



TAKARMÁNYOZÁS A METÁN- CSÖKKENTÉS SZOLGÁLATÁBAN VII.

TAKARMÁNYKIEGÉSZÍTŐK: FÓKUSZBAN A LIPIDEK

Szakértő
munkatársunk írása
Állattenyésztési
Teljesítményvizsgáló Kft.

A szarvasmarhák enterális metán- (CH_4 -) kibocsátásának mérséklésére a takarmányadag különféle adalékanyagokkal és készítményekkel egészíthető ki. Ezek részben a bendőfermentációt és a mikrobiális anyagcserét, részben közvetlenül a metanogenezist befolyásolják. Kémiai összetételük és elsődleges hatásmechanizmusuk alapján különböző csoportokba sorolhatók, bár az általuk érintett biokémiai és mikrobiológiai folyamatok némileg átfedik egymást. A következő felosztás ezért elsősorban az áttekintést szolgálja.

- A takarmány **lipidkiegészítésével** a szarvasmarhák enterális CH_4 -kibocsátása több módon mérsékelhető. Ha a lipidek adagba illesztésével párhuzamosan csökkentjük valamely szénhidrátban gazdag takarmánykomponens mennyiségét, kevesebb olyan fermentálható anyag kerül a bendőbe, amelynek lebontása során a metanogenezis szubsztrátjaként szolgáló hidrogén keletkezik. Ezenkívül egyes zsírsavak gátolják bizonyos bendőmikrobák metabolikus aktivitását és szaporodását, ami azok populációméretének csökkenéséhez vezethet. Kisebb mértékben

pedig a hosszú szénláncú telítetlen zsírsavak biohidrogénezése is hozzájárulhat az enterális CH_4 -termelés mérsékléséhez; közvetlen szerepe azonban csekély.

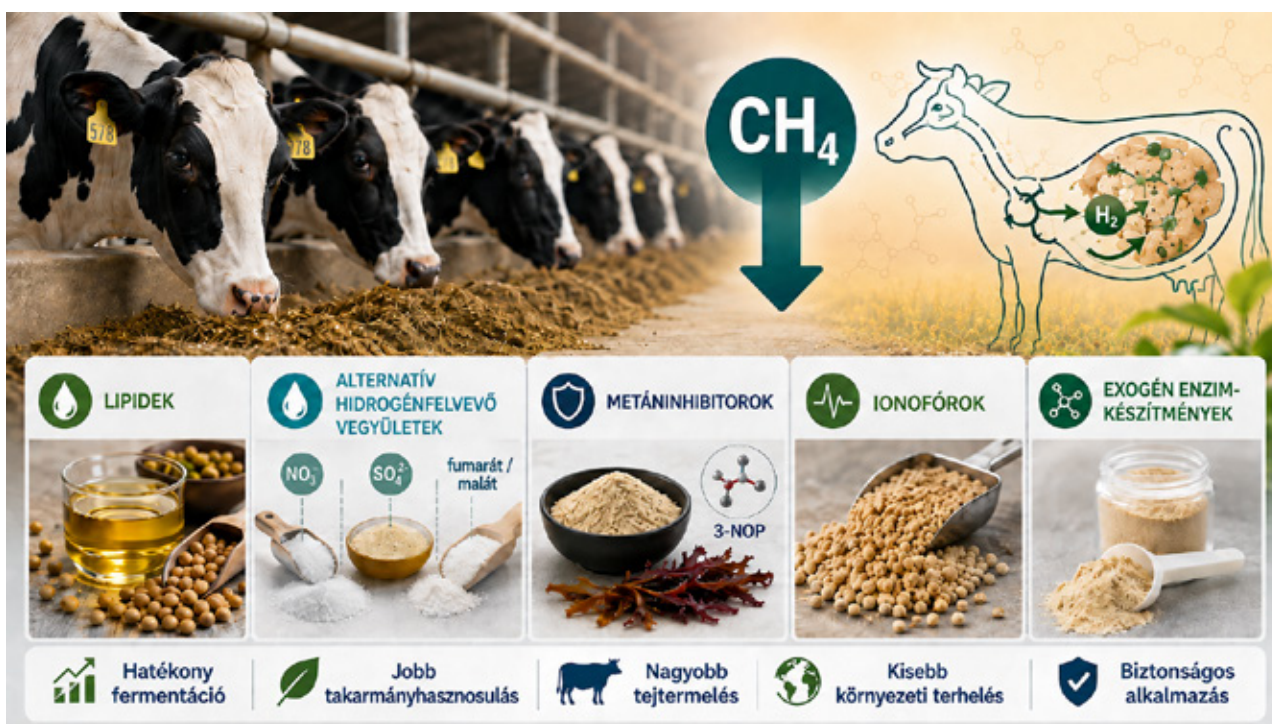
- Az **alternatív elektronakceptorok (hidrogénfelvevő vegyületek)** – például a nitrátok és a szulfátok – mikrobiális redukciójuk során hidrogént használnak fel, így abból kevesebb marad a CH_4 -képződéshez (Van Zijderveld és mtsai., 2010).
- A **közvetlen metanogenezisgátlók** a CH_4 -termelés valamely kulcsfontosságú biokémiai reakcióját akadályozzák. Közéjük tartozik többek között a 3-nitrooxi-propanol (3-NOP), amely inaktíválja a metanogenezis utolsó lépését katalizáló metil-koenzim-M-reduktáz enzimet (Duin és mtsai., 2016).
- Az **ionofórok** – például a monenzin (ionofór antibiotikum) – a rájuk érzékeny bendőmikrobák ionháztartásának megzavarásával visszaszorítják egyes mikroorganizmus-csoportok tevékenységét, és ezzel megváltoztatják a mikrobaközösség összetételét, valamint a fermentáció során keletkező végtermékek arányát. Hatásukra rendszerint nő a propionát illó zsírsavakon (volatile



