

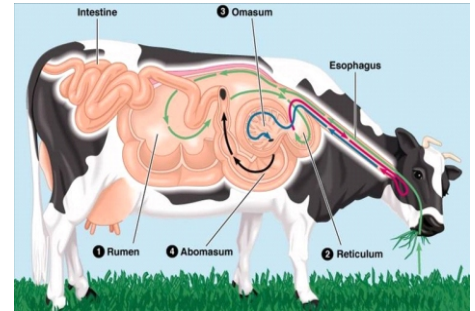
A tejelő szarvasmarha fehérjeellátása

Dr. Dégen László és Dr. Orosz Szilvia

A kérődző nitrogénforgalma és a hazai metabolizálható fehérje rendszer

Egy hazai szakmai bizottság, 1993. és 1998. között korszerű, az angol, holland, francia, német, skandináv és USA-beli tapasztalatokon alapuló új fehérjeértékelési rendszert dolgozott ki. Ez alapján az akkori Földművelésügyi és Vidékfejlesztési Minisztérium 1999. január 1. hatállyal új fehérjeértékelési rendszer bevezetéséről adott ki rendeletet, melynek **metabolizálható fehérje rendszer** lett az elnevezése. Az új értékelési rendszer létrehozásának oka az volt, hogy a takarmányfehérjék értékelésére korábban alkalmazott nyersfehérje már nem nyújtott elegendő információt, szükségessé vált a **kérődzők kettős fehérjeellátását figyelembe vevő modell** kidolgozása. Ezen rendszer rövid és leegyszerűsített bemutatását olvashatják az alábbiakban Schmidt és mtsai szerint (2000).

A kérődzők fehérjeellátását az alábbi tényezők határozzák meg: **a bendőben képződő mikrobiális fehérje, valamint a bendőbeli lebontást elkerülő takarmányfehérjék mennyisége**, továbbá a két fehérjetípus vékonybéli emészthetősége. E két forrásból származó fehérjének a vékonybélből felszívódó hányadát nevezzük metabolizálható fehérjének (MF). A bendőben szintetizálódó mikrobafehérjék mennyiségét elsősorban a bendőfermentáció céljára rendelkezésre álló energia mennyisége és a lebontható fehérje, azaz a bendőmikrobák nitrogénellátása határozza meg.



A takarmánnyal felvett fehérjék egy része (átlagosan 70%-a) a bendőben lebomlik. A takarmányfehérjék bendőbeli lebonthatósága elsősorban a fehérjék szerkezetétől és aminosav-összetételétől függ. **A fehérjék bendőbeli lebonthatósága bendőfisztulával ellátott állatokkal, in sacco módszer segítségével állapítható meg.** Értéke tág

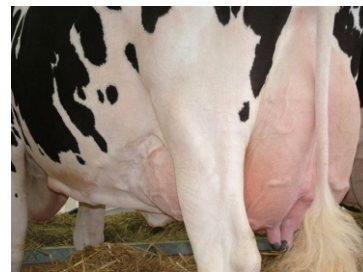


határok között változik. Szilázsok és pillangós szénák esetében átlagosan 70%, fűféléből készített szénák esetében 50%, szárított szemes kukorica esetében pedig 40%-körüli érték. A bendőben lebomló fehérjék (RDP) mennyisége a takarmány nyersfehérje-tartalmának és a bendőbeli lebonthatóság értékének szorzatával határozható meg. A takarmányfehérjék lebomlásakor keletkező aminosavak és ammónia mennyiségének átlagosan 90%-át hasznosítják a bendőmikroorganizmusok fehérjeképzésre. Tehát a takarmányok nyersfehérje-tartalma és bendőbeli lebonthatósága ismeretében meg tudjuk becsülni, hogy mennyi mikroba keletkezik a nitrogénellátás alapján. **A mikrobiális fehérjeszintézishez azonban nem csak nitrogénre, de energiára is szüksége van a mikroorganizmusoknak.** A takarmányok energiataralma azonban a bendő számára csak részben hozzáférhető. A zsírokat, a by-pass fehérjéket, a by-pass keményítőt és az erjesztéses tartósítók során keletkező szerves savakat a kérődzők ugyan jól hasznosítják, de ezen anyagok a bendőbeli lebontást elkerülik. Ezért **bevezetésre került a fermentálható szerves anyag (FOM) fogalma, ami a bendőmikrobák által hasznosítható, elsősorban energiaellátásukat biztosító szerves anyagokat jelenti.** A kutatások során megállapították, hogy 1 kg FOM 160g mikrobiális fehérje szintéziséhez szolgáltat energiát. Így becsülhetővé vált,

hogy a takarmány energiát szolgáltató táplálóanyagaiból mennyi mikrobafehérje képződhet a bendőben energia alapon. Összefoglalva, a bendőben lebomló fehérjékből (RDP), valamint a fermentálható szerves anyagok (FOM) által biztosított energiából biológiailag értékes, mikrobiális valódi fehérjék keletkeznek, ami ezen rendszer segítségével számítható (becsülhető).

A mikrobiális biomassza továbbvándorolva az oltógyomorba, majd a vékonybélbe, táplálóanyagként emésztődik. A rendszer a mikrobiális fehérjék aminosavtartalmát és vékonybélben történő emészthetőségét egyaránt átlagosan 80%-nak tekinti. A bendőben képződött **mikrobiális fehérje emészthető valódifehérje-hányada tehát átlagosan 64%**. Ezen adatok alapján mérhetővé vált a bendőben keletkező mikrobiális biomassza vékonybélben emésztődő mennyisége, ami a metabolizálható fehérje egyik részét képezi.

A bendőben le nem bomló fehérjék (UDP) a bendőbeli lebontást kikerülve, közvetlenül az oltógyomorba és a vékonybélbe jutnak. A bendőben le nem bomló fehérje (by-pass fehérje) a takarmányfehérje megközelítően 30%-a. **A bendőbeli lebontást elkerülő fehérjének azonban csak egy része emészthető a vékonybélben.** A lebontatlan takarmányfehérje vékonybélben történő (un. posztruminális) emészthetősége takarmányonként változó. A hazai rendszerben a by-pass fehérjéből kivonjuk az emészthetetlen hányadot képező savdetergens rost nitrogéntartalmát (ADIN x 6,25), majd annak vesszük a 90%-át. A savdetergens rost nitrogéntartalma a bendőben le nem bomló fehérjének azon hányada, amely nem emészthető még a vékonybélben sem, tehát nem szívódik fel. Ezen adat utal a **fehérjék denaturációjára (pl. karamellizáció- a szilázs bemelegedésének hatása), a lignifikáció mértékére (pl. a lucerna, a fű vagy a rozs elkésett betakarítása miatt), a sejtfal káros hatására lucerna vs fű sejtfalhatása.** A szálas- és tömegtakarmányok emészthetetlenfehérje-tartalma nagyobb, tehát lebontatlan fehérjék vékonybéli emészthetősége kisebb az abraktakarmányokhoz viszonyítva. A korszerű védettfehérje-készítményekben, azonban a bendőbeli lebontást elkerülő fehérje posztruminális emészthetősége meghaladja a 80%-ot! Ezen adatok segítségével tehát kalkulálni tudjuk a bendőbeli lebontást elkerülő fehérjék vékonybélben emésztődő hányadát, ami a másik komponense a metabolizálható fehérjének.



Összefoglalva, a takarmányok metabolizálható fehérjeértéke a vékonybélben emészthető, de bendőben lebontatlan takarmányfehérje és az emészthető valódi mikrobafehérje összege. Miután a mikrobafehérjék szintézise két tényezőtől, a bendőmikrobák fehérjeellátásától és a bendőben lebontott fehérjék mennyiségétől függ, két fehérjeértékre van szükség:

MFN (nitrogénfüggő metabolizálható fehérje): a takarmányfehérje by-pass hányadának emészthető valódi fehérje tartalma + a takarmányfehérje bendőben lebomló hányadából potenciálisan szintetizálódó mikrobiális valódi fehérje emészthető hányada. $MFN \text{ g/kg tak. sz.a.} = 0.9 (UDP-ADIN * 6,25) + RDP * 0.9 * 0.8 * 0.8$ A képlet első része az emészthető lebontatlan fehérjét, második része a bendőmikrobák nitrogénellátásától függő, emészthető valódi mikrobafehérjét mutatja.

MFE (energiafüggő metabolizálható fehérje): a takarmányfehérje by-pass hányadának emészthető valódi fehérje tartalma + a takarmány fermentálható szerves anyagából a bendőben potenciálisan szintetizálódó mikrobiális valódi fehérje emészthető hányada. $MFE \text{ g/kg tak. sz.a.} = 0.9 (UDP-ADIN * 6,25) + 160FOM * 0.8 * 0.8$ A képlet első része az emészthető lebontatlan fehérjét, második része a bendőmikrobák energiaellátásától függő, emészthető valódi mikrobafehérjét mutatja.

Minden takarmány két fehérjeértékkel (MFE, MFN) rendelkezik. A fehérjeértékek laboratóriumi mérések alapján számíthatók, illetve az átlagértékek takarmányozási táblázatokban megtalálhatók. Mivel az MFE és az MFN érték is 1 kg szárazanyagra vonatkozik, ezért adagösszeállításakor az egyes takarmányokban található szárazanyag mennyiségét külön-külön szorozzuk a megfelelő fehérjeértékkel. A takarmányadag összeállításakor az adagnak az MFN és MFE értékét a komponensek MFE és MFN értékeinek összegzésével állapítjuk meg. Az állatok termelését mindig a kisebb MF érték limitálja. Amennyiben a takarmányadag MF értéke nem fedezi az állatok szükségletét, úgy a korrekciót attól függően végezzük, hogy az energiaellátás, vagy a bendőben lebontható fehérje mennyisége limitálja az állatok termelését.

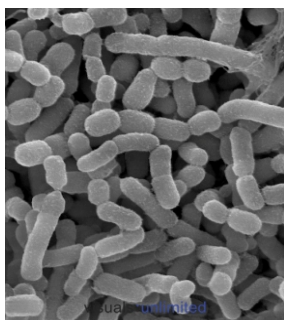
A **fehérjemérleg** a bendőmikrobák nitrogénellátását az energiaellátás függvényében mutatja meg, így további hasznos információkat ad a kérődzők fehérjeellátásáról. A takarmányadagra vonatkozó fehérjemérleg azt mutatja meg, hogy milyen legyen a fehérje és az energia bendőbeli aránya az adagban a mikrobafehérje szintézise szempontjából (MFN-MFE). A fehérjemérleg az adag MFN értékének és MFE értékének a különbsége. Pozitív a fehérjemérleg akkor, ha a mikrobiális fehérjeszintézishez több lebontható fehérje áll rendelkezésre, mint energia. Negatív fehérjemérleg esetén a bendőmikrobák nitrogénhiánya áll fenn az energiellátáshoz viszonyítva. Ekkor érdemes NPN anyagokat alkalmazni a takarmányadagban. A tapasztalatok azt mutatják, hogy a fehérjemérleg és a



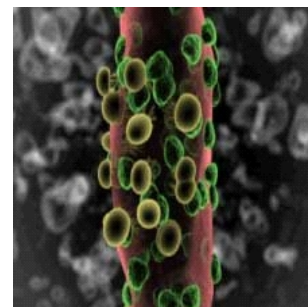
szárazanyagfelvétel között pozitív kapcsolat áll fenn. A szárazanyagfelvétel nő a mérleg pozitív irányba való eltolódásakor. A fehérjemérleg megítélése függ a hasznosítási iránytól és a termeléstől is. A laktáció első 100 napjában javasolt a pozitív fehérjemérleg beállítása (+100-200). Ennek oka, hogy a testtartalékok mobilizálásakor a tehén 1 kg testsúlycsökkenésekor felszabaduló táplálóanyagok 7 kg tej előállításához szolgáltatnak energiát, míg mindössze 3 kg tej előállításához elegendő a nitrogén. Ezért az egyensúly kialakításához enyhe nitrogénfelesleget alkalmazunk ebben az időszakban. A túlzott nitrogénfelesleg azonban terhelést (elsősorban szaporodásbiológiai problémákat) és fokozott nitrogénürítést von maga után.

