



**Dr. Süli Ágnes**



**Angyalné  
Dr. Alexy Márta**

**SZEGEDI TUDOMÁNYEGYETEM  
MEZŐGAZDASÁGI KAR**

## **PRECÍZIÓS TAKARMÁNYOZÁS**

Jelen tananyag a Szegei Tudományegyetemen készült az Európai Unió támogatásával.

Projekt azonosító: EFOP-3.4.3-16-2016-00014

## **Tematika**

### **I. A precíziós takarmányozás jelentősége**

1. Az élelmiszer-előállítás globális trendjei, az élelmiszertermelés jelenlegi és várható helyzete.
2. Milyen problémákkal, kihívásokkal állunk szembe?
3. Mi az a precíziós takarmányozás és milyen összefüggései vannak a precíziós állattartással?

### **II. A takarmányok fontosabb nutritív hatású makrotáplálóanyagai**

1. N-tartalmú anyagok
2. Lipidek
3. Szénhidrátok

### **III. A takarmányok táplálóértéke és a táplálóanyagok értékesülése**

1. A takarmányok energiaértékelése
2. A fehérjeforgalom jellegzetességei

### **IV. Modern takarmányozási ismeretek áttekintése**

1. Takarmányozásimmunológia
2. Molekuláris takarmányozás
  - 2.1. Nutrigenetika, Nutrigenomika
  - 2.2. Epigenetika, Epigenomika
3. Kitekintés a kutatási eredmények gyakorlati jelentőségébe

### **V. Precíziós takarmányozás a gyakorlatban**

1. Precíziós technológiák alkalmazása a sertés és baromfi fajok takarmányozásában
2. Precíziós technológiák alkalmazása kérődzők takarmányozásában

## Témakörök rövid áttekintése

**A tananyag első részében ismertetjük a precíziós takarmányozás fogalmát és jelentőségét, valamint a problémakört, amelyre megoldási lehetőségeket kínál a precíziós technológia:**

- az élelmiszertermelés és a globális demográfiai folyamatok összefüggései
- az állati eredetű élelmiszerek előállításának feltételei, valamint a természeti környezetre gyakorolt hatásuk
- nincs precíziós takarmányozás precíziós állattartás nélkül

**A tantárgy második témakörében a takarmányok fontosabb nutritív makrotáplálóanyagait tekinti át, amely hozzásegíti az olvasót ahhoz, hogy:**

- áttekintse a különböző kémiai karakterű táplálóanyag csoportokat
- megismerje azok takarmányozási jelentőségét
- tisztázza szerepüket a rendkívül bonyolult, összetett és egymásra épülő anyagcsere-folyamatokban

**A tantárgy harmadik témaköre a klasszikus takarmányozási ismeretek segítségével mutatja be a kérődző és monogasztrikus fajok takarmányainak táplálóértékét és azok értékesülését:**

- mit jelent az energetikai érték és mi a jelentősége a takarmányokra vonatkoztatva
- milyen főbb jellegzetességei vannak a fehérjeforgalomnak, amelyek befolyásolják a hatékony termelést

**A tantárgy negyedik témaköre a klasszikus takarmányozási ismereteket egészíti ki a legfrissebb takarmányozási kutatások eredményeivel:**

- milyen összefüggés van a takarmányozás és az immunológia között?
- hogyan kapcsolódhat össze a takarmányozás és a molekuláris genetika?
- hogyan jelennek meg a mindennapi életünkben a kutatási eredmények?

**A tantárgy ötödik témaköre a precíziós takarmányozási megoldások technológiai megoldásait mutatja be:**

- precíziós takarmányozási kutatások és azok gyakorlati felhasználása a sertés és a baromfi fajok esetében
- precíziós takarmányozási kutatások és azok gyakorlati felhasználása a kérődző fajok vonatkozásában



### III. A takarmányok táplálóiértéke és a táplálóanyagok értékesülése

1. A takarmányok energiaértékelése
2. A Fehérjeforgalom jellegzetességei

#### 2. A fehérjeforgalom jellegzetességei

A takarmányfehérjék elsősorban az állatok aminosav-szükségletének kielégítésében játszanak fontos szerepet. Azonban **a fehérjék minősége, biológiai értéke eltérő** lehet, **attól függően, hogy mennyire képesek az egyes esszenciális aminosavakat a szervezetben lejátszódó biokémiai folyamatok számára rendelkezésre bocsátani.**

**Az aminosavigény pontos kielégítéséhez, továbbá a takarmányfehérjék szakszerű és gazdaságos felhasználásához ismerni kell a fehérjék minőségét** (Babinszky, 2006).

