

TAKARMÁNYOZÁSTAN

DR. DUBLECZ KÁROLY

TAKARMÁNYOZÁSTAN

DR. DUBLECZ KÁROLY

Publication date 2011

Table of Contents

Fedlap	vii
1. A takarmányok és az állati szövetek táplálóanyagai	1
1. Víztartalom	1
2. Takarmányanalitikai eljárások	2
3. Újabb analitikai rendszerek	3
3.1. Keményítő- és cukor-meghatározás	3
3.2. Újabb rost-meghatározási módszerek	3
3.3. Ásványi anyagok	3
3.4. Aminosavak, zsírsavak	4
3.5. Kérődzőtakarmányok fehérjetartalmának mérése	4
3.6. Spektroszkópia	4
4. Ellenőrző kérdések:	4
2. Takarmányok antinutritív anyagai	5
1. Lektinek	5
2. Proteáz inhibitorok	6
3. Alfa-amiláz inhibitorok	7
4. Tanninok	7
5. Felfűvódásra hajlamosító tényezők	8
6. Antigén fehérjék	8
7. Fitinsav	9
8. Glikozidok	9
8.1. Ciánglikozidok	9
8.2. Vicin és konvicin	9
8.3. Glükozinolátok	9
9. Oxálsav	10
10. Gossipol	10
11. Alkaloidák	10
12. Szinapin	10
13. Kumarin	10
14. Nitrát- és nitrittartalom	10
15. Nem keményítő szénhidrátok	11
15.1. Az NSP anyagok hatása az állatok teljesítményére	11
16. Ellenőrző kérdések:	12
3. A kérődzők takarmányainak értékelése	13
1. A nettó energia rendszer	13
2. Metabolizálható fehérje	16
3. Emészthető lebontatlan takarmányfehérje	17
4. Emészthető valódi mikrobiális fehérje	18
5. Takarmányadagok metabolizálható fehérