



A CNCPS BIOLÓGIAI MODELL (1.)

EGY KIS TÖRTÉNELEM: AZ ELŐTTÜNK ÁLLÓ MÚLT

Dr. Orosz Szilvia
Állattenyésztési Teljesítményvizsgáló Kft.



Prof. Mike Van Amburgh

A cikkben szereplő személyes információk egy része Mike Van Amburgh Professzor úr (a CNCPS modell jelenlegi 'gondozója' a Cornell Egyetemen) és Thomas Tylutki (az AMTS szoftver 'megálmodója') személyes közléseiből származnak. A két ikonikus alak szeptemberben látogatott el hazánkba és lehetőségem nyílt hosszan beszélgetni velük múltról, jelenről, jövőről, nehézségekről és sikerekről. Van Amburgh professzor úr hozzáállását és tudományos meggyőződését különösen fontosnak tartom. A professzor úr sok nehézséggel találja magát szembe, mert nem a megszokott séma szerint él, dolgozik, tanít. Szerinte annyira felgyorsult a fejlődés, hogy a mesterdiákjainak nem ad tankönyvet, mert mire megírná, már elavult lenne. Pedig ő a téma legelismerettebb szakértője a világon, tőle elvárható lenne egy 'aktuális' tankönyv. Ez azonban szemléletbeli kérdés. Már nem a tankönyvek korát éljük. Ezért aktuális cikkekből, jegyzetektől tanít. A professzor és csapata megkérdőjelezi a fundamentumokat. Mernek kérdezni és vitázni. Provokatív felsorolás következik: nem használják már a nettó energiát, helyette a



Dr. Thomas Tylutki

metabolizálható energiát fogadják el, az NDF idejét multa és az aNDFom a javasolt (hamuval korrigált amilázsal kezelt NDF), a nyersfehérjét 'semmitmondó' adatként kezelik, a metabolizálható fehérjét tekintik egyedül relevánsnak.

Emellett valamennyien maximális tisztelettel vannak a szakma azon óriásai iránt, akiknek a vállán áll a modell. Hiszen Van Amburgh professzor úr személyesen ismerte Van Soest professzor urat, mivel együtt dolgoztak hajdanán, és még ma is kapcsolatban áll Charlie Sniffen professzor úrral, az alapítóval, aki már közelíti a 80. életévét. Miért híve ennyire Mike Van Amburgh a változásnak? Mert 20 éve még keveset tudtak az élő rendszerek valós működéséről. Akkor még csak az analitikai alapokat tették le. Ezen alapokon azonban új várakat lehet építeni. A kérdés az, hogy lehet, vagy kell. Mert az igazi kutatónak az a felelőssége, hogy megkérdőjelezze a korábbi evidenciákat, hogy provokatív kérdéseket tegyen fel és provokatív állítások igazát vagy hamiságát ellenőrizze. Azért, hogy a világ haladhasson előre.

Van Amburgh professzor egy dologban hisz feltétel nélkül: a tehénben. Hogy a tehén jó válaszokat ad. Csak azt fogadja el tudományos eredményként, amit a tehén visszaigazol az egyetem kísérleti telepén, nem bocsátkozik elméleti vitákba. Itt bizony nem a tudós macskájáról van szó, hanem kristálytisza, valós empíriáról.

Sokszor tesszük fel a kérdést, miért olyan progresszív az

Egyesült Államok. Talán ezért, mert ilyen bátor gondolkodó fői vannak.

Megtisztelő látogatásukat ezúton is köszönjük.

A cikkben szereplő egyéb információk különböző tudományos munkákban szerepelnek, melynek a jegyzéke a tanulmány végén található.

MI A CNCPS?

Cornell Nettó Szénhidrát- és Fehérjeértékelési Rendszer (Cornell Net Carbohydrate and Protein System)

Eredet

A 80-as évek elején Prof. Danny Fox (Cornell Egyetem) és Prof. Charlie Sniffen (Cornell Egyetem) úgy döntöttek, hogy érdemes lenne egy új biológiai (dinamikus) alapokon nyugvó modellt kidolgozni a tejelő tehenek és a húsmarhák pontosabb takarmányozása érdekében. A CNCPS alapjainak kidolgozásakor a fókusz a bendőműködés modellezése volt (*in vivo* állatkísérletek eredményeiből állítottak fel egyenleteket a folyamatok modellezésére), egy speciális kémiai takarmányanalitikai vizsgálati rendszer bevonása mellett (fehérje és szénhidrátfrakciók lebomlási sebesség szerint). Ezért Professzor Jim Russel (Wisconsini Egyetem, USDA kérődző mikrobiológus) mikrobiológiai tapasztalatait használták fel és Professzor Peter Van Soest (Cornell Egyetem) kémiai analitikai és rostfrakció módszerét vették alapul.

Huszonöt éve, 1992-ben publikálták először a modell alapjait, majd 1992-1993-ban négy cikkből álló sorozat mutatta be a részleteket (Fox et al., 1992; Russell et al., 1992; Sniffen et al., 1992; O'Connor et al., 1993). A cél egy olyan rendszer létrehozása volt, ami eszközként szolgál mind a kutatásfejlesztés, mind a gyakorlati takarmányozás szolgálatában a tejelő és húsmarha ágazatban (Russell et al., 1992). A folyamatos fejlesztés eredményeként számos verzió látott napvilágot az elmúlt 25 évben, jelenleg a 6.55 verzió a legfejlettebb (Fox et al., 2000, 2004; Tylutki et al., 2008). Folyamatban van a 7. verzió előkészítése.

Időrendben: CNCPS verzió 1 1991; verzió 2 1993; verzió 3 1994; verzió 4 2000; verzió 5 2003; verzió 6 2006; verzió 6.1 2009; verzió 6.5 2013; verzió 6.55 2015.

EGY SORSDÖNTŐ ELEM: AZ ANALITIKA

Egy 1982-ben megrendezett szimpóziumon megjelent egy cikk, aminek az volt a célkitűzése, hogy létre kell hozni egy olyan *mechanikus modellt*, ahol az input adatok megfelelnek két alapfeltételnek:

Dióhéjban a szakmai alapokról

A CNCPS biológiai modell, nem egy szoftver, hanem

1. egy táplálóanyag- és energiaszükségleti adatbázis,
2. egy takarmány adatbázis, és
3. egy olyan egyenletgyűjtemény, amivel számszerűsíthetőek a bendőben lezajló folyamatok, a táplálóanyagok lebomlása közötti összefüggések, az időrendiség és az intermedier anyagcsere egyes elemei. Például az összefüggések ismeretében előre jelezhető a bendő kémhatása, a tejsír vagy a tej karbamidtartalma.

A CNCPS tehát a Cornell Egyetem kutató professzorai által kidolgozott olyan biológiai alapokon nyugvó modell, mely kísérleti úton kapott összefüggések által veszi figyelembe a tejelő- és a húsmarha bendőműködésének és emésztésének sajátosságait. A módszernek két alappillére van a **fehérjeértékelés és a szénhidrátértékelés**, valamint ezek egymáshoz való viszonyulása a bendőben, majd a posztruminális szakaszban (oltógyomor, vékonybél stb.). **A CNCPS a bendőbeli lebomlás mértéke mellett a lebomlás sebességét is figyelembe veszi és számszerűsíti. Ettől egyedülálló a modell, mert a 4. dimenziót, azaz az időt is képes g/kg szá. értékek formájában megjeleníteni és a táplálóanyagok bendőbeli hozzáférhetőségét időtartományokra képes vetíteni** (gyorsan és lassan lebomló frakciók). Ehhez kidolgozták a takarmányok speciális (a rutin laboratóriumi gyakorlatban is alkalmazható) kémiai analitikai módszereit (ma már természetesen NIR-rel is meg lehet adni ezen adatokat), valamint folyamatosan ellenőrzik a modell működését a termelő tehenekkel. A Cornell Egyetem kísérleti gazdaságában 600 tehén áll rendelkezésre ebből a célból.

1. Az adatok telepeken is könnyen begyűjthetőek legyenek.
2. Az adatok legyenek olyan takarmányanalitikai módszerekkel előállíthatóak, amik kereskedelmi laborokban rutinszerűen végezhetőek (a lebomlás mértékét és a lebomlási sebességet is beleértve!)

Ezt a célt a CNCPS is magáévá tette és még napjainkban is alkalmazza. Miért fontos ez? Mert ezen új, egyszerű és olcsó kémiai analitikai módszerek segítségével lehetővé vált, hogy ma már nincs szükség drága, hosszú és a rutinlaborokban nem alkalmazható *in vivo* (fiztulás tinó, tejelő tehen, juh stb.) és *in vitro* (műbendő) ahhoz, hogy a különböző takarmányok fehérje és szénhidrát lebomlásának mértékét, sőt a lebomlás sebességét is megkapjuk. Speciális 'vegyszeres' analitikával ezen adatok megadhatóak. Egyszerűbben megfogalmazva, bevisszük a kémiai laborba a takarmányt és néhány napon belül megkapjuk a saját takarmányunk lebomlási eredményeit. Mivel a NIR adatbázisok közül több (CVAS, DairyLand, DairyOne, Rock River Labs, Eurofine-BLGG) már rendelkezik a szükséges háttéradatokkal, így most már csak órákra van szükség, nem napokra, ugyanezen adatok kiadásához, legyen az kukoricaszilázs, olaszperje, vagy korai betakarítású gabonaszilázs.

Hozzá kell tenni, hogy az *in vivo* és *in vitro* (műbendő)

MIRE LEHET HASZNÁLNI EZT A MODELLT?

Gödöllőn, egy idős gépész professzor kérdezte mindig az ifjú titánoktól a doktori védések végén: „Fiatalember, és az Ön eredményétől olcsóbb lesz a kenyér holnap?” A kérdés természetesen átvitt értelmű, az elméleti adatok gyakorlati hasznára volt alapvetően kíváncsi a professzor úr. Többször kellene feltennünk ezt a kérdést...

A modell elvének megértése sokat segít a rendszer működésének és gyakorlati használhatóságának megítélésében. A biológiai modellt különböző szoftverek segítségével lehet a napi rutin adagösszeállításban használni.

A CNCPS-t adaptáló CPM Dairy nevű szoftver volt az első kereskedelmi alkalmazás, amit tejelő tehenek részére dolgoztak ki. Sokáig ezt használták a világ számos országában az USA-tól Dél-Afrikán keresztül Törökorszáig takarmányadag-összeállításra. Időrendben: CPM verzió 1 1994; CPM verzió 2 nem hozták forgalomba; CPM verzió 3 2006. A CPM Dairy szoftver forgalmazását azonban 2009-ben hivatalosan is befejezték.

A kutatócsapat szerint egy olyan szoftver, aminek a fejlesztését tudományos szinten végzik, túl drága, nem lesz elég rugalmas és gyakorlatias. Ezért a modellt felállító csapat úgy döntött, hogy az 'akadémiai' vonalon a biológiai modell lesz a fókuszban és a kutatásfejlesztésre kapott dollárokat a fő biológiai modell fejlesztésére fogják fordítani. Így 2006-tól a modellező csapat felajánlotta a biológiai modellt egy független szoftverfejlesztő csapatnak licenszként. Az AMTS nevű szoftvert három olyan kutató alkotta meg, akik korábban tagjai voltak a modellt felállító csapatnak a Cornell Egyetemen. Jelen pillanatban 4 csapatnak van joga szoftver készítésére: 2 cég az USA-ban és 2 cég Olaszországban működik.

módszerek előnye a valósághoz közelebb álló eredmény. A valóság sohasem reprodukálható pontosan kémiai módszerekkel. Az *in vitro* módszerek azonban nem alkalmazhatóak a napi rutinban, tehát pontosabbak lennének ugyan, csak nem készülnek el. Ezért az *in vivo* és *in vitro* módszerek esetében nagy országos adatbázisokat hoztak létre, ahol 'nemzeti' projektek keretében meghatározták az emészthetőségi és lebomlási paramétereket az adott országban legfontosabb takarmányokra. Ezen táblázati adatok tehát rendelkezésre állnak a mi saját takarmányunk esetében is az MFE, MFN, a NEI kiszámításához. Az adatok azonban idővel elavulnak, illetve a kategóriák száma sem bővül kellő mértékben, tehát kevéssé tud lépést tartani az ágazat fejlődésével. Ez a hátránya egy ilyen statikus adatbázisnak. Az új takarmánytípusok esetében pedig külön (általában állami) támogatás és idő kell az országos adatbázisok kibővítéséhez, amennyiben az adott ország rendelkezik a megfelelő kísérleti infrastruktúrával (fiztulás állatok kutató intézetek és egyetemek kísérleti gazdaságaiban).

A CNCPS 6 és 6.1 változatát (Tylutki et al., 2008, Van Amburgh et al., 2010) négy szoftver használja jelen pillanatban a napi adagösszeállításban:

1. az AMTS Szmh. szoftver (Mezőgazdasági Modellezési és Oktatási Rendszer, Cortland, New York, USA),
2. NDS (Kérődő Menedzsment és Takarmányozás, Reggio Emilia, Olaszország)
3. DinaMilk (Fabermatica, Ostiano, Olaszország)
4. Dalex (Dalex Megoldások az Állattenyésztésben, Los Angeles, Kalifornia, USA)

Az ágazat által használt szoftverek segítségével nemcsak a takarmányadag értékelésére, takarmányadagok összeállítására van lehetőség a napi rutinmunkában, de az új, korrigált szükségleti értékek és a várható tejtermelésre vonatkozó új előrejelző egyenletek is szinte azonnal ellenőrizhetőek 'élesben' a gyakorlatban, mivel a szoftverekre gyorsan fel lehet tölteni a legújabb modellelemeket.

Az a lényeg, hogy a szükségleti értékek pontosabb tétele, a korszerű takarmány-adatbázis létrehozása (a takarmányok táplálóanyag-tartalmának, valamint fehérje- és szénhidrát-lebonthatóságának differenciált értékei), továbbá a biológiai folyamatokat leíró egyenletek segítségével meg lehet 'jósolni', azaz előre lehet jelezni a tehen várható termelését (a metabolizálható energia és a metabolizálható fehérje ellátottság alapján). Ez más szoftverekben is kiszámításra kerülő adat (energia és fehérje alapon), tehát nem újdonság. Általában azonban nem a szoftver értékmérő adataként használjuk ezt a két számított értéket. Mivel nem eléggé pontos, inkább csak tájékoztató jellegű adatként vesszük figyelembe. Ha a valós termelésnek megfelel, akkor 'örülünk', de fő a fejünk, ha eltér. Mi lehet az oka, hogy nem egyezik? Mi a nem várt eltérés biológiai oka? Mit nem vettünk kellő mértékben

figyelembe? Ismerős kérdések? Sok idő elmegy a válaszok megkeresésére. Ezekre a kérdésekre adhat gyorsabb és talán pontosabb választ a modell a rendkívül differenciált adatsorokkal és összefüggéseivel. Ezen felismerések olyan rejtett hibák kiszűrését teszik lehetővé, melyek az adag teljes átalakításához vezethetnek.

A CNCPS biológiai modellt használó szoftvereknek az

SEMMI SEM ÁLLANDÓ, CSAK A VÁLTOZÁS

A módszer rendkívül fejlett, de maguk a fejlesztőmérnökök mondták ki, hogy „Nincs tökéletes modell”. A jó modell egy evolúció eredménye. Találd meg a lyukakat, fedezd fel a mélységüket, próbáld meg feltárni és fixáld.

A HAZAI FEHÉRJE ÉS ENERGIAÉRTÉKELÉSI RENDSZER, A CNCPS ÉS AZ NRC: ÚTKERESÉS

A hazai fehérje és energiaértékelési rendszer kidolgozása-kor a hazai kutatócsoport meghatározta a takarmányok nyers táplálóanyagai mellett az emészthetőséget (külön-külön a különböző táplálóanyagokra), a bendőbeli lebonthatóság mértékét (*in vivo* fisztulás marhákkal), valamint kémiai analízissel a nem emészthető nitrogénhányadot (ADIN-savdetergens nitrogén). Ezen adatok képezik az MFE, MFN és a NEI számításához szükséges emészthetőségi és lebonthatósági alapadatokat. Ezen adatok pontosak, megbízhatóak, de 15 évesek. Néhány új takarmány esetében pedig nincs meg a szükséges adatsor az MFE, MFN és a NEI számításához. Ez lehet egy fejlesztési irány, de kérdés, hogy merre tartunk. A CNCPS sem adatok szintjén, sem analitikai módszereit tekintve nem kompatibilis a hazai rendszerrel. Már nem nettó energiával számol, hanem megállt a metabolizálható energia szintjén. Pedig a nettó energia tekintetében 1986-ban mi az amerikai energiaértékelési módszert vettük át. Az NRC (2001) is nettó energiával számol. Az NRC (Nutrient Requirements of Dairy Cattle, National Research Council) és a CNCPS modell sem fedi egymást teljes mértékben, lehetnek a jövőben ellentmondások. Az NRC új kiadása jövőre várhatóan megjelenik, és akkor pontosabban fogjuk látni az aktuális álláspontokat és a részleteket.

Folytatása következik a modell részleteinek ismertetésével... tekintettel a téma rendkívüli nehézségére, a teljesség igénye nélkül.

A négy alapcikk:

1. Russell, J. B., J. D. O'Connor, J. D. G. Fox, P. J. Van Soest, and C. J. Sniffen (1992): A Net Carbohydrate and Protein System for Evaluating Cattle Diets: I. Ruminant Fermentation. *J. Anim. Sci.* 1002. 70:3551-3561
2. Sniffen, C. J., J. D. O'Connor, P. J. Van Soest, D. G. Fox, and J. B. Russell (1992): A Net Carbohydrate and Protein System for Evaluating Cattle Diets: 11. Carbohydrate and Protein Availability. *J. Anim. Sci.* 1992. 70:3562-3577
3. Fox, D. G., C. J. Sniffen, J. D. O'Connor, J. B. Russell, and P. J. Van Soest. (1992): A net carbohydrate and protein

esetében azonban alapvető fontosságú a várható termelési szintre vonatkozó előrejelzés pontossága. A valós értéktől való eltérés mértéke adja meg a modell értékét. Jelenleg $\pm 0,5$ kg/nap/tej eltérést tekintenek reálisan elfogadható mértékű eltérésnek, ha a szükségleti értékek kiszámításához minden input adat jól van beállítva és a takarmányok aktuális, mért és releváns adatait használták az adagösszeállításához.

Néha nem sikerül fixálni, akkor legalább a hiba/pontatlanság mértékét kellene csökkenteni. Más szavakkal: a modell állapota nem statikus, hanem dinamikusan fejlődik. A statikus modellek napjainkban gyorsan idejétmúlttá válnak!

system for evaluating cattle diets: III. Cattle requirements and diet adequacy. J. Anim. Sci. 70:3578-3596.

4. O'Connor, J. D., C. J. Sniffen, D. G. Fox, and W. Chalupa (1993): A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: IV. Predicting amino acid adequacy. *J. Anim. Sci.* 71:1298-1311.

Egyéb hivatkozott cikkek

1. Fox, D. G., T. P. Tylutki, M. E. Van Amburgh, L. E. Chase, A. N. Pell, T. R. Overton, L. O. Tedeschi, C. N. Rasmussen, and V. M. Durbal. (2000): The Net Carbohydrate and Protein System for Evaluating Herd Nutrition and Nutrient Excretion. CNCPS Version 4.0: Model Documentation. Dept. Anim. Sci., Cornell Univ., Ithaca, NY.
2. Tylutki, T. P., D. G. Fox, V. M. Durbal, L. O. Tedeschi, J. B. Russell, M. E. Van Amburgh, T. R. Overton, L. E. Chase, and A. N. Pell. (2008): Cornell Net Carbohydrate and Protein System: A model for precision feeding of dairy cattle. *Anim. Feed Sci. Technol.* 143:174-202.
3. Van Amburgh, M., L. Chase, T. Overton, D. Ross, E. Recktenwald, R. Higgs, and T. Tylutki. (2010): Updates to the Cornell Net Carbohydrate and Protein System v6. 1 and implications for ration formulation. Pages 144-159 in Proc. Cornell Nutr. Conf., Dept. Anim. Sci., Cornell Univ., Ithaca, NY.
4. Van Amburgh, M. E.; E. A. Collao-Saenz, R. J. Higgs, D. A. Ross, E. B. Recktenwald, E. Raffrenato (2015): The Cornell Net Carbohydrate and Protein System: Updates to the model and evaluation of version 6.5. *J. Dairy Sci.* 98:6361-6380
5. White, R. R.; Y. Roman-Garcia, J. L. Firkins, P. Kononoff, M. J. Van de Haar, H. Tran, T. McGill, R. Garnett, and M. D. Hanigan (2017): Evaluation of the National Research Council (2001) dairy model and derivation of new prediction equations. 2. Rumen degradable and undegradable protein. 1. *J. Dairy Sci.* 100:3611-3627



A CNCPS BIOLÓGIAI MODELL (2.)

A FEHÉRJEFRAKCIÓK ÉRTELMEZÉSE

Dr. Orosz Szilvia
Állattenyésztési Teljesítményvizsgáló Kft.

BEVEZETÉS

Európában számos energia- és fehérjeértékelési rendszer létezik. Ezek elvben igen, de adatok szintjén egymással kevésbé összevethetőek. Bár hasonló rövidítéseket használunk Európa-szerte (RDP, UDP, soluble protein, ADIN stb.), ezek kémiai meghatározása különbözhet egymástól. Ezért hibát követ el az, aki a magyar UDP-hez hozzáadva a német RDP-t, azt várja, hogy a kapott összeg a nyersfehérje mért értékével számszakilag megegyezzen. Ez nem labormérési hiba, még csak nem is a NIR pontatlansága a kémiai analízishez viszonyítva, nem következtelen adatközlés, hanem a fehérjeértékelési rendszerek különböző módszertanának következménye. Például, az emészthető szerves anyagok mennyisége (DOM) számítható

- az emészthető táplálóanyagok összegéből (ahol a táplálóanyagok emészthetőségét *in vivo* állatkísérlettel határozzák meg táplálóanyagoként, majd összeadják a szorzatokat), de
- *in vitro* mérésrel is meghatározható (műbendőben 48 órás inkubációval bendőfolyadékot használva, majd enzimes lebontást alkalmazva meghatározzuk a szerves anyagok emészthetőségét és ezt megszorozzuk a szerves anyagok össz mennyiségével, amit a szárazanyag- és a hamu különbségéből kalkulálunk, $DOM = OMD \times \text{szerves anyagok}$, $\text{szerves anyag} = \text{szárazanyag-hamu}$).

Ezért fontos, hogy csak azon adatokat hasonlítsuk össze, melyek ténylegesen összevethetőek egymással. Ahhoz, hogy megértsük egymást, egy nyelven kellene beszélnünk. Európában azonban sajnos nem egységes a kémiai analitika és az erre épülő energia-, valamint fehérjeértékelési rendszer. Ez egyre nagyobb gondot

okoz, mivel a tehén ugyanaz mindenhol, a szoftverháttér és a szakembergárda pedig globalizálna. Egyre nehezebb lesz a kérdésre válaszolni: Merre tovább? Lehet, hogy abba az irányba kellene haladni, ahol progresszív és gyakorlatorientált a kutatás, számos kutatóintézet működik, a kutatásra van elegendő állami támogatás, évtizedes múltú a holstein tehén takarmányozására épülő tapasztalat, és hasonló a takarmánybázis? Nehéz kérdés.

A hazai fehérjeértékelési rendszer több európai rendszer elemeit foglalja magába, azokat egyesítve. Ezáltal nem, vagy csak nehezen összehasonlítható más fehérjeértékelési rendszerek adataival. A hazai rendszer elsősorban a bendőben kialakítandó mennyiségi egyensúlyra épít, kevésbé veszi figyelembe az időbeli szinkronitás szempontját. Kétségtelen előny, hogy Magyarországon *in vivo* állatkísérletekkel meghatározott alapadatokból számolható a takarmányok nettó energia- és metabolizálható fehérjeértéke. Az adatok egy központi adatbázisban található meg (Magyar Takarmánykódex, 2004). Az egyes takarmánykategóriák differenciáltsága azonban kérdéses, illetve egyes takarmánytípusokra nincsen adat. Szemben az USA-beli Cornell-moddal, ami elsősorban egyszerűen kivitelezhető kémiai analízisre épít. Utóbbi esetben az adott takarmány fehérje lebonthatósága, a lebontás sebessége rutinvizsgálattal kerül mérésre (költség- és időhatékony), mely nem éri el az *in vivo* állatkísérlet pontosságát, de minden takarmányra külön egyedi eredményt ad, és az időbeli szinkronitás is mérlegelhető a saját takarmánymintára vonatkozóan.

A korábbi cikkben leírtuk, hogy az új, egyszerű és olcsó kémiai analitikai módszerek segítségével a CNCPS modell használatával lehetővé vált, hogy ma már nincs szükség drága, hosszú és a rutinlaborokban nem alkalmazható *in vivo* és *in vitro* (műbendő) mérésekre ahhoz, hogy a különböző takarmányok fehérje és szénhidrát lebomlásának mértékét, sőt a lebomlás sebességét is megkapjuk. Speciális 'vegyszeres' analitikával ezen adatok megadhatóak. Úgy tűnik, az amerikai példa terjed, egyre nagyobb laborhálózatok adaptálják ezt a módszercsoportot.