Az amerikai CNCPS modell: egyes fehérjefrakciók bendőbeli lebonthatóságának mérése

Az amerikai Dairy NRC 2001. fehérje felosztása a CNCPS (Cornell Net Carbohydrate and Protein System = Nettó Szénhidrát- és Fehérjeértékelési Rendszer a Cornell Egyetem szerint) modellt fogadta el. Ennek ismerete azért hasznos, mert a fehérjék részletes frakciókra osztása révén, *in vitro* modellezhető a takarmány alapanyagok bendőben lebomló (RDP) és nem lebomló (UDP) hányada. Az amerikai rendszer a bendőben nem lebomló fehérjére a RUP (Rumen Undegradable Protein) rövidítést használja, ami azonos az UDP-vel. A hazai rendszerrel való könnyebb összevethetőség érdekében az UDP rövidítést használtuk minden esetben a bendőben nem lebomló fehérjére. A modellben megtalálható a metabolizálható fehérje is, ami alapvetően a mikrobiális fehérjének és a bendőben nem lebomló fehérjének az összege. További előnye a rendszernek, hogy számol az oldódó fehérjével (SP-Soluble Protein), aminek ismeretében pontosabban ki tudjuk elégíteni a bendőmikrobák táplálóanyag-igényét.



Az oldódó fehérje használata még nem általános a legtöbb európai országban, mint ahogy Magyarországon sem. Segítségével azonban a receptúrázás pontossága nagymértékben javítható lenne. Az oldódó fehérjék a rostbontó baktériumok életfeltételeihez jobban igazodó fehérjeforrást biztosítanak. Ezen baktériumok életfeltételeinek javulása eredményeként javulni fog a táplálóanyag lebontása, és nem utolsósorban így módon növelni tudjuk a mikrobiális fehérje mennyiségét a bendőben. Russel és



mtsai (1992) leírták, hogy a strukturális szénhidrátot (rostot) fermentáló baktériumoknak kizárólag ammóniára van szükségük nitrogénforrásként. Grisworld és mtsai (1996) bizonyították, hogy az ammónián kívüli egyéb N- források csak ahhoz szükségesek, hogy maximalizálni tudjuk a bendőmikrobák növekedését. 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 túlzott mennyiségben tartalmaz lassan lebomló fehérjeforrást (mint pl. kukoricaglutén disztilterek), 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 téhennek szüksége van, akkor az állat pazarolni fogja a feleslegben etetett fehérjét, nitrogént. A felesleges nitrogén a vizelettel és a tejjel ki fog ürülni. Magas lesz a vérben és a tejben a karbamid szint. Ennek káros hatásairól a következő cikkben fogunk írni. Általában a nagytejű adagban 28-32% SP/CP és 60-65% RDP/CP a javasolt arány (Ondarza, 2003).

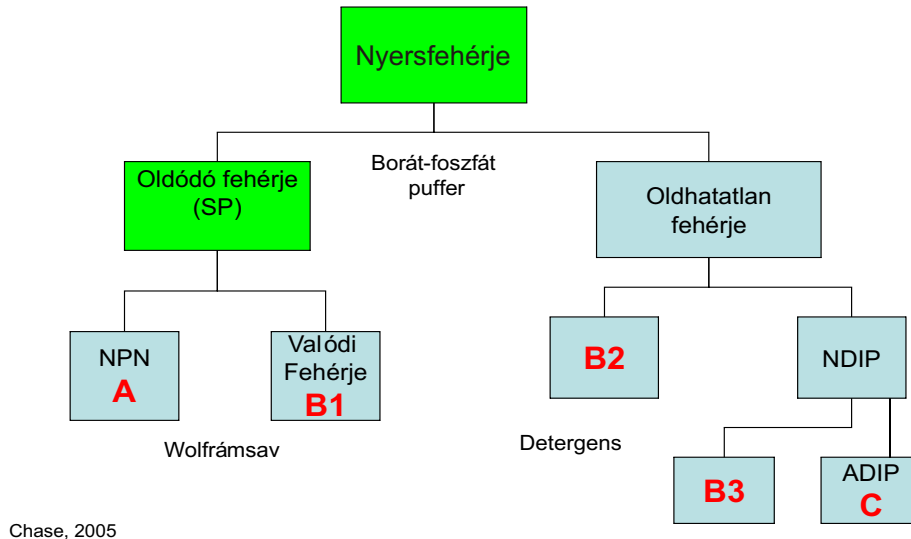
Az oldódó fehérje nagy része a szenázsokban nem fehérje eredetű nitrogén (NPN- Non Protein Nitrogen) formában van jelen. Az NPN-re gyakran, mint olcsó nyersfehérje-forrásra tekintenek, és ezért előfordul, hogy többet is használnak belőle a kelleténél. Máskor pedig épp ennek az ellenkezője történik és az oldódó fehérje hiányzik az adagból limitálva a megfelelő rostbontást és a képződő bendőmikroba-produktum mennyiségét. Ez végső soron korlátozza az állat táplálóanyag-ellátását, beleértve az aminosav-ellátást is. Ugyanis a bendőben képződő mikroba fehérje biztosítja az aminosav szükségletnek az 50-80%-át a vékonybélben. A bendő mikrobafehérje-termelésének optimalizálása javítja a N-forgalom hatékonyságát és csökkenti a takarmányozási költségeket.