fatty acids, VFA-k) belüli moláris aránya, miközben csökken az acetáté. (A *propionát* a *propionsav*, az acetát az *ecetsav ionos formája*.) A fermentáció ilyen irányú eltolódása kisebb nettó hidrogénképződéssel járhat, így kevesebb hidrogén áll a metanogén archeák rendelkezésére.

- Az **exogén enzimek** egyes szénhidrátfrakciók (például a keményítő vagy a növényi sejtfal poliszacharidjai) lebontásának mértékét és sebességét befolyásolva módosítják a bendőfermentáció intenzitását és végtermékek arányát. Az enterális CH_4 -termelésben játszott szerepük ennek megfelelően változó. Egyes ese-

tekben olyan irányba tolják el a fermentációt, amely csökkenti a metanogenezishez rendelkezésre álló hidrogén mennyiségét, míg más enzimatikus változások épp ellenkező következménnyel járhatnak. Így például a cellulóz és a hemicellulóz intenzívebb lebontása az acetátképződéshez kapcsolódó nagyobb hidrogénkínálaton keresztül növelheti a bendőben képződő CH_4 mennyiségét. A nettó eredmény ezért az alkalmazott készítmény típusától és szubsztrátspecifitásától, az adagolás módjától és szintjétől, a takarmányadag összetételétől, valamint a bendőben kialakuló mikrobiális és fermentációs viszonyoktól függ.



A **fitogén kiegészítőket** növényi eredetük és a bennük található bioaktív vegyületek (illóolajok, tanninok, szaponinok stb.) miatt külön csoportként tárgyaljuk. Összetételüktől és az alkalmazott dózistól függően eltérő mértékben befolyásolhatják a metanogén archeák, a protozoonok, illetve egyes baktériumok bendőbeli koncentrációját és anyagcsere-aktivitását, továbbá a táplálóanyagok bendőbeli lebontását és a fermentációs végtermékek arányát. Hatásmechanizmusuk ugyanakkor több ponton átfedést mutat az előzőekben ismertetett csoportokéval.

A takarmánykiegészítők metanogenezis visszaszorításában elért eredményességét az állatok **napi enterális CH_4 -kibocsátása** ($\text{g CH}_4/\text{nap}$) és – ahol ilyen adatok rendelkezésre állnak – a fajlagos emissziós

mutatók alapján célszerű megítélni. Az utóbbiak közé tartozik a **CH_4 -hozam**, vagyis az egységnyi felvett szárazanyagra (sza.-ra) jutó kibocsátás ($\text{g CH}_4/\text{kg DMI}$), valamint a **CH_4 -intenzitás**, amely az egységnyi előállított állati termékre vetített kibocsátást fejezi ki. Tejelő teheneknél ez utóbbi a termelt tej mennyiségére ($\text{g CH}_4/\text{kg tej}$), az energiakorrigált tejmenyiségre ($\text{g CH}_4/\text{kg ECM}$) vagy a zsír- és fehérjekorrigált tejmenyiségre ($\text{g CH}_4/\text{kg FPCM}$) vonatkoztatható. (DMI: dry matter intake – szárazanyag-felvétel; ECM: energy-corrected milk – energiakorrigált tej; FPCM: fat- and protein-corrected milk – zsír- és fehérjekorrigált tej.)