Kémiai vizsgálatok vs NIR. Ne felejtjük el, a NIR-adatok mögött mindig egy referencia adatbázis áll, amiben kémiai vizsgálati eredmények (és esetenként *in vitro* lebomlási mérési eredmények) találhatóak. A NIR eredmény pontosságát a kémiai referenciavizsgálatok pontossága és száma határozza meg. Vannak olyan vizsgálatok, amik rutinszerűen nem végezhetőek (emészthetőségi vizsgálatok), mert költségesek, bendőfolyadék kellene hozzájuk, és hosszú ideig tart a mérés. A NIR-technikát alkalmazva azonban ezek is rutinméréssé váltak, hiszen az elmúlt években elvégzett

CNCPS MODELL: FEHÉRJEBLOKK

Az amerikai Dairy NRC (National Research Council) elfogadta és az NRC (Nutrient Requirements of Dairy Cattle) 2001-es kiadványában meg is jelentette a CNCPS (Cornell Net Carbohydrate and Protein System = Cornell Nettó Szénhidrát- és Fehérjeértékelési Rendszer) modell részleteit. A modell egyik legfontosabb eleme a metabolizálható fehérje, ami alapvetően a mikrobiális fehérjének és a bendőben nem lebomló fehérjének az összege. A rendszer nemcsak a bendőben lebontható fehérjével számol, de az oldódó fehérjével is (SP-Soluble Protein), aminek ismeretében pontosabban ki tudjuk elégíteni a bendőmikrobák táplálékigényét. Az oldódó fehérje használatával a receptúrázás pontossága nagymértékben javítható. Az oldódó fehérjék a rostbontó baktériumok életfeltételeihez jobban igazodó fehérjeforrást biztosítanak. Ezen baktériumok életfeltételeinek javulása eredményeként javulni fog a táplálékanyag lebontása, és nem utolsósorban így módon növelni tudjuk a mikrobiális fehérje mennyiségét a bendőben (Dégen és Orosz, 2013). Russel és mtsai. (1992) leírták, hogy a strukturális szénhidrátot (rostot) fermentáló baktériumoknak kizárólag ammóniára van szükségük nitrogénforrásként. Ha kevesebb oldódó vagy lebomló fehérjét etetünk a szükségesnél, akkor kevesebb lesz a mikrobafehérje mennyisége és kevesebb szénhidrát fermentálódik a bendőben. A tejtermelés csökkenhet, ha az adag csak lassan lebomló fehérjeforrást tartalmaz, még akkor is, ha a fermentálható szénhidrát elegendő mennyiségben van jelen. Ha azonban az adag több oldódó (SP) és lebomló (RDP) fehérjét tartalmaz, mint amire a tehénnek szüksége van, akkor az állat pazarolni fogja a feleslegben etetett fehérjét, nitrogént (N). A felesleges N a vizelettel és a tejjel

in vitro mérésekből származó háttéradatbázis sok ezer eredményét percek alatt meg lehet feleltetni a mért színeknek egy jó szoftverrel (például OMD, NDFd). A CNCPS modell jelenlegi mérés technikája a NIR-rel egyidőben fejlődött ki. A CNCPS adatai jelenleg természetesen kiadhatóak kémiai vizsgálat eredményeként és NIR-adatként egyaránt. A CNCPS kémiai analitika kicsit hosszadalmasabb, mint a NIR-adatközlés, ezért manapság a CNCPS adatai is leginkább NIR-eredmények formájában érhetőek el a világon. Hozzá kell azonban tenni, hogy az USA laborok sem teljesen egységesek labor módszertan tekintetében, de legalább összevethetőek.

Jelen pillanatban egy követhető stratégiát tudunk ajánlani, a lojalitást. Ha egy labor mellett letesszük a voksunkat, akkor a módszertani eltérések miatt ne váltogassuk a laboreredményeket, hanem legyünk konzervensek és építsük fel a saját szoftverünkben a saját adatbázisunkat ugyanazon labor eredményei alapján. Annak erősségeivel és ismert gyengeségeivel együtt. Az adatok összehasonlításánál pedig legyünk nagyon körültekintőek.

ki fog ürülni. Magas lesz a vérben és a tejben a karbamid szint (Dégen és Orosz, 2013). Az oldódó fehérje nagy része a szenázokban nem fehérje eredetű nitrogén (NPN - Non Protein Nitrogen) formában van jelen. Az NPN-re gyakran, mint olcsó nyersfehérje-forrásra tekintenek, és ezért előfordul, hogy többet is használnak belőle a kelletténél. Máskor pedig épp ennek az ellenkezője történik, és az oldódó fehérje hiányzik az adagból limitálva a megfelelő rostbontást és a képződő bendőmikroba-termék mennyiségét. Ez végső soron korlátozza az állat táplálékanyag-ellátását, beleértve az aminosav-ellátást is. Ugyanis a bendőben képződő mikrobafehérje biztosítja az aminosav szükségletnek az 50-80%-át a vékonybélben. A bendő mikrobafehérje-termelésének optimalizálása pedig javítja a N-forgalom hatékonyságát és csökkenti a takarmányozási költségeket (Dégen és Orosz, 2013). A nitrogénhasznosulás hatékonysága olyan mértékben javítható ezen apró részletek finomra hangolása révén, hogy 16% alatti nyersfehérje-tartalommal is elérhető a napi 40 literes termelési szint, ahogy ezt Mike Van Amburgh professzor úr bemutatta szolnoki előadásában (14,6% sza. nyersfehérje - 40,0 kg/nap/tehen tej).



Ez lenne a biológiai modellek gyakorlati haszna, hogy minél jobban megértve és megismerve takarmányainkat, azok viselkedését a bendőben, és minél jobban megközelítve a tehén valós igényét, költséghatékonyan tudjunk takarmányozni.

A CNCPS a fehérjét 5 frakcióra osztotta fel eredetileg (A, B₁, B₂, B₃, C). Az 5 frakciónak különböző a bendőbeli lebonthatósága és a lebomlási sebessége. A legújabb modellekben szintén 5 fehérjefrakció különül el, de az A és a B frakciók meghatározása különbözik a korábbi modelltől (A1,2,B1,2,C)

A1: Nem fehérje eredetű nitrogéntartalmú anyagok (NPN – Non Protein Nitrogen), főként karbamid és ammónia.

A2: A bendőben gyorsan lebomló, oldódó valódi fehérje (főként tömegetakarmányokban).

- *Számítás alapján:* A2 = oldódó fehérje – NPN.

B1: A bendőben lebomló valódi fehérje.

- *Kémiai meghatározása:* borát pufferben oldódik és kicsapódik triklór-ecetsavban.

- *Számítás alapján:* B1 = total nyersfehérje – (oldódó fehérje + NDICP).

Az NDICP az NDF-hez kötött nitrogén fehérje egyenértékben kifejezve (Neutral Detergent Insoluble Crude Protein).

B2: Ennek a frakciónak változó a lebomlási ideje a bendőben, de általában elmondható, hogy a valódi fehérje lassan lebomló hányada.

- *Számítás alapján:* A B2 frakció a maradék, amit a nyersfehérjéből levonva A, B1 és C értéket kapunk.

- B2 = nyersfehérje – (A+B1+C)

- B2 = NDICP – ADINx6,25.

NDICP = az NDF-hez kötött nitrogén fehérje egyenértékben kifejezve (Neutral Detergent Insoluble Crude Protein).

ADIN = a savdetergens rost nitrogéntartalmának fehérje egyenértéke (Acid Detergent Insoluble Nitrogen x 6,25).

C: Emészthetetlen fehérje. A C frakció tartalmazza azt a fehérjét, ami ligninhez, tanninhoz kötődött, továbbá a hőkárosodott fehérjéket, úgymint a Maillard-reakció termékeit (Sniffen és mtsai, 1992).

- *Kémiai meghatározása:* az ADF rosthöz kötött fehérje, rövidítve ADIN (Acid Detergent Insoluble Nitrogen x 6,25).

A nemzetközi szakirodalomban egyéb paraméterek is megtalálhatóak, amiket hasznos ismerni:

Total nyersfehérje: Az összes nitrogéntartalom (amiben az ammónia is benne értendő) fehérje egyenértékben kifejezve (N x 6,25). Az erjedés során keletkező ammónia is beleszámítódik ebbe a nyersfehérje-értékbe.

Kukoricaszilázs NH₃-N : 2-15% (összN), átlagosan 7% (összN). Fűszilázs: 15% (összN).

Nyersfehérje (NH₃-N nélkül): Az össznitrogén-tartalom alapján számolt nyersfehérjéből kivonásra kerül az ammónia. A hazai nyersfehérjével összevethető érték.

Oldódó nyersfehérje: A bendőben oldódó és gyorsan lebomló NPN anyagok, valamint a valódi fehérje egy része. A szükséges mennyiséget a bendőben oldódó, cukorszerű szénhidrátokhoz kell igazítani, mert együtt alapozzák meg a mikrobiális fehérjeszintézis gyors fázisát. Túl nagy mennyiségű oldódó fehérje etetésekor több karbamid ürül a vizelettel és a tejjel.

NDICP: Az NDF-hez kötött nem oldódó fehérjefrakció. Részben hozzáférhető, mert az NDF emészthető frakcióihoz kötődő fehérjéről van szó (Neutral Detergent Insoluble Crude Protein).

ADICP (=ADINx6,25): ADF-hez kötött nem oldódó fehérjefrakció. Nem emészthető, lignifikált vagy hőkárosodott fehérje (Acid Detergent Insoluble Crude Protein).

Az USA CNCPS rendszere szerint általában a nagytejű adagban:

- az oldódó fehérje aránya a nyersfehérjéhez viszonyítva: 28-32% SP/CP (Ondarza, 2003).
- a bendőben lebomló fehérje aránya a nyersfehérjéhez viszonyítva: 60-65 % RDP/CP (Ondarza, 2003).

A paraméterek magyarázatát a szénhidrát blokk ismertetésével folytatjuk a következő lapszámokban. Ezt követi majd a paraméterek közötti összefüggések bemutatása.





A CNCPS BIOLÓGIAI MODELL (3.)

A SZÉNHIDRÁTFRAKCIÓK ÉRTELMEZÉSE

Dr. Orosz Szilvia
Állattenyésztési Teljesítményvizsgáló Kft.

BEVEZETÉS

Előző számunkban a fehérjefrakciókat tekintettük át. Most a szénhidrátoldalt mutatjuk be. Ezt követően találunk egy kis áttekintést a szénhidrátok módszertanáról, bendőbeli viselkedéséről a régi nomenklatura alapján. Érdekes lehet

ez az esszé, mert az összefüggések akkor is érvényesek, sőt segíthetnek megérteni a CNCPS paramétereinek működését, ha a vizsgálati módszerek nem is felelnek meg teljesen az új CNCPS rendszerének.

A CNCPS SZERINTI SZÉNHIDRÁT BLOKK

A CNCPS a szénhidrátokat 8 frakcióra osztotta fel (A 1-4, B1-3, C). Ennek a 8 frakciónak különböző a bendőbeli lebonthatósága és a lebomlási sebessége.

A1: ILLÓSAVAK

A szilázsokban előforduló rövid szénláncú szerves savak (pl. propionsav, vajsav, ecetsav)

A2: TEJSAV

A szilázsokban előforduló rövid szénláncú szerves sav, mely nem illósav.

A3: Más szerves savak

A4: CUKROK

A bendőben gyors lebomlású, oldódó szénhidrátok (cukorszerű anyagok).

Kémiai meghatározása: vizes extrakció 39°C-on. A hazánkban általánosan alkalmazott etanolos extrakcióval (Luff-Schoorl módszer) kisebb mértékű értéket kapunk, mint a vízzeloldható módszerrel, mert a tejcukor és a fruktánok (fűszilázsok) egy része nem oldható ki etanollal. Tehát a két cukormódszer eredménye között számszaki különbség lesz, a két módszer különbözősége miatt.

B1: KEMÉNYÍTŐ

A bendőben lassan lebomló szénhidrátok:

- keményítő (főként gabonafélék, kukoricaszilázs), de ide tartozik még a
- szacharóz (répaszelet, citruspép) és a
- fruktánok (fűfélék és pillangósok).

A szacharóz (redukáló diszacharid: fruktóz+glükóz) és a fruktánok a keményítőhöz hasonlóan fermentálódnak a bendőben, ezért a keményítő mellett ugyanezen csoportba tartozhatnak bendőbeli viselkedésük alapján. Ne felejtjük el, nem a melasz gyorsan oldódó és lebomló cukortartalma tartozik ide, hanem a sejtfallal körülvett szacharóz!

A keményítő két polimerből áll: amilóz és amilopektin. A keményítő lebomlásának sebessége a forrásától is függ: búza>árpa>kukorica>cirok és növelhető különböző fizikai eljárásokkal (finomra darálás, héj elválasztása, zselatinizáció). Két enzim bontja a keményítőt hidrolízissal a bélcsatornában: az α - és β -amiláz. A kukoricaszilázsban, a gabonamagvakban és ezek melléktermékeiben valódi keményítő található, míg a fűfélék és a pillangósok esetében a B1 frakciót a fruktánok teszik ki nagy részt. A répaszeletben, a citruspépben és az ehhez hasonló melléktermékekben a B1 frakció főként szacharóz.

B2: OLDÓDÓ ROST (pektinek és β -glükánok)

A sejtfal lassan lebomló, de bendőben hozzáférhető frakciója (oldódó rost: pektinek és β -glükánok). Az oldódó rost és a lignin között nincs kovalens kötés, ezért 100%-ban lebomlik a bendőben. Elsősorban ecetsav képződik belőlük, nem emelik a tejsav koncentrációját a bendőben. Alacsony pH-n azonban leáll a bontása.

Számítás alapján: **B2 = NFC - (savak + cukrok + keményítő) = NFC - (A1 + A2 + B1)**

- NFC = 100 - (Nyersfehérje + Nyerszsír + Hamu + (NDF - NDICP)).
- NDICP az NDF-hez kötött fehérje (Neutral Detergent Insoluble Protein).

B3: NEM OLDÓDÓ, DE A BENDŐBEN LEBONTHATÓ ROST (cellulóz, hemicellulóz).

A cellulóz és a hemicellulóz egy része a bendőmikrobák

által bomlik le a bendőben.

Számítás alapján **B3 = NDF - (NDICP+ lignin 2,4)**

C: NEM LEBONTHATÓ ROST (lignin és ligninhez kötött rost)

A sejtfal nem oldódó és még mikrobák által sem bontható frakciója, ami a vékonybélben nem hozzáférhető.

Számítás alapján **C = lignin x 2,4.**

A CNCPS szerinti szénhidrátfrakciók bendőbeli lebomlása és emészthetősége tehát jelentős mértékben eltér egymástól, azért érdemes illeszteni a fehérjeoldalhoz a hatékony nitrogénhasznosulás érdekében, ami segíti a költséghatékony tejtermelést (Prof. Mike Van Amburgh, Cornell Egyetem: 14,6% sza. nyersfehérje - 40,0 kg/nap/tehén tej).

1. TÁBLÁZAT A CNCPS SZERINTI SZÉNHIDRÁTFRAKCIÓK BENDŐBELI LEBOMLÁSA ÉS EMÉSZTHETŐSÉGE AZ ALÁBBIK SZERINT ALAKUL (FORRÁS: EUROFINS AGRO, 2016)

CNCP frakció	Komponensek	Bendőbeli lebomlás (%/óra)	Emészthetőség (%)*
A 1-3	Illósavak és tejsav (szilázások)	1-2	100
A4	Cukrok	100-300	100
B1	Keményítő	10-40	75
B2	Oldódó rost (pektinek, β -glükán)	40-60	75
B3	Nem oldódó, de lebomló rost (cellulóz, hemicellulóz)	2-15	20
C	Nem lebontható rost (lignin és a ligninhez kötött rost)	0	0

RÖVID ÁTTEKINTÉS A SZÉNHIDRÁTOKRÓL

1. A bendőben fermentálható szerves anyagok meghatározása - hazai vs. nemzetközi módszerek

A fermentálható szerves anyag (FOM) a bendőmikrobák által hasznosítható, elsősorban energiaellátásukat biztosító anyagokat jelenti. A hazai fehérjeértékelési rendszer (Schmidt és mtsai., 2000) szerint a bendőben fermentálható szerves anyagok (FOM) mennyiségének megalapozója az emészthető szerves anyagok (DOM) azon hányada, mely hozzáférhető a bendőmikrobák számára.

FOM (g/kg sza.) = DOM - (emészthető nyerszsír + by-pass fehérje + by-pass keményítő + fermentációs termékek).

Az emészthető szerves anyagok (DOM) mennyiségét lehet az emészthető táplálóanyagok összegével jellemezni (hazai rendszer), míg napjainkban külföldön a szerves anyagok *in vitro* emészthetőségi értékét használják a számításokhoz a rutinvizsgálatok során. A szerves anyagok emészthetőségének (OMd) javasolt értéke a tejtermelő csoportokban legalább 75%. Ekkor a DOM értéke megközelíti a TMR-ben az ideális 700 g/kg sza. értéket.

Egy másik, külföldi megközelítés szerint (Schwab és mtsai., 2003) a DOM-nak megfelelő összes emészthető anyag (TDN) kalkulálható az alábbi 5 érték mennyiségéből:

- az emészthető nyersfehérje¹,
- az emészthető nyerszsír²,
- az emészthető keményítő³,
- az emészthető NFC (nem rost jellegű szénhidrátok)

keményítővel csökkentett értéke⁴ és

- az emészthető NDF⁵.

$TDN\ 1x = tdCP^1 + tdFA^*2,25^2 + tsStarch^3 + tdNStNFC^4 + tdNDF^5 - 7$

A bendőben fermentálható szerves anyagok mennyiségét meghatározó faktorok közül tehát a legnagyobb hatást kifejtő tényező az NDF-, a keményítő-, az összcukor- és a lebomló nyersfehérje-tartalom, továbbá ezek bendőbeli lebonthatósága és a lebontás sebessége. Meghatározó a jelentőségük, mert hiányos vagy nem arányos ellátottság esetében a megfelelőnek ítélt fehérjeellátás mellett is kialakulhat (időszakosan, vagy akár tartósan is) magas vérkarbamidszint, ami a szaporodásbiológiai eredmények romlásához vezethet.