A különböző állatfajok **esszenciális aminosav-szükséglete eltérő** és befolyásolja a

- **a kor**
- **a termelési irány (hús, tojás, tej, gyapjú)**
- **a fiziológiai állapot (vemhesség, laktáció, betegség).**

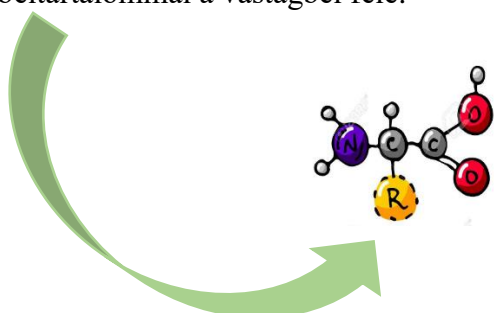
Az élő szervezet növekedése, gyarapodása energia-, és fehérjeigényes folyamat, ahogy az állati eredetű termékek képzése (tojás-, tej-, gyapjútermelés vagy vehemépítés) is.

Azonban a **takarmánnyal felvett fehérje konverziója hasznos terméké** – ahogy az energia esetében is – **csak veszteségekkel lehetséges.**

\* A létfenntartás fehérjeigénye az a fehérjemennyiség, amely a nem termelő, munkát nem végző állat N-egyensúlyi állapotához szükséges.

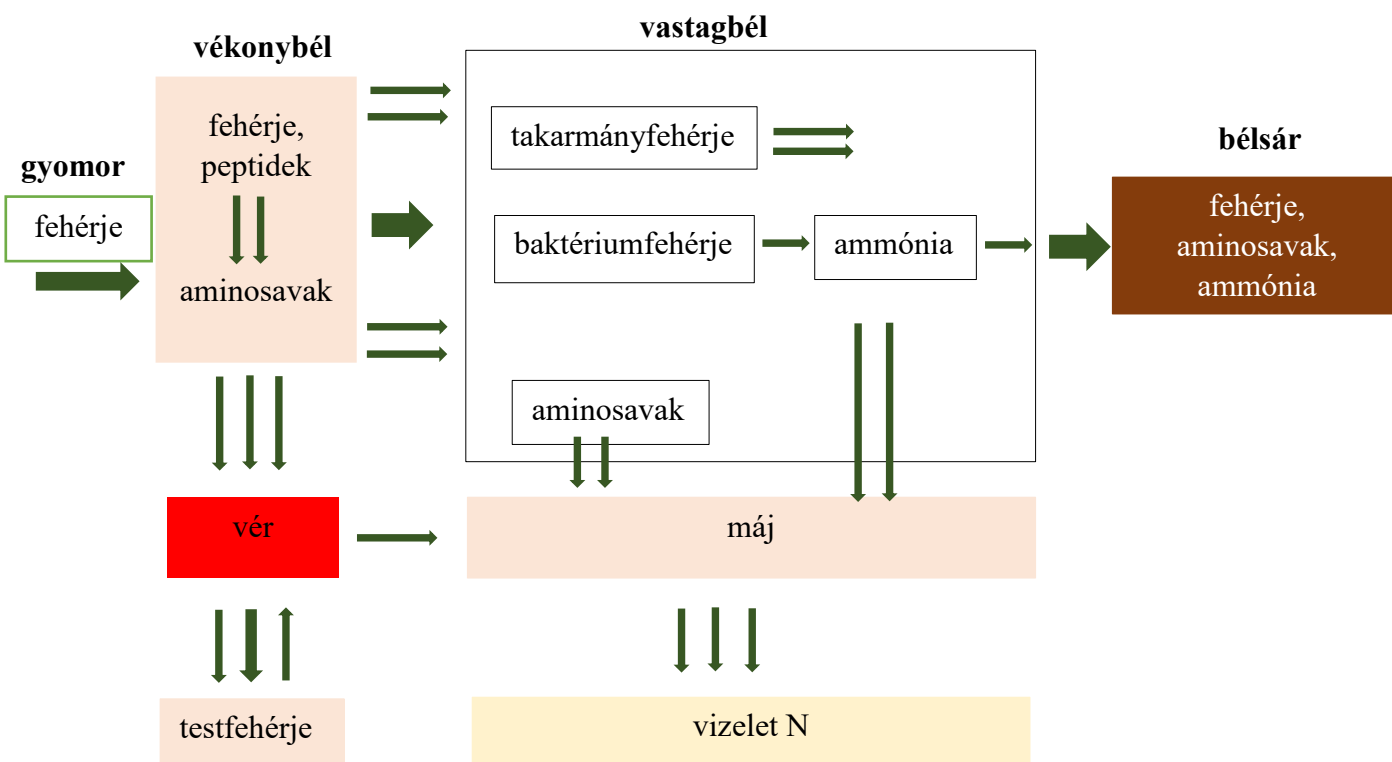
Ahogy az energiaszükséglet esetében, úgy a fehérje-, és aminosavigény vonatkozásában is jelentősen **eltér az életfenntartás\* és a termékképzés** (növekedés is) **fehérje- és aminosav szükséglete.**