A CNCPS (Cornell Net Carbohydrate Protein System) a fehérjét 5 frakcióra osztja fel (A, B₁, B₂, B₃, C). Az 5 résznek különböző a bendőbeli lebonthatósága (1. ábra).

- **A** - Ebbe a frakcióba a nem fehérje eredetű nitrogéntartalmú anyagok (**NPN Non Protein Nitrogen**), **aminosavak és peptidek tartoznak**, amelyek a bendőbaktériumok számára „**azonnal**” **hozzáférhető formában vannak**. Borát-foszfát pufferben oldódik, de nincs kicsapatva fehérje denaturáló anyaggal (triklór-ecetsavval)

- **B₁ - Bendőben gyorsan lebomló fehérje.** Borát pufferben oldódik és kicsapódik triklór-ecetsavban.
- **B₂ - Ennek a frakciónak változó a lebomlási ideje a bendőben.** A B₂ frakció a maradék, amit a nyersfehérjéből levonva az A, B₁, B₃, C után kapunk.
- **B₃ - Ez a frakció lassan bomlik le a bendőben.** A nyersfehérje azon része, ami az NDF és ADF frakciókhoz kötött fehérjéből származik.
- **C - Ezt teljes egészében emészthetetlennek veszik.** Kémiaailag az **ADF rosthoz kötött fehérje** (ADIN- Acid Detergent Insoluble Nitrogen). A C frakció tartalmazza azt a fehérjét, ami ligninhez, tanninhoz kötődött, továbbá a hőkárosodott fehérjéket, úgymint a Maillard-reakció termékeit (Sniffen és mtsai, 1992).

1. ábra. A fehérjefrakciók felosztása a Cornell-rendszer szerint (CNCPS)



Chase, 2005

Megjegyzés: Wolfrám savval vagy triklórecetsavval lehet a valódi fehérjét elkülöníteni az oldódó NPN anyagoktól.

A B frakció képviseli a bendőben lebomló valódi fehérjét, amely az egyes frakciók lebomlási arányával (k_d) és egy értékkel jellemezhető, ami a passzázsra vonatkozik (k_p). Az RDP és UDP értékek (nyersfehérje %-ában) az egyes takarmány alapanyagok esetében a következő módon kerülnek kiszámolásra.

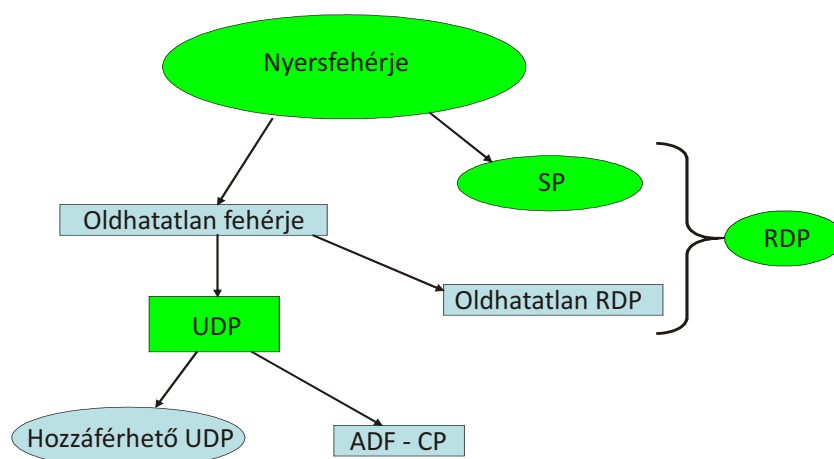
$$SP = A + B_1$$

$$RDP = A + B_1 \left[\frac{k_d B_1}{k_d B_1 + k_p} \right] + B_2 \left[\frac{k_d B_2}{k_d B_2 + k_p} \right] + B_3 \left[\frac{k_d B_3}{k_d B_3 + k_p} \right]$$

$$UDP = B_1 \left[\frac{k_p}{k_d B_1 + k_p} \right] + B_2 \left[\frac{k_p}{k_d B_2 + k_p} \right] + B_3 \left[\frac{k_p}{k_d B_3 + k_p} \right] + C$$

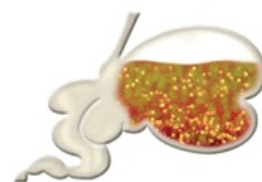
A számítások elvégzése után a következőképpen osztjuk fel a fehérje frakciókat.

2. ábra. A fehérjefrakciók sematikus felosztása



Statikus vs. dinamikus modell: a fehérjék bendőbeli viselkedésének modellezése

Egy példát mutatunk be arra, hogy a fehérjék bendőbeli viselkedését még az állat étvágya (a szárazanyag-felvétel) is befolyásolhatja. Az NRC (2001) komputer modelljével meghatározták az RDP és UDP arányát extrahált szójadarára. Az alap receptúra, ami 36 kg tejtermelésre volt összeállítva 2,25 kg extrahált szójadarárt tartalmazott. Az adag alapanyag-összetételét változatlanul hagyták, a szárazanyag-felvételt azonban megváltoztatták, különböző termelési szintekhez igazították az NRC ajánlása szerint.



1.táblázat Az extrahált szója RDP és UDP értékei a takarmányfelvétel függvényében

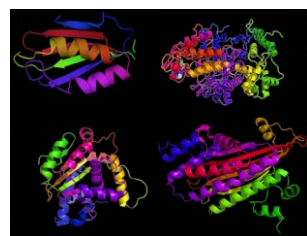
Tejtermelés kg/ nap	RDP/CP %	UDP/CP %
27	60	40
36	59	41
45	56	44
54	54	46

A magasabb RUP érték a nagyobb termelésű és szárazanyag-felvételű csoport esetében a szójának a bendőn való gyorsabb áthaladásából adódott. Ugyanis kevesebb idő áll rendelkezésre a fehérje lebontásához nagyobb takarmányadag esetében. Ez a példa is jól szemlélteti a kihívást, amikor statikus táblázatos értékekkel számolunk, amelyek megadják egy takarmány alapanyag RDP és UDP frakciójának értékét. A minél pontosabb takarmányozás érdekében, ha folytatni kívánjuk a receptúrázás finomra hangolását és az alapanyag-kiértékelés pontosítását, akkor olyan adag-összeállító programokra van szükség, amelyekbe integrálják a szárazanyag-felvételt, a bendőben való tartózkodás idejét és ennek függvényében a lebonthatóság mértékét.

Léteznek már olyan számítógépes adagösszeállító szoftverek, amelyek a CNCPS modell alapján működnek és dinamikus formulázást tesznek lehetővé. Ez azt jelenti, hogy a statikus takarmány alapanyag mátrix értékekkel szemben dinamikusan változik egy alapanyag RDP és UDP % értéke.

A takarmányfehérjék biológiai értéke: a vékonybélből felszívódó aminosavak hatása a fehérje hasznosulására

Míg a bendőben az egyes rostbontó baktériumok számára elegendő a gyorsan lebomló NPN-források (szakszerű) alkalmazása, addig **a nagy termelésű tejelő tehénnek szüksége van a bendőbeli lebontást elkerülő, de jól emészthető és a vékonybélből felszívódó esszenciális aminosavak megfelelő mennyiségére és azok optimális arányára is.** A bendővétett fehérjehányad nélkülözhetetlen aminosavak forrása is egyben (pl. védett szója). A tejelő tehének laktációjának ellést követő első 100 napját negatív energiaegyensúly (NEB) jellemzi, ami a metionin és lizinszükséglet emelkedését eredményezi (Bach és mtsai, 2000). A nagy termelésű tehének esetében, különösen a laktáció korai szakaszában, a vékonybélből felszívódó lizin és metionin ideális aránya 3:1. Egyes takarmányadagokban a hisztidin is lehet limitáló tényező ebben az időszakban (Vanhatalo és mtsai, 1999; Huhtanen és mtsai, 2002; Schwab, 2010).