2. Az NDF bendőbeli lebonthatóságának jelentősége és a bendőbeli lebomlást meghatározó egyes tényezők

Mindkét értékelési rendszerben kulcsszerepet kap a rost (metodikailag pontosabb megközelítésben: az NDF) bendőbeli lebonthatósága, melynek egyik meghatározó tényezője a tömegtakarmány rosttartalma és rostösszetétele. Míg a fiatalon betakarított tömegtakarmányok nyersrost-tartalmának emészthetősége a kérődzőkben akár 60-70% is lehet

(Schmidt és mtsai., 2000), a sok elfásodott rostot, inkrusztáló (kéregképző) anyagot (lignint) tartalmazó takarmányok nyersrostjának kihasználása sokkal gyengébb (50%). Ezért limitáló a bendőben is a lebontható NDF, melynek javasolt értéke a TMR-ben a szárazanyag-felvételtől függően az a koncentráció, ami biztosítja a minimálisan szükséges 4000 g/nap/tehen bevitt (Mertens, 1997). Ez a követelmény akkor valósítható meg hatékonyan, ha a TMR NDF-lebonthatósága (48 óra inkubációval) minimum 55%, tehát a mikrobák számára könnyen hozzáférhető tömegtakarmányok vannak nagy mennyiségben az adagban! A lebontható NDF₄₈ két legjelentősebb hazai tömegtakarmány-forrása a korszerű (intenzív) fűszilázs és a fiatalon (kalászhányás előtt) betakarított gabonaszilázsok csoportja (lebontható NDF-tartalom: 300-400 g/kg sza.), míg a viaszérésben betakarított silókukorica-szilázsban a lebontható NDF₄₈ csak korlátozott mértékben van jelen (200-250 g/kg sza.).

A bendő megfelelő működésének alapja, hogy a FOM értéke a termelő csoportok TMR-ében elérje megközelítően az 550 g/kg sza. értéket, miközben az NDF koncentrációja 270 g/kg sza. érték fölött marad (az NFC-től függően). Ennek megvalósításához fiatalon betakarított és hemicellulózban gazdag tartósított tömegtakarmányok szükségesek. Mérlegelni kell tehát az egyes tömegtakarmányok együttes alkalmazását és arányukat az adagban, annak érdekében, hogy a DOM, a FOM és a lebontható NDF₄₈ egyaránt megfelelő mennyiségben álljon rendelkezésre a megfelelő bendőműködés és a tejtermelés számára.

A cellulózbontó baktériumok hatékony működésének fenntartásához szükséges a nyugalomban lévő állomány esetében a megfelelő arányú, időtartamú és aktivitású kérődzés (min. 60 rágómozgás/falat, min. a tehenek 70%-a), az elegendő nyál termelése a megfelelő bendőpufferhatás eléréséhez (80-120 liter/nap/állat a nagytejű csoportban), illetve a hiányzó pufferhatás pótlása. A cellulózbontó baktériumok szaporodása pH 6,0 kémhatás alatt lelassul. A szaporodási ráta 14%-kal csökken óránként (Russell és Wilson, 1996), a bendő-pH minden 0,1 egységnyi csökkenésével (pH 6,5 és 6,0 között). A cellulózbontás optimuma ezért pH 6,5 felett van (minél rövidebb ideig tartó és kisebb mértékű kilengésekkel a savas irányba). A megfelelő bendőműködés és tejsírtartalom (3,6% tejsír) fenntartásához átlagosan 744 perc rágómozgásra van szükség naponta, ami 30-36 perc rágási időt jelent 1 kg szárazanyag-felvételre átszámítva (kérődzés és evés együttesen értendő). Ennek az eléréséhez (még a nyári időszakban is) minimum napi 5 kg, de lehetőleg 5,5 kg feletti fizikailag hatékony, ún. peNDF-felvétel szükséges. Mertens (1997) ajánlása szerint a 3,4% tejsír fenntartásához min. 20% peNDF koncentráció szükséges a TMR-ben, a 6,0 bendő pH eléréséhez pedig minimum 22% peNDF (sza. alapon).

A tehen számára minimálisan 4000 g lebontható NDF₄₈-re van szükség naponta, ami kb. 160 g/kg sza. lebontható NDF-et jelent 25 kg napi szárazanyag-felvétel esetében. Ez akkor valósítható meg költséghatékonyan, ha a TMR NDF-lebonthatósága minimum 55%, tehát könnyen lebontható tömegtakarmányok vannak nagy mennyiségben

az adagban! A hazai nagytejű TMR adagok dNDF₄₈ koncentrációja (a monitoring és a kontrolling adatok alapján) gyakran nem éri el a 160 g/kg értéket!

Az NFC (Non Fiber Carbohydrate - nem rost eredetű szénhidrát) frakcióba tartozó NDSF (neutrális detergens oldható rost) egyre inkább a kutatás homlokterébe kerül. Az NDSF bendőbeli lebomlása ugyanis sokkal gyorsabb, mint általában az NDF bontása, így fermentálható szénhidrátforrásként külön jelentőséggel bír (Hall és mtsai, 1998). A lebomlás sebessége változó lehet. Az 1 óra alatt lebomló NDSF-hányad szárított citruszörköly (citrus pulp) esetében 13%, szárított répaszelet esetében 16%, szójahéj esetében 5%, a virágzásban betakarított lucerna szárának esetében 11%, a virágzásban betakarított lucerna levelének esetében 14%. Az NDSF egyik kiváló forrása tehát a cukorrépaszelet. Zhao és mtsai. (2012) kimutatták, hogy az adag keményítőtartalmának NDSF-fel történő részbeni helyettesítése (NDSF: 127 g/kg sza., 164 g/kg sza., 201 g/kg sza., 238 g/kg sza.) javította az NDF és a szerves anyagok bendőbeli lebonthatóságát, míg csökkentette a takarmányeredetű fehérje lebomlását és az ammónia-N képződését a bendőben. Ezzel párhuzamosan az adag NDSF-tartalmának növelésével javult a mikrobiális fehérjeszintézis mértéke és hatékonysága (mértékegység: g mikrobiális fehérje/kg fermentált szerves anyag) egészen addig, amíg a koncentráció el nem érte a 201 g/kg sza. NDSF értéket.

Hall és Herejk (2001) a mikrobiális fehérjeszintézis mértékét és sebességét vizsgálta *in vitro* körülmények között különböző szénhidrátforrásokat alkalmazva szubsztrátként. Az alkalmazott szubsztrátok az alábbiak voltak: fűből izolált NDF (i), 60:40 arányban kevert fűből származó NDF és szacharóz (ii), citruszörkölyből származó pektin (iii) és kukoricakeményítő (iiii). A legtöbb mikrobiális fehérje a kukoricakeményítő ellenében képződött, a szacharóz és a pektin hasonló eredményt adott, míg az NDF esetében volt a legkisebb a mikrobiális fehérjeszintézis mértéke. A fehérjeszintézis sebességében mért jelentős különbségre hívjuk fel a figyelmet, melyet a maximum produktum eléréséhez szükséges idővel fejeztek ki: kukoricakeményítő 15,6 óra (max. 34,0 mg mikrobiális fehérje), pektin 13,5 óra (max. 29,9 mg mikrobiális fehérje), szacharóz 12,6 óra (max. 25,5 mg mikrobiális fehérje) és NDF 19,3 óra (max. 13,6 mg mikrobiális fehérje). Ezen adatok is kiemelik a pektinnek, mint a bendőműködésre nézve veszélytelen rostalkotónak (és egyben gyorsan lebomló szubsztrátnak) a jelentőségét a felszabaduló ammónia megkötésében és a mikrobiális fehérjeszintézisben. Ariza és mtsai. (2001) a citrusféléből származó, pektinben gazdag mellékterméknek és egy speciális kukoricamellékterméknek az ammónia felszabadulására és a bendő mikrobiális fehérjeszintézisére gyakorolt hatását vizsgálta *in vivo* körülmények között (2. táblázat). Megállapították, hogy a citruszörkölyből származó neutrális detergens oldható rost (NDSF) ugyanúgy hasznosítható energiaforrás volt a bendőben a mikrobák számára, mint a kukorica alapú keményítő.

2. TÁBLÁZAT CITRUSTÖRKÖLY ÉS EGY KUKORICA-MELLÉKTERMÉK HATÁSA A BENDŐ MIKROBIÁLIS FEHÉRJESZINTÉZÉSÉRE (ARIZA ÉS MTSAI., 2001)

Takarmánykomponens: FOM-forrás	Citrustörköly	Kukoricakeményítő	P-value
A TMR összetétele			
nyersfehérje % sza.	17,2	17,9	
NDF % sza.	34,7	33,2	
NDSF % sza.	14,4	8,8	
keményítő % sza.	11	24	
NH ₃ -N, mg/dL	9.3	14.2	0.01
Nyersfehérje-lebomlás, %	56.0	61.9	0.44
Mikrobiális feh.szintézis hatékonysága			
bakteriális N/kg emésztett szerves anyag	30,6	27,8	0,06
bakteriális N/kg hozzáférhető N	80,1	68,3	0,09
N-áramlás a duodenum felé, g/nap			
Összes N	2.20	2.16	0.85
NH ₃ -N	0.23	0.37	0.01
Bakteriális N	1.20	1.10	0.18
Takarmányeredetű N (by-pass N)	0.77	0.69	0.54

Hall és mtsai. (2010) különböző NFC-forrásoknak (a kukoricakeményítőnek, a citrustörkölynek, valamint egy szacharóz-melasz keveréknek) vizsgálták a tejtermelésre és a tej összetételére gyakorolt hatását (38 tejelő tehénnel, melyből 6 bendőfisztulával volt ellátva). A takarmányadagok nyersfehérje- és NFC-tartalma kiegyenlített volt. Azt tapasztalták, hogy a kukorica alapú takarmányadag hatására volt legnagyobb a szárazanyag-felvétel, a tejtermelés és a tej fehérjekoncentrációja, de egyben a tej karbamid-koncentrációja is, továbbá ebben a csoportban mérték a legalacsonyabb tejszír-tartalmat. A szacharóz-melasz keverék kedvezőbb hatással volt szárazanyag-felvételre, a tejtermelésre és a tejfehérje termelésre (kg), mint a citrustörköly.