A takarmánnyal felvett fehérje a gyomorban denaturálódik, majd a pepszin tevékenysége révén részlegesen lebomlanak, az így keletkezett polipeptidek a vékonybélbe jutva további enzimes hidrolízist követően aminosavakig bomlanak le. Az **aminosavak** nagy része a **vékonybél végéig felszívódik**, kisebb részük továbbhalad a béltartalommal a vastagbél felé.



A vékonybél végéig felszívódott aminosavak a vérárammal a sejtekhez jutnak, ahol részt vehetnek a fehérjeszintézisben.

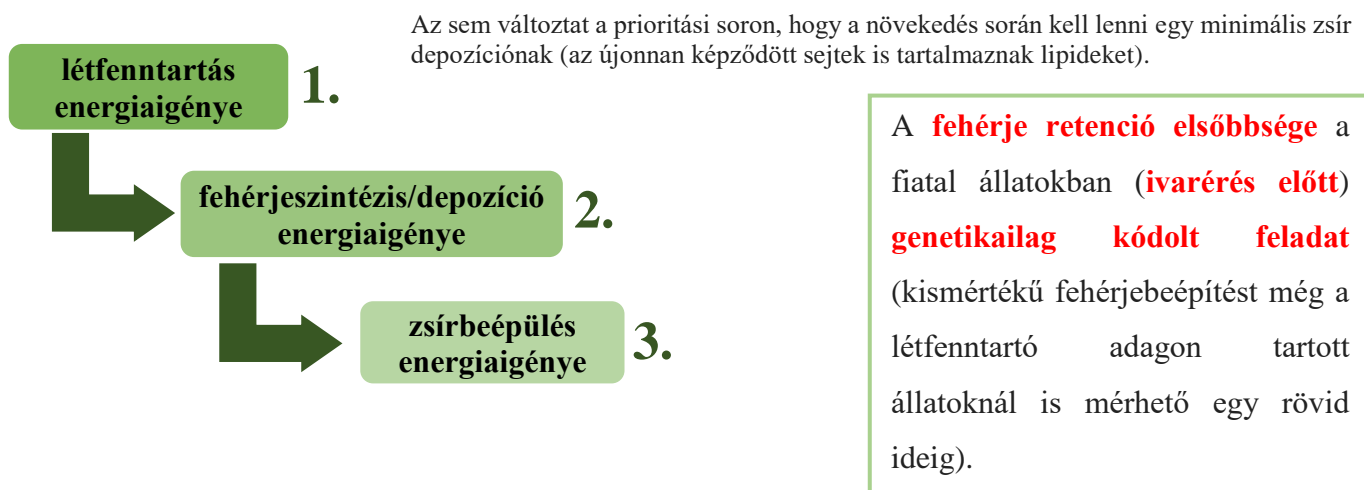
Azok az aminosavak, amelyek nem vesznek részt a testfehérjék felépítésében, a májban lebomlanak, majd a feleslegessé vált nitrogén tartalmú anyagok az emlősök esetében főként karbamid, a baromfifajoknál húgysav formájában a vizelettel ürülnek (1. ábra).



1. ábra. A takarmánnyal felvett fehérje útja a szervezetben (Babinszky és Halas szerk., 2019)

Hogy mégsem ilyen „egyszerű” az – **gazdaságos!** - állati termék előállítás és, hogy milyen kapcsolat van a fehérjebeépülés és az energiaellátottság között, jó példa az úgynevezett **lineár-plató összefüggés** a sertések fehérjebeépülésénél.

A szervezetben értékesülő **nettó energia** (Isd. III.1.fejezet) **megoszlásában prioritás** figyelhető meg:



Növendék- és hízósertéseknél a **fehérjedepozíció\*** nem csak a hasznosítható aminosav-, hanem **az energia ellátástól is függ.**

\*depozíció: fehérje-beépülés

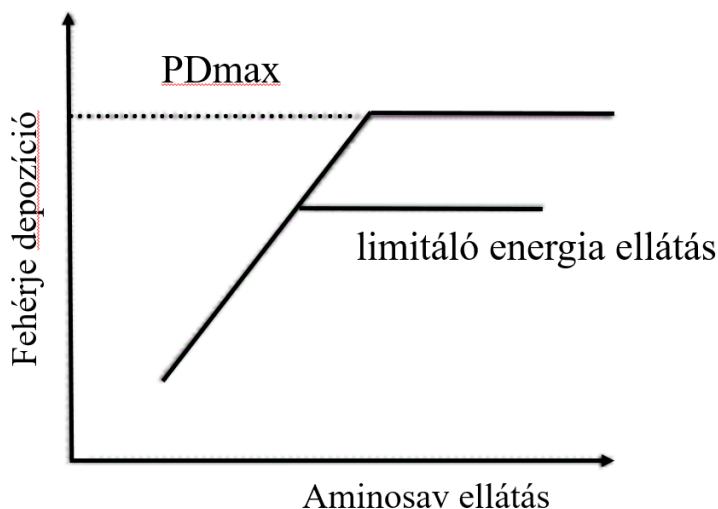
A **fehérje szintézis energiaigényes folyamat**, s hiába áll rendelkezésre megfelelő mennyiségű és aminosav összetételű fehérje, azt energiahány esetén a szervezet nem tudja testfehérjeként értékesíteni.



Amennyiben az aminosav- és energia ellátás **nem limitáló**, akkor a **fehérjebeépítés maximumát az állat genetikailag meghatározott képessége**

A **PDmax értéke genotípustól függően fokozatosan nő, majd lassan csökken (2. ábra).**

Az intenzív fehérjebeépítést követően a sertés a takarmánnyal felvett táplálóanyagokat csak egyre kisebb mértékben tudja testfehérje építésre fordítani, ezért ettől a ponttól kezdve a zsírtermelés látványosan megnő amennyiben az energiaellátás változatlan.



2. ábra: *Lineár-plató összefüggés a takarmánnyal felvett aminosav és a testbe beépült fehérje mennyisége között (Babinszky és Halas szerk., 2019)*

A takarmányfelvétel csökkenésére ebben az időszakban mind a fehérje mind pedig a zsírbeépülés érzékenyen reagál, míg a hízók esetében – mikor a táplálóanyag ellátás kielégíti a PDmax igényét – csupán a zsírbeépülésben mérhető jelentősebb csökkenés (van Milgen és Noblet, 2003).

