.	Az első változat áttekintése.	<i>[Signature]</i>
2.	2024.	08.	06.	A kézirat javítása.	<i>[Signature]</i>
3.	2024.	09.	01.	A főbb következtetések megbeszélése.	<i>[Signature]</i>
4.	2024.	10.	08.	Javítás a plágiumszűrés alapján.	<i>[Signature]</i>
5.	2024.	11.	12.	A végső változat kialakítása.	<i>[Signature]</i>

Érdemjegy a második félév végén: 5 (jeles)

A nyomtatvány a hallgatói és a tanszéki ügyintézői aláírás, valamint az átvétel dátuma nélkül nem érvényes. A konzultációs lap a diplomamunka mellékletét képezi!



A diplomamunka - a szakra vonatkozóan - a Tanulmányi- és Vizsgaszabályzatban, valamint az Útmutató a szakdolgozatok/diplomamunkák készítéséhez című mellékletében leírt követelményeknek megfelel.

A diplomamunka befogadható, védeésre alkalmasnak találtam.

[Handwritten signature]

témavezető aláírása

Hallgató aláírása: *[Handwritten signature]*

Tanszéki előadó aláírása: *[Handwritten signature]* Átvétel dátuma: 2024. november 26.