3. A keményítő bendőbeli lebonthatóságát és emészthetőségét meghatározó egyes tényezők

A FOM másik kulcsszereplője a hazai takarmányadagokban a keményítő, illetve annak bendőbeli lebonthatósága. A szárított kukoricára és a silókukorica-szilázsra alapozott takarmányozás eredményeként a hazai takarmányadagokban nagy szerepet kap a keményítő. A nyugat-európai takarmányozási rendszerekhez képest ez jelentős különbséget eredményez a bendőműködés szempontjából.

Hazánkban, a kukorica alapú takarmányozás miatt a tehén keményítőfelvétele jelentős (24-27% átlagos keményítőtartalommal a TMR-ben és napi 23 kg szárazanyag-felvétellel számolva: 5,5-6,5 kg keményítő/nap/tehén). Ebben az esetben a keményítő bendőbeli lebonthatóságát 75-85%-ra kellene növelni annak érdekében, hogy a vékonybélbe ne kerüljön 1,5 kg-nál nagyobb mennyiségben keményítő. Efölött ugyanis a vékonybéli emésztés hatékonysága jelentősen csökken, különösen abban az esetben (Brydl, 1987), ha a hasnyálmirigy-amiláz számára kedvezőtlen savas közeg alakul ki (az amiláz aktivitása 100% pH 6,9 mellett és 52,9% pH 5,7 mellett). Normál esetben, intenzív takarmányozási rendszerben, megközelítően 4-5 kg/nap keményítő fog fermentálódni a nagy termelésű tehén bendőjében, 'energiát' szolgáltatva a bendőbaktériumoknak. A hazai TMR-k esetében a bendőben lebontható keményítő

aránya a nagy termelésű tehén adagjában megközelítően 200 g/kg sza., míg a by-pass hányad 40-70 g/kg sza. Az NFC (nem rostjellegű szénhidrát: cukrok, keményítő, az NDSF) értéke megközelítően 380-420 g/kg sza., míg az NSC (nem strukturális szénhidrát: cukorszerű szénhidrátok és keményítő) értéke kb. 300-310 g/kg sza. Ezen értékmérő adatok megvalósításához a szárított kukorica mellett, a bendőben gyorsan és nagymértékben lebomló gabonafélékre (árpa, búza), nedvesen tartósított szemes kukoricára és olyan kukoricaszilázusra van szükségünk, melynek az érési állapota és a szemroppantottsága biztosítja a keményítő 80%-os bendőbeli lebonthatóságát. A szárított kukorica keményítőtartalma mellett jelentős szerepe van tehát a hazai takarmányadagokban a gabonaféléknek. A hazai köztermesztésben előforduló gabonafélék keményítőtartalmának bendőbeli lebonthatósága széles tartományban változik: zab 98%, búza 95%, árpa 90%, kukorica 62% (Herrera-Saldana és mtsai., 1990), ezért lehetőségünk van a bendőben lebomló és a védett keményítő (vékonybélből felszívódó glükóz) optimális mennyiségének beállítására az adagban. Fontos, hogy a lebomlás mértéke mellett annak sebességét is figyelembe vegyük. A gabonafélékhez viszonyítva lassú keményítő-lebontású szárított kukorica mellett (lassan lebomló keményítő: 75%) a gyorsan lebomló gabonafélék (árpa: 63% gyorsan lebomló keményítő, búza: 68% gyorsan lebomló keményítő) segíthetnek abban, hogy a relatíve gyorsan felszabaduló ammóniát a mikroflóra képes legyen 'megkötni', beépíteni a mikrobiális fehérjékbe, csökkentve ezzel az ammónia- vagy karbamidterhelést. Az árpa esetében például a keményítő 14,7-24,5%-a bomlik le egy óra alatt a bendőben (Tamminga és mtsai., 1990). A nedves szemes (roppantott vagy darált) kukorica szintén lehetőség a gyorsan és nagy arányban lebomló keményítő biztosítására: a keményítőtartalom 86,8%-a bomlik a bendőben (Firkins és mtsai., 2001).

A viaszérésű kukoricaszilázssal bevitt keményítő bendőben lebontható hányada kb. 80% abban az esetben, ha a szemek megfelelően vannak roppantva, és a szárazanyag-tartalom 35% körül van (emészthetőség: 95-99%). Ez a keményítőhányad kb. napi 1,8-2 kg bendőben hozzáférhető keményítőt jelent a nagy termelésű tehén napi adagjában

hazai körülmények között. A bendőben potenciálisan fermentálódó keményítőnek tehát megközelítően 25-35%-át biztosítja a silókukorica. Ez abban az esetben valósul meg, ha a kukoricaszemekben a lisztes endospermium lebonthatósága még kedvező (a szem szárazanyag-tartalma ekkor kb. 450-550 g/kg) és a szemroppantás révén a keményítő fizikailag is hozzáférhető állapotban van a szilázsban. Mivel a bendőben képződő mikrobiális fehérje szintézisének egyik legfontosabb limitáló faktora hazánkban a fermentálható (és energiát szolgáltató) anyagok mennyisége (FOM), így a nagy szárazanyag-tartalmú silókukorica érett szemei és/vagy az elégtelen szemroppantás káros hatással lehet a bendő mikrobiális hatékonyságára! A silókukorica esetében a keményítő bendőbeli lebonthatóságát és emészthetőségét befolyásoló tényezők közül a legfontosabb az érési stádium és a szemroppantottság (1. ábra). A silókukoricában a szemérésnek előrehaladtával csökken ugyan az NDF-tartalom, ezzel párhuzamosan azonban a cukrok beépülnek a keményítőbe, a szem pedig fokozatosan elveszti nedvességtartalmát. A szem endospermiuma az érés során egyre szárazabb lesz, a keményítőgranulumok egyre szorosabban kötődő pakkokat képeznek, ami csökkenti a bendőbeli lebonthatóságot és (az egész bélcsatornára vonatkoztatott) emészthetőséget.

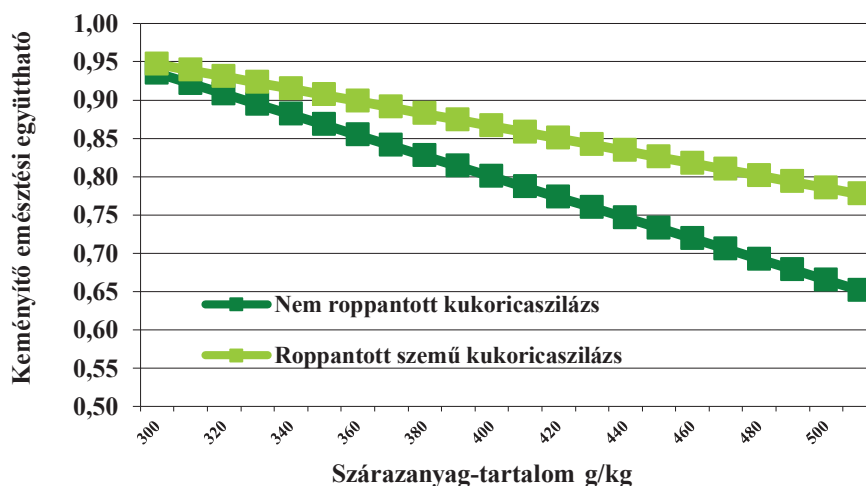
Phipps és mtsai. (2000) különböző érési állapotú (szárazanyag-tartalmú) silókukorica-szilázsok keményítő- és szárazanyag-emészthetőségét vizsgálták (230 g/kg, 280 g/kg, 330 g/kg és 380 g/kg). Megállapították, hogy a 230-330 g/kg szárazanyag-tartományon belül, az érési fázis előrehaladtával javult a szárazanyag-felvétel, a tejtermelés és a tejfehérje mennyisége. Amikor azonban átlépték a 330 g/kg értéket, és közelített a szárazanyag-tartalom a 380 g/kg értékhez, romlottak az eredmények (kisebb szárazanyag-felvétel mellett csökkent a tejtermelés és a tejfehérje mennyisége). Ennek okát abban látták, hogy a teljes emésztőtraktusra vonatkoztatott emészthetőség szignifikánsan rosszabb volt a 38% szárazanyag-tartalmú kukoricasilázs esetében. Egy másik amerikai kutatócsoport (*Bal és mtsai., 1997*) azt találta, hogy a 420 g/kg szárazanyag-tartalommal betakarított kukoricasilázs esetében a TMR

szárazanyag-emészthetősége igazolhatóan rosszabb volt, mint a 310 g/kg, 324 g/kg vagy 351 g/kg szárazanyag-tartalommal betakarított szilázsok esetében (33,5% volt a kukoricasilázs részaránya az adag szárazanyagában). A 31-35% tartományon belül azonban hasonló volt az adagban a kukoricasilázsok hatékonysága.

A keményítő bendőbeli hozzáférhetőségét meghatározó másik faktor a szem roppantottságának mértéke. Ennek a számszaki mérésére használjuk a **CSPS pontszámot**, amely rövidítés a Corn Silage Processing Score angol kifejezésből származik (*Ferreira és Mertens, 2005*). A szemroppantás hatékonyságának meghatározása (CSPS-érték) a speciális RO-TAP típusú rázószita segítségével, standardizált körülmények között történik (10 perc, 175 oszcilláció/perc). A CSPS értéke azt mutatja meg, hogy a keményítőtartalom hány százaléka található a 4,75 mm-nél kisebb méretűre tört (tehát bendőben fizikailag hozzáférhető) szemekben. A 4,75 mm-nél nagyobb frakcióban a rostok növelik ugyan a kerdőzési aktivitást, de a keményítő lebomlása már szignifikánsan romlik. A keményítő lebontása lelassul (a hozzáférés korlátozott), ezért a bendő számára nem lesz hozzáférhető a szemben található keményítő egy része (*Ferreira és Mertens, 2005*). A kukoricasilázs szemroppantottsága átlagos, ha a CSPS-értéke (a 4,75 mm feletti frakció keményítőhányada) 50-70% között mozog. Ideális esetben a CSPS érték nagyobb, mint 70%, egyes szerzők azonban már a 60% értéket is megfelelőnek tartják (a szárazanyag-tartalom függvényében).

Schwab és mtsai. (2003) megállapították, hogy a szemroppantásnak különösen a 35% feletti szárazanyag-tartományban van meghatározó szerepe a keményítő emészthetőségében (1. ábra). A roppantott és a nem roppantott szemeket tartalmazó szilázsokat összehasonlítva, a keményítő emészthetőségében mért különbség az alacsony szárazanyag-tartományban kicsi volt, míg az érés előrehaladásával nőtt. Tehát a szemroppantás jelentősége a 35% feletti szárazanyag-tartományban egyre nagyobb. *Johnson és mtsai. (2000)* hasonló megállapítást tettek, mely szerint a szemroppantás nagyobb hatással van a keményítő emészthetőségére a viasz- és teljesérésben, mint a tejesérésben.

1. ÁBRA A KEMÉNYÍTŐ EMÉSZTHETŐSÉGÉNEK VÁLTOZÁSA A SZÁRANYAG-TARTALOM FÜGGVÉNYÉBEN A ROPPANTOTT SZEMŰ ÉS A NEM ROPPANTOTT KUKORICASILÁZSBAN (SCHWAB ÉS MTSAI, 2003)



Bal és mtsai. (2000) azt vizsgálták, hogy a szemroppantás és a szecs kaméret hogyan hat a takarmányfelvételre, a táplálóanyagok emészthetőségére és a tejtermelésre holstein-fríz tehén esetében. A silókukorica betakarítása 35% szárazanyag-tartalom mellett történt meg. A kontroll szilázs elméleti szecs kahossz értéke 0,95 mm volt. A kontroll szilázs esetében szemroppantást nem végeztek. Másik három esetben a szemroppantót 1 mm-es hézaggal állították be, és 0,95 cm, 1,45 cm, valamint 1,9 cm szecs kahossz-beállítást alkalmaztak. A bendőfisztulával ellátott tehenek napi adagjának 50%-át (szárazanyag-alapon) silókukorica-szilázs tette ki. A kísérlet 71 napig tartott. A keményítő emészthetősége 95,1% volt a kontroll, míg átlagosan 99,3% volt a szemroppantott kukorica-szilázsok etetésekor. Azonos szecs kaméret mellett, a roppantott szemeket tartalmazó silókukorica-szilázs hatására a szárazanyag-felvétel nőtt (25,3 vs. 25,9 kg/nap/tehén) és a tejtermelés javult (44,8 kg/nap/tehén vs. 46 kg/nap/tehén). A különböző szecs kaméreteknek azonban nem volt hatása az előbbi paraméterekre a szemroppantott silókukorica-szilázsok esetében. Összességében megállapították, hogy a hatékony szemroppantás kedvező és mérhető hatással volt a keményítő emészthetőségére, szárazanyag-felvételre és a tejtermelésre egyaránt, míg

a szecs kaméretnek (0,95 és 1,90 cm tartományban) minimális volt a hatása azon szilázsok esetében, ahol a szemroppantás megfelelő volt.

4. A cukorszerű szénhidrátok hatása a bendőben felszabaduló ammónia mennyiségére

A takarmány könnyen hozzáférhető és oldódó szénhidrát tartalma (cukorszerű szénhidrátok csoportja) is befolyásolja a rost bendőbeli lebonthatóságát. A kérődzők bendőjében a cellulózbontó baktériumok elszaporodásához a takarmány szárazanyagának min. 4-6%-át kitevő könnyen emészthető szénhidrátra (összcukorra) van szükség.

A nitrogénhasznosítás hatékonysága esetenként nem éri el a 25%-ot, aminek lehet oka a könnyen fermentálható cukorszerű szénhidrátok hiánya a bendőben. A cukorszerű szénhidrátok megfelelő arányú használatával csökkenthetjük a szabad ammónia mennyiségét, ami mérsékli a karbamidterhelés kockázatát.

A hozzáadott cukorszerű szénhidrátoknak a bendő mikrobiális fehérjeszintézisére, a szabad ammónia mennyiségére és a fűszilázsban található nitrogén hasznosításának hatékonyságára gyakorolt hatása látható a 3. táblázatban (Davies és mtsai., 2005).

3. TÁBLÁZAT A FŰSZILÁZS VÍZOLDÉKONY SZÉNHI DRÁT TARTALMÁNAK HATÁSA A MIKROBIÁLIS FEHÉRJESZINTÉZISRE ÉS A BENDŐFOLYADÉK AMMÓNIATARTALMÁRA - IN VITRO RUSITEC TECHNIKA (DAVIES ÉS MTSAI., 2005) | A KÜLÖNBÖZŐ BETŰJELEK SZIGNIFIKÁNS ELTÉRÉST JELEZNEK (P ≤ 0,001)

	Vízoldékony szénhidrátok koncentrációja (g/kg sza.)				
	15	71	112	183	sed
Lebontott szerves anyag (g/nap)	9,39a	10,42b	10,75b	11,94c	0,167
Mikrobiális N (g/nap)	0,250a	0,295bc	0,271ab	0,326c	0,0158
Mikrobiális fehérjeszintézis hatékonysága (g mikrobiális N/ kg lebontott szerves anyag)	26,96	28,65	25,84	27,37	1,735
Ammónia-N (mmol/l)	8,10a	6,79b	6,17b	3,72c	0,393
N-hasznosítás hatékonysága (g mikrobiális N/ g tak. N-felvétel)	0,57a	0,68bc	0,62ab	0,74c	0,037

ZÁRSZÓ

Ezen kísérleti eredmények rámutatnak, hogy a szénhidrátoldal nem csak energiaforrásként értékelhető, hanem eszköz a felszabaduló ammóniának a mikrobák által történő megkötéséhez a bendőben, ami **javítja a nitrogénhasznosulás hatékonyságát. Ezáltal csökkenthető a napi takarmányozási költség, javítható az állomány egészségi státusza és szaporodásbiológiai állapota.** Mivel a két ellés közötti idő hazánkban nem optimális (440 nap felett van, miközben lehetne 380 nap), ezért jelentős többletköltséggel termelünk (1 üres nap: +1000-1500 Ft/nap), sok a korai (feltáratlan okú) embrióvesztésünk, továbbá tejet is veszítünk (hosszú időtartamú gyenge termelés). Ezért fontos látnunk, hogy vannak olyan takarmányozási eszközök, amiknek ugyan bonyolult az elméleti háttere, de a célja pont ezen anomáliák csökkentése a részletek által. És a kulcs a mi

kezünkben van, mert a legbonyolultabb számításnak is az alábbi a fundamentuma:

- jól lebomló/emészthető rost a tömegtakarmányokból
- jól lebomló/emészthető keményítő a tömegtakarmányokból és az abrakból
- jól lebomló/emészthető fehérje a tömegtakarmányokból (ez limitáló hatású)
- mérsékelt, de precíziósan beállított és a tömegtakarmányhoz jól illesztett összetételű abrakhányad, ezáltal
- egyensúlyban lévő adag: a bendőben lebomló fehérje és a fermentálható szénhidrát szinkronitása a bendőben = intenzív mikrobiális fermentáció és fehérjeszintézis a bendőben.

Folytatjuk...