[https://academic.oup.com/jas/article-abstract/81/14\\_supp/12/E86/4789847](https://academic.oup.com/jas/article-abstract/81/14_supp/12/E86/4789847)

Az aminosavak (és más nitrogén tartalmú anyagok) vékonybélben fel nem szívódott része a vastagbélbe jutva a bakteriális fehérjeszintézis nitrogén forrását adja vagy kiürül a bélsárral. A **vastagbélben élő mikrobiota** - megfelelő energia- és nitrogénellátás mellett - viszonylag **nagy mennyiségű fehérjetömeget jelenthet** a bélsárban, **de ez a fehérje nem értékesül az állati szervezetben.**

A vastagbélben lévő szabad aminosavak egy része képes átjutni a bél falán, azonban a vastagbélből felszívódó aminosavak nem játszanak szerepet a szervezet aminosav-ellátásában (Zabrowska, 1975).

Tovább „bonyolítva” a fehérjeforgalom témakört a **kérődzők** esetében számolni kell a **bendő mikrobás fermentáció**jának hatásával, amely **meghatározó jelentőségű** a kérődzők **N-forgalmában**.

Az előgyomrokban élő **mikroorganizmusok kisebb biológiai értékű fehérjéből** és **egyéb N-tartamú vegyületekből** (pl.: karbamid) **aminosavakat állítanak elő**. A takarmánnyal bevitt (nem by-pass) **N tartalmú anyagok** (valódi fehérjék és NPN anyagok) a bendőben szinte teljes mértékben **lebomlanak ammóniáig**, amely az **alapanyaga** a bendőben zajló **mikrobiális fehérjeszintézisnek**. **A mikrobafehérje (baktérium- és protozoafehérje) közel teljes értékű fehérje, azaz a legtöbb aminosav tekintetében fedezi a tej-, és hústermelés aminosav szükségletét**. A mikrobiális biomassa az emésztőcsatorna további részeiben (oltógyomor, vékonybél), mint táplálóanyag megemésztődik (2. ábra).

A bendőben szintetizálódó **mikrobafehérje mennyiségét** elsősorban a bendőfermentáció céljára rendelkezésre álló **energia-**, és a **lebontható fehérje** - bendőmikrobák nitrogénellátása – **mennyisége határozza meg**.

A bendőmikrobák **fehérjeforrása** a takarmány, azonban a takarmánnyal felvett fehérjék bendőbeli lebonthatósága eltérő az egyes takarmányok esetében (pl.: szilázsok 70% vs szemes kukorica 40%).

A mikrobiális fehérjeszintézishez szükséges **energia** (a takarmányok energiatartalma) a bendő számára csak részben hozzáférhető, azaz nem a bendőmikrobák energiaellátását biztosítják.

Azért, hogy becsülhető legyen a takarmány energiát szolgáltató táplálóanyagaiból mennyi mikrobafehérje képződhet a bendőben bevezetésre került a **fermentálható szerves anyag (FOM) a bendőmikrobák által hasznosítható (hozzáférhető) szerves anyag, amely elsősorban az energiaellátásukat biztosítja**.