A korszerű védett fehérjekészítmények esetében a szakmai kihívást többek között az jelenti, hogy úgy kell a limitáló aminosavakban gazdag fehérjeforrást bendővédetté tenni (kb. 70-80% védettséggel), hogy közben a posztruminális (vékonybéli) emészthetőség kedvező maradjon (80-90%).

A magasabb biológiai értékű fehérjeforrásokkal, védett aminosavakkal történő, megfelelő szintű ellátás a nirogénhasznosulás hatékonyságát 35%-ról akár 45%-ra növelheti, aminek következtében a takarmány fehérjekoncentrációja jelentősen csökkenthető (akár 18%-ról akár 15%-ra) a termelési szint fenntartása mellett (Bach és mtsai, 2000). A fehérjebevitel ilyen nagy arányú csökkentésének számos előnye lehet, többek között a szaporodásbiológiai problémák kockázatának és mértékének csökkenése.

A téma rövid összefoglalása

A hazai fehérjeértékelési rendszer több korszerű európai rendszer elemeit foglalja magába, azokat egyesítve. Ezáltal nem, vagy csak nehezen összehasonlítható más fehérjeértékelési rendszerek adataival. Továbbá 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 metabolizálható fehérje értéke. Az adatok egy központi adatbázisban találhatóak meg (Magyar Takarmánykódex). Az egyes takarmánykategóriák differenciáltsága azonban vitatható, illetve egyes takarmánytípusokra nincsen adat. Szemben az USA-beli Cornell-moddellel, ami *in vitro* adatokra épít. Utóbbi esetben az adott takarmány fehérjelebonthatósága, a lebontás sebessége rutinvizsgálattal kerül mérésre, mely nem éri el az *in vivo* állatkísérlet pontosságát, de minden esetben egyedi eredményt ad és az időbeli szinkronitás is mérlegelhető.

A különböző fehérjeértékelési rendszereknek tehát vannak előnyeik és hátrányaik, de mindenképpen előremutató az a sok szempont, paraméter, mely alapján a bendőben és a vékonybélben zajló folyamatokat próbáljuk előrejelezni és adatokkal jellemezni. **Ezen adatok nem öncélúak, minél jobban megismerjük a tehén nitrogénforgalmának egyes részleteit, annál közelebb kerülünk a tényleges táplálóanyag-szükséglet kielégítéséhez (csökkentve a hiányos/szűkös vagy a túlzott ellátottság mértékét),** ami a költséghatékony és magas színvonalú termelés alapja.

Összegezve, napjainkban a kérődzők takarmányadag-összeállítása egyre differenciáltabbá válik, a tudomány már a monogasztrikus állatok esetében alkalmazott 'ideális fehérje' elmélet alapköveit fekteti le (az aminosavak vonatkozásában). Hogyan lehetséges akkor, hogy évtizedeken keresztül az a nézet tartotta magát, miszerint **a kérődzők 'nemesítik' a fehérjét,** így elegendő olcsóbb fehérjeforrásokat alkalmazni, mert a biológiai szempontból kevésbé értékes fehérjékből a mikroflóra képes az állati szervezet számára szükséges előnyösebb aminosav összetételű fehérjéket előállítani? A magyarázat **a termelési szint jelentős növekedésében** keresendő. Azon tehén számára, amely képes napi 40-50 liter tejet termelni, valóban **nagyobb mennyiségben szükséges a vékonybélből felszívódó, esszenciális aminosavakban gazdag, magasabb biológiai értékű, könnyen emészthető de a bendőben nem lebomló fehérje.** A bendővel kapcsolatos megállapítás azonban a mai napig megállja a helyét, hiszen a nagy termelésű tehén mikroflórája is 'nemesíti' a fehérjét, nagy termelési szint mellett is az értékes, bendőben képződött mikrobiális fehérje biztosítja a szükséglet 50-80%-át. Sőt, a nagytejű tehén esetében még inkább fontos **a megfelelő bendőműködés és az intenzív mikrobiális fehérjeszintézis,** ez az alapja a nagy tejtermelésnek. Tehát a bonyolultnak tűnő adagösszeállítás és a különböző fehérjekiegészítők rendszeres használata sem von le **a jó minőségű tömegtakarmányok alapvető jelentőségéből,** hiszen a bendőműködést stabilizáló, így a mikrobiális fehérjeszintézist megalapozó takarmánykomponensről van szó, mely nélkül nem lehet magas szinten és (költség)hatékonyan termelni.