E mutatók egymást kiegészítő információkat nyújtanak, ezért értelmezésük során a takarmányfelvétel, az emészthetőség és a termelési teljesítmény változásait



is figyelembe kell venni. Például a napi CH_4 -kibocsátás az állat által egy nap alatt légkörbe juttatott CH_4 abszolút mennyiségét fejezi ki, amelynek mérséklődése önmagában nem feltétlenül jelent kedvező eredményt, mivel kisebb DMI-ből vagy a bendőben fermentálódó szerves anyag mennyiségének visszaeséséből is adódhat. A CH_4 -hozam segít megítélni, hogy a napi CH_4 -kibocsátás csökkenése pusztán a kisebb takarmányfelvétellel függ-e össze, vagy egységnyi DMI-re vetítve is kevesebb CH_4 képződik. E mutató ugyanakkor nem tükrözi közvetlenül a takarmányemészthetőség alakulását, amelynek hatása a megemésztett szerves anyagra vetített CH_4 -termelés alapján vizsgálható. Végül a CH_4 -intenzitás az egységnyi előállított termékre jutó CH_4 -kibocsátást számszerűsíti, ezért növekvő tejtermelés mellett akkor is mérséklődhet, ha az állat változatlan mennyiségű CH_4 -t juttat naponta a légkörbe (Arndt és mtsai., 2022).

A takarmánykiegészítők eredményessége mellett azt is mérlegelni kell, hogy tartós etetésük során fennmarad-e a kezdetben tapasztalt kibocsátáscsökkenés mértéke. Bizonyos esetekben ugyanis a bendő mikrobaközösségének alkalmazkodása idővel korlátozhatja vagy akár meg is szüntetheti a kedvező hatást. Ez azonban nem törvényszerű, így a hosszabb alkalmazási idő önmagában nem jár szükségszerűen az elért eredmény romlásával.

Gyakorlati szempontból azok a takarmánykiegészítők tekinthetők ígéretesnek, amelyek kibocsátásmérséklő hatását több, kellően hosszú időtartamú állatkísérlet bizonyítja, használatuk pedig nem rontja a takarmányhasznosítást és a termelési teljesítményt, illetve nem veszélyezteti az állatok egészségét. Üzemi alkalmazásuk alapfeltétele a hatásos és egyben biztonságos dózis pontos adagolása. Ez különösen a legeltetésre alapozott tartási rendszerekben jelent kihívást, ahol nehéz biztosítani az egyedenkénti, rendszeres és egyenletes felvételt.

A kémiaiailag instabil vegyületeknél számolni kell a tárolás és a takarmányba keverés során fellépő bomlási veszteségekkel. A hatásosság szempontjából továbbá az is lényeges, hogy az aktív komponensek megfelelő bendőbeli koncentrációja kellően hosszú ideig fennmaradjon. Ezt az adagolás gyakorisága, a készítmény összetétele és formulázása, valamint az egyes összetevők bendőbeli felszabadulásának és átalakulásának üteme egyaránt befolyásolja.

Az alkalmazhatóság megítélésében ugyanakkor nemcsak a kívánt biológiai hatás, hanem az állat- és élelmiszer-biztonsági megfontolások is mérvadók: egyes anyagok esetében korlátozó tényező lehet a hatásos dózis és a toxicitási küszöb közötti szűk tartomány, illetve az aktív komponensek, metabolitjaik vagy bomlástermékeik tejbe és szövetekbe történő átjutásának kockázata.

Végül a gazdasági megtérülés értékelésekor mérlegelni kell, hogy a CH_4 -kibocsátás mérséklését szolgáló takarmánykiegészítők beszerzésének és használatának többletköltségét ellensúlyozza-e az egyéb takarmányozási ráfordítások esetleges csökkenése, illetve a tejhozam vagy a tejösszetétel kedvező változásából származó többletbevétel. Az Európai Unió klíma- és agrárpolitikája egyre nagyobb hangsúlyt helyez a mezőgazdasági ÜHG-terhelés visszafogására, ezért a támogatási rendszerek és a környezeti teljesítményhez kötött ösztönzők kedvezőbbé tehetik az ehhez illeszkedő takarmányozási megoldások üzemi alkalmazásának gazdasági feltételeit. (ÜHG: üvegházhatású gáz.) Erre tagállami szinten már találunk példákat: Hollandiában célzott támogatási programokkal segítik elő a tejágazat ÜHG-emissziójának visszaszorítását, 2029-től pedig – a tervek szerint – a szarvasmarhák takarmányozásában CH_4 -csökkentő adalékanyagok alkalmazására vonatkozó előírás is életbe lép.



A lipidkiegészítés az enterális CH_4 -termelés mérséklésének egyik sokat vizsgált takarmányozási megközelítése, hatékonysága azonban a kísérletekben jelentős eltéréseket mutat. Jelen cikk a lipidek bendőbeli viselkedését és CH_4 -képződést módosító mechanizmusait áttekintve értékeli e módszer eredményességét, kibocsátáscsökkentő hatásának tartósságát, valamint gyakorlati alkalmazásának korlátait.



A lipidek kémiai szerkezetüket tekintve változatos szerves vegyületek, amelyek hidrofób vagy amfipatikus jellegűek, így vízben nem, vagy csak korlátozottan oldódnak. (Az amfipatikus molekulák egyaránt tartalmaznak hidrofil [poláris] és hidrofób [apoláris] szerkezeti régiókat.) A takarmányok lipidfrakciójának legjelentősebb csoportját a **trigliceridek (triacil-glicerolok)** alkotják, de ide tartoznak a szabad zsírsavak, a foszfo- és glikolipidek, a szterolok, a viaszok, valamint az egyéb lipidjellegű vegyületek is. Mivel a takarmánykiegészítőként alkalmazott növényi olajok, olajos magvak és állati eredetű zsírok fő lipidformáját a trigliceridek képezik, témánk tárgyalása során mi is ezekre helyezzük a hangsúlyt.

A trigliceridekben, továbbá a glicerolalapú foszfo- és glikolipidekben a zsírsavakat észterkötések kapcsolják a glicerolvázhoz, amelyeket a bendőmikrobák által termelt lipolitikus enzimek hidrolizálnak (lipolízis). A folyamat során szabad (nagyreszt hosszú szénláncú) zsírsavak szabadulnak fel, de mellettük – a kiindulási lipid szerkezetétől függően – glicerol (glicerin), illetve foszfát- vagy szénhidráttartalmú komponensek is keletkeznek.

A lipidek CH₄-csökkentő mechanizmusainak egyike az ún. helyettesítési hatás. Ez akkor érvényesül, amikor a takarmányhoz hosszú szénláncú zsírsavakat tartalmazó lipidforrást adunk, és ezzel párhuzamosan

csökkentjük az adag bendőben lebontható szénhidrátjainak mennyiségét – így egységnyi felvett szárazanyagra (sza.-ra) kevesebb fermentálható szubsztrát jut. Mivel a **hosszú szénláncú zsírsavakat** – a szénhidrátokkal ellentétben – a bendőmikrobák nem alakítják át VFA-kká, jelenlétük önmagában **nem jár a metanogenezisben felhasználható hidrogén termelődésével**. A takarmányban maradó szénhidrátok erjedése természetesen továbbra is biztosítja a VFA-képződés alapját, kisebb mennyiségükből azonban összességében kevesebb hidrogén keletkezhet. A hosszú szénláncú zsírsavak jelentős része – a bendőben végbemenő mikrobiális átalakulásokat követően – a vékonybélbe jut, ahol felszívódik, majd energiaforrásként hasznosul, vagy beépül az állati szervezet lipidjeibe.

Nem minden lipidkomponens viselkedik azonban így. A már említett glicerolt például a bendőmikrobák tovább bontják; ennek során VFA-k képződnek, és – a keletkező végtermékek arányától függően – a metanogén archeák által hasznosítható hidrogén is termelődhet. A trigliceridek tömegének döntő hányadát azonban a hosszú szénláncú zsírsavmaradékok adják, ezért a fermentálható szénhidrátok lipidekkel történő részleges „cseréje” összességében **mérsékelheti a metanogenezishez rendelkezésre álló hidrogén mennyiségét, és ezzel a bendőbeli CH₄-képződés potenciálját is csökkentheti**.

Lipidkiegészítés és CH₄-képződés



A CH₄-képződés mérséklődhet
A válasz a lipidforrástól, a dózistól és a takarmányadag összetételétől függ



A helyettesítési hatás mellett **egyes zsírsavak antimikrobiális tulajdonságai** is fékezik az enterális CH_4 -termelést. A takarmánnyal eleve szabad formában felvett vagy a lipolízis során felszabaduló zsírsavak közül egyes hosszú szénláncú telítetlen, valamint közepes szénláncú zsírsavak (különösen a laurin- és a mirisztinsav) **gátolják a bendő protozoonjainak és metanogén archeáinak aktivitását**, bizonyos körülmények között pedig a populációik méretét is csökkenthetik.

Mivel a protozoonok hidrogént termelnek, és szoros metabolikus kapcsolatban állnak számos metanogén archeával, kisebb számuk és mérsékeltabb aktivitásuk közvetve korlátozza a metanogenezist. (Fontos azonban megjegyezni, hogy e változások nem feltétlenül járnak arányos CH_4 -csökkenéssel, mivel a szabadon élő, illetve más bendőmikrobákhoz társuló metanogén archeák továbbra is hasznosíthatják a mikrobiális anyagcsere során képződő hidrogént.)

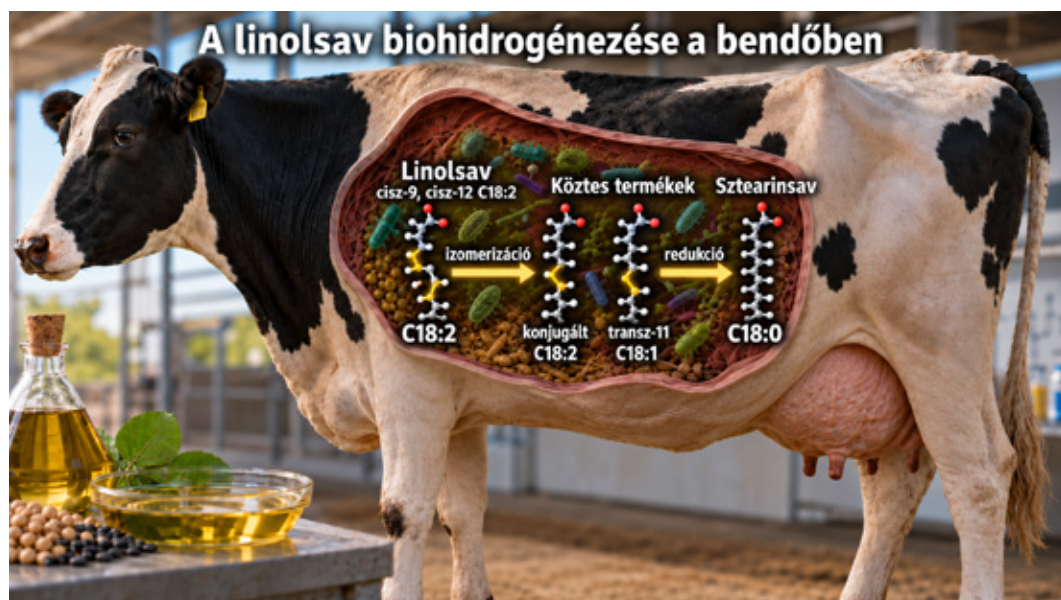
Az antimikrobiális gátlás hátterében részben az áll, hogy a zsírsavak közvetlen kölcsönhatásba lépnek a mikroorganizmusok sejtmembránjával, megváltoztatva annak szerkezetét és működését, továbbá megzavarhatják a sejten belüli anyagcsere-folyamatokat, és kedvezőtlenül befolyásolhatják a mikrobiális enzimek aktivitását. E hatások erőssége számos tényezőtől függ, többek között a zsírsavak szénlánc hosszától, telítetlenségi fokától, bendőbeli koncentrációjától és fizikai-kémiai formájától, valamint az egyes mikroorganizmus-csoportok érzékenységétől.

A hosszú szénláncú telített zsírsavak lényegesen

kevésbé zavarják a bendőmikrobák tevékenységét, mint az azonos szénlánc hosszúságú telítetlen társaik. Hasonlóképpen mérsékeltabb mikrobaellenes aktivitás jellemzi azokat a zsírsavformákat – például a kalciumsókat – is, amelyek korlátozzák a mikroorganizmusokkal való közvetlen érintkezést; ezek kisebb bendőbeli oldhatósága következtében ugyanis kevesebb szabad zsírsav van jelen a bendőfolyadékban.

A gátló hatás a CH_4 -t nem termelő mikroorganizmusokra is kiterjedhet: **ha a lipidkiegészítés miatt megemelkedik a szabad – különösen a hosszú szénláncú telítetlen – zsírsavak bendőbeli koncentrációja, visszaeshet a rostbontó baktériumok aktivitása.** Ebből adódóan gyengülhet a rostemésztés, és így kevesebb, a metanogén archeák által is hasznosítható hidrogén képződhet, ami szintén hozzájárul a CH_4 -kibocsátás mérséklődéséhez. Ez a hatás azonban már nem tekinthető kedvezőnek, mivel a mikrobiális gátlás rontja a takarmányenergia hasznosulását és az állatok termelési teljesítményét.

A hosszú szénláncú telítetlen zsírsavak mikrobaellenes jellegét némileg tompítja a bendőben zajló biohidrogénezés, amely egyes biohidrogénező baktériumok (például a *Butyrivibrio fibrisolvens*) számára a toxikus hatás kivédését segítő mechanizmusként szolgál (Maia és mtsai., 2010). A folyamat során a zsírsavak telítetlenségi foka egymást követő átalakulások révén csökken. A linsav (cisz-9, cisz-12 C18:2) klasszikus útvonalán például a kettős kötések izomerizációját követően különböző köztes termékek keletkeznek, amelyek további redukciója végül sztearinsav (C18:0) képződéséhez vezet.



A redukciós lépések miatt **a biohidrogénezés a metanogenezissel párhuzamos hidrogénfelhasználási folyamatnak is tekinthető.** Közvetlen CH_4 -csökkentő jelentősége azonban **csekély:** becslések szerint **a bendőben termelődő hidrogén mindössze 1-2%-át köti le** (Nagaraja és mtsai., 1997; idézi Lourenço és mtsai., 2010).

A hosszú szénláncú zsírsavak mikroorganizmusokra gyakorolt hatását a sóképződés és a takarmányrészecskékhez való kapcsolódás is gyengítheti.

A sóképződés során e zsírsavak karboxilátcsoportjai a bendőfolyadék kétértékű kationjaival – elsősorban kalcium- és magnéziumionokkal – rosszul oldódó sókat képeznek, ami korlátozza közvetlen érintkezésüket a mikroorganizmusok sejtmembránjával. E vegyületek stabilitását ugyanakkor a bennük kötött zsírsavak szénláncossága és telítettségi foka, valamint a bendőfolyadék pH-ja egyaránt befolyásolja: savasabb közegben fokozódhat a disszociációjuk, növelve a szabad zsírsavak koncentrációját.

A zsírsavak takarmányrészecskékhez való kötődése (adszorpciója) egymással ellentétes következményekkel járhat. Egyfelől csökkenhet a mikrobiális sejtmembránok közvetlen kitettsége, mivel a zsírsavak ilyenkor kisebb arányban vannak jelen szabad formában a bendőfolyadéokban. Másfelől épp a takarmányrészecskék felszínén dúsulnak fel, ahol a bendőmikrobák is megtelepednek, és

a mikrobiális takarmánylebontás jelentős része zajlik. Így akadályozhatják a mikroorganizmusok kolonizációját, korlátozhatják enzimeik hozzáférését a szubsztrátokhoz, valamint közvetlen kapcsolatba kerülhetnek a részecskékhez kötődő a mikrobasejtekkel.

Rendszeres lipidkiegészítés mellett folyamatosan újabb zsírsavak jutnak a bendőbe, ezért a már ott levő molekulák átalakulása, szabad formájuk arányának csökkenése vagy a bendőből történő továbbhaladásuk nem jelenti szükségszerűen a CH_4 -termelést mérséklő hatás megszűnését. Az állandó utánpótlás ugyanakkor nem garantál változatlan mértékű és tartós CH_4 -csökkenést, mivel **a bendő mikrobaközössége idővel alkalmazkodhat a fokozott zsírsavellátáshoz.**

A CH_4 -kibocsátás tényleges alakulását a lipidforrás zsírsavösszetétele és fizikai formája, adagolásának szintje és időtartama, valamint a takarmányadag összetétele és a bendőkörnyezet együtt határozzák meg. E tényezők a bendő mikrobiotájának működésén, a hidrogénképződés és -felhasználás egyensúlyán, továbbá a takarmányfelvétel és az emésztési folyamatok változásain keresztül érvényesülnek. Egy-egy mikroorganizmus-csoport laboratóriumi körülmények között kimutatott visszaszorulása ezért nem mindig jelzi megbízhatóan, hogy a lipidkiegészítés az állatok CH_4 -kibocsátásában milyen mértékű csökkenést eredményez.

A zsírsavösszetétel és a dózis jelentősége

A laurinsavval (C12:0) és az abban gazdag kókuszolajjal végzett kísérletek jól szemléltetik a zsírsavak antimikrobiális hatásának összetettségét és takarmányozási jelentőségét. Eredményeik arra is rámutatnak, hogy az enterális CH_4 -kibocsátás csökkenésének mértékét a lipidforrás zsírsavösszetételén és az alkalmazott dózison túl az egyes mikroorganizmus-csoportok érzékenysége és alkalmazkodóképessége is befolyásolja. Nagyobb adagolási szinten ugyanakkor a kedvező CH_4 -hatás a takarmányfelvétel, a bendőfermentáció és a termelési teljesítmény romlásával járhat együtt.