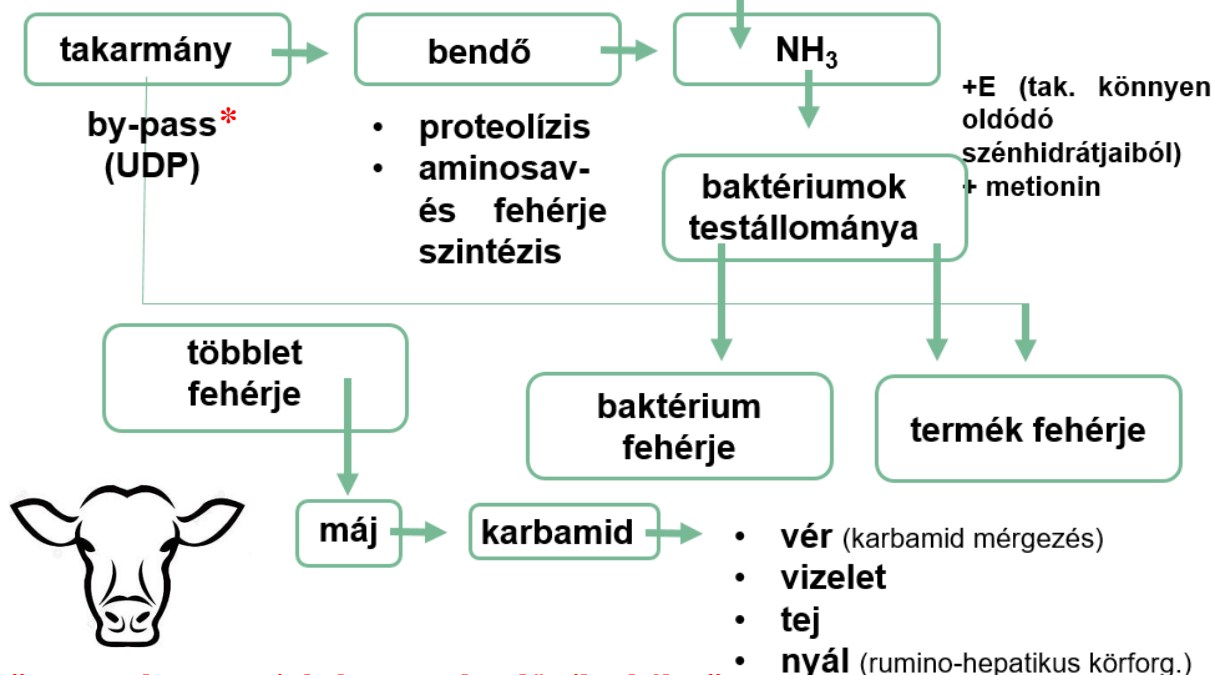
**A kérődzők fehérjeellátását a bendőben képződő mikrobiális fehérje és a bendőbeli lebontást elkerülő takarmányfehérjék mennyisége és a két fehérjetípus vékonybélbeli emészthetősége határozza meg.**

<http://static.atkft.hu/Cikkek/Takarmany/Feherjeellatas.pdf>

**A két forrásból (takarmány és mikrobiális) származó fehérjének a vékonybélből felszívódó hányada a metabolizálható fehérje (MF).**

\* by-pass (védett) fehérje: bendőben lebontás nélkül áthaladó takarmányfehérje, közvetlenül az oltógyomorba és a vékonybélbe jut

- aminosavak oxidatív dezaminálásából
- karbamidból (NPN) (ureáz - bakt. term.)
- amid vegyületekből (amidáz)

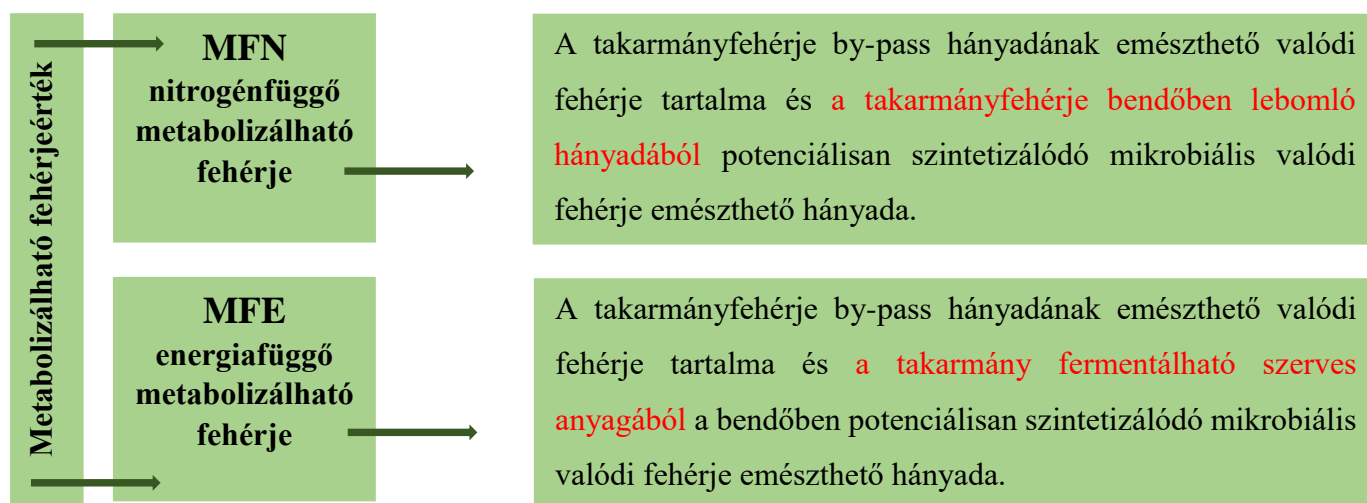


**”nem a tehenet etetjük, hanem a bendőmikrobákat”**

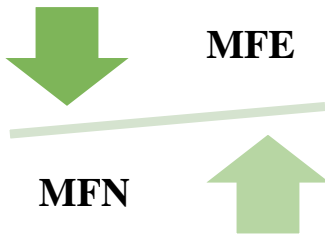
2. ábra: A kérődzők egyszerűsített N-forgalma

A **metabolizálható fehérje rendszer** a takarmányfehérjék olyan értékelési rendszere, amely figyelembe veszi a kérődzők kettős fehérjeellátását.

A rendszer segítségével becsülhető a bendőben lebomló fehérjékből és a fermentálható szerves anyagok (FOM) által biztosított energiából a mikrobiális valódi fehérjék mennyisége. Minden takarmány két fehérjeértékkel rendelkezik (az állatok termelését mindig a kisebb MF érték limitálja).







A fehérjemérleg a bendőmikrobák nitrogénellátását az energiaellátás függvényében mutatja meg.

A takarmányadagra vonatkozó fehérjemérleg a fehérje és az energia bendőbeli arányát mutatja az adagban a mikrobafehérje szintézise szempontjából (MFN-MFE különbsége).

Pozitív a mérleg, ha a mikrobiális fehérjeszintézishez több lebontható fehérje áll rendelkezésre, mint energia.

Negatív, ha a bendőmikrobák nitrogénhiánya áll fenn az energiaellátáshoz viszonyítva (NPN anyagok alkalmazása).

A takarmányok fehérjéjének értékét a monogasztrikus állatok esetében lényegében három tényező:

- **a fehérje emészthetősége,**
- **aminosav-összetétele,**
- **felszívódó aminosavak hasznosulása** határozza meg.

A kérődzők bendőjében az intenzív mikrobás fermentáció eredményeként a takarmány táplálóanyagainak nagy része a bendőben lebomlik. A mikrobás folyamatok hatására a **takarmányok fehérjéjének átlagosan 70%-a** épül le és **alakul át** részlegesen **mikrobafehérjévé** a bendőben. **A kérődzők fehérje-, illetve aminosav igényének nagyobb részét, a termelés színvonalától függően 55–75%-át ez a mikrobafehérje fedezi.**

Ezen emésztés-élettani sajátosságok miatt alakítottak ki két különböző módszert a monogasztrikusok és a kérődzők takarmányainak fehérjeérték megállapítására.

**Ellenőrző kérdések:**

Mi az a lineár –plató összefüggés és mely állatfajnál van jelentősége?

Mi az a FOM?

Milyen rendszerben lehet értékelni a kérődzők fehérje-ellátását?

**Referenciák:**

Babinszky, L. (2006): Háziállatok takarmányfehérjéinek minősítése. Monogasztrikus állatok. In: Élelmiszer- és takarmányfehérjék minősítése. Csapó, J. szerk. Mezőgazda Kiadó. Budapest. 360-390

Babinszky, L. – Halas, V. szerk. (2019): Innovatív takarmányozás. Akadémia Kiadó. Budapest.

Schmidt, J. szerk. (2015): A takarmányozás alapjai. Mezőgazda Kiadó. Budapest.

Zabrowska, T. (1975): The apparent digestibility of nitrogen and individual amino acids in the large intestine of pigs. Roczniki Nauk Rolniczych, Seria B: Zootechniczna. 97: 117-123

van Milgen, J – Noblet, J. (2003): Partitioning of energy intake to heat, protein, and fat in growing pigs. 81. (E. Suppl. 2):E86–E93.

**Internetes források:**

[https://academic.oup.com/jas/article-abstract/81/14\\_suppl\\_2/E86/4789847](https://academic.oup.com/jas/article-abstract/81/14_suppl_2/E86/4789847)

<http://static.atkft.hu/Cikkek/Takarmany/Feherjeellatas.pdf>