Yabuuchi és mtsai. (2007) *in vitro*, tiszta baktériumtenyészetben kimutatták, hogy a laurinsav kezdetben ugyan gátolja a keményítőt és cukrokat lebontó *Streptococcus* (S.) *bovis* szaporodását, idővel azonban a baktérium képes alkalmazkodni



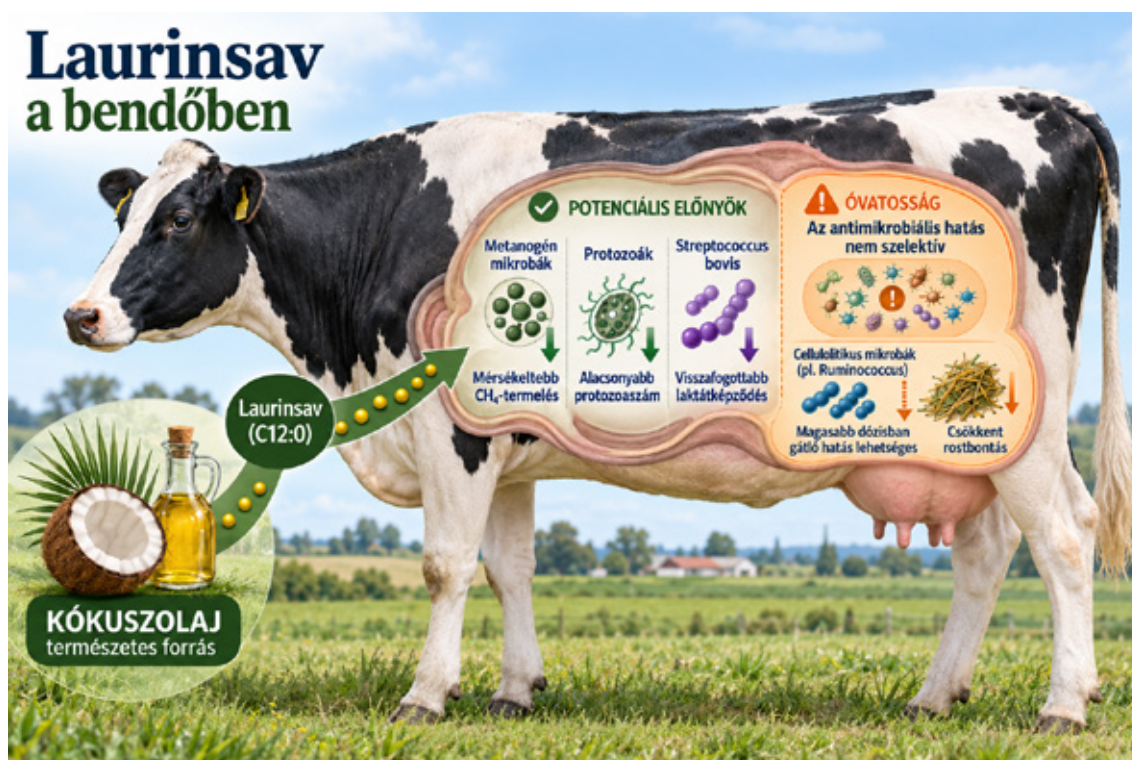
a zsírsavhoz. Miután a tenyészetet többször is friss tápközegbe oltották át, a baktérium szaporodási üteme részben helyreállt; szacharózt tartalmazó tápközegben ugyanakkor csökkent a laktáttermelése. (A bendőre jellemző pH-tartományban a tejsav döntően ionizált, azaz laktát formában fordul elő.)

A **laurinsav** (kémiai nevén dodekánsav) 12 szénatomos, telített, közepes szénláncú zsírsav, amely tiszta állapotban fehér, kristályos és vízben csak csekély mértékben oldódik. Nagy arányban fordul elő a kókusz- és a pálmamagolajban, amelyek zsírsavtartalmának megközelítőleg felét teszi ki, jellemzően trigliceridekhez kötött formában. Kisebb mennyiségben a tehéntej zsírájában is megtalálható. Elnevezése a babér nemzetség latin megjelöléséből (*Laurus*) származik, mivel először 1842-ben, a közönséges babér termésének olajából különítették el.

A laurinsav tiszta formában vagy különféle növényi olajok összetevőjeként vihető be a takarmányba, biológiai hatása azonban e két esetben nem feltétlenül azonos. Hristov és mtsai. (2009) bendőfistulás, laktáló holstein-fríz tehének bendőjébe naponta 530 g kókuszolajat vagy 240 g laurinsavat, kontrollként pedig 240 g sztearinsavat juttattak. Mivel a kókuszolaj zsírsavprofiljának 46%-át laurinsav alkotta, a két kezelés közel azonos laurinsav-bevitelt biztosított. Bár mindkét lipidkiegészítés több mint 80%-kal csökkentette a protozoonok számát a kontrollhoz képest – miközben a száraz, a szerves anyag, a nyersfehérje és az NDF teljes emésztőrendszeri emészthetősége, valamint a DMI és a tejtermelés nem változott szignifikánsan –, a CH_4 -termelés tekintetében jelentős különbség mutatkozott közöttük. (NDF: *neutral detergent fibre* – *neutrális detergens rost*.) A bendőbeli CH_4 -képződés

Ez az eredmény azért figyelemre méltó, mert ha a szarvasmarhák nagy mennyiségű, gyorsan fermentálható szénhidrátot vesznek fel, a *S. bovis* által jelentős mennyiségű laktát képződhet, amelynek bendőbeli felhalmozódása hozzájárul az akut bendőacidózis kialakulásához.

becsült sebessége sztearinsavas kiegészítésnél 6,5, tiszta laurinsav adagolásakor 7,1, míg kókuszolaj etetésekor 2,5 g CH_4 /óra volt. A tiszta laurinsavnál tapasztalt számszerű növekedés statisztikailag nem volt igazolható, a kókuszolaj esetében viszont a metanogenezis mérséklődése szignifikánsnak bizonyult. Ez a különbség feltehetően a kókuszolaj összetett zsírsavprofiljával függött össze: a laurinsav mellett mintegy 20% mirisztinsavat ($\text{C}_{14:0}$), 6,1% kaprilsavat ($\text{C}_{8:0}$) és 5,5% kaprinsavat ($\text{C}_{10:0}$) is tartalmazott. A CH_4 -termelés erőteljes visszaeséséhez így a laurin- és a mirisztinsav együttes jelenléte, valamint a közepes szénláncú zsírsavak viszonylag nagy össz mennyisége egyaránt hozzájárulhatott. A kísérlet egyúttal arra is rámutat, hogy a protozoonok szám alakulása önmagában nem megbízható indikátora a CH_4 -képződés változásának.



Kibocsátáscsökkentő potenciálja ellenére a lipidkiegészítés üzemi alkalmazását korlátozhatják a nagyobb dózisok takarmányfelvételre, bendő-fermentációra és tejtermelésre gyakorolt kedvezőtlen hatásai. Faciola és Broderick (2013) kutatásukban a növekvő laurinsav-kiegészítés következményeit elemezték, napi 0 g-os kontrollszinttől 543 g-ig terjedő skálán.



Megállapításuk szerint a dózis emelésével egyidejűleg visszaesett a DMI és a bendő protozoonjainak száma (a DMI a kontrollcsoport mintegy 24,5 kg/napos bázisáról az 543 g-os laurinsav-mennyiség mellett kb. 21,6 kg/napra csökkent, míg a protozoonok száma 64%-kal maradt el a kiindulási értéktől). A nagyobb kiegészítések emellett mérsékeltek a teljes VFA-koncentrációt, rontották a szá., a szerves anyag, az NDF és a nyersfehérje emészthetőségét, valamint a tej- és tejkomponens-termelés visszaeséséhez vezettek. **A protozoonpopuláció radikális visszaszorítása tehát nem feltétlenül jár kedvező takarmányozási és termelési következményekkel.** A kísérletben ráadásul a legnagyobb adag megvonását követően

a protozoonszám 12 nap alatt visszatért a kiindulási szintre, ami igazolja a hatás visszafordíthatóságát.

Más vizsgálatok ugyanakkor a sikeres optimalizálásra mutatnak példát. Jordan és mtsai. (2007) húshasznú üszőknel napi 0 (kontroll), 125, 250 és 375 g kókuszolaj adagolása mellett az enterális CH_4 -kibocsátás dóziszfüggő csökkenését tapasztalták (a kontroll 394 dm^3 /nap értékéről rendre 341, 314 és 240 dm^3 /napra), miközben a CH_4 -hozam 39,8 dm^3 /kg DMI-ről a dózismaximum (375 g/nap) esetében 29,7 dm^3 /kg DMI-re mérséklődött. Mivel a DMI és a szá.-emészthetőség szignifikáns csökkenése kizárólag a legnagyobb kókuszolaj-kiegészítésnél jelentkezett, az eredmények arra utalnak, hogy **adott takarmányozási körülmények között létezik olyan lipidadagolási tartomány, amelynél érdemi CH_4 -csökkenés érhető el a takarmányfelvétel és az emészthetőség romlása nélkül.**



A folytatást Partnertájékoztató Hírlevelünk következő számában olvashatják.

A felhasznált források listáját a cikk terjedelmi korlátai miatt nem közöljük, az a szerkesztőségben érhető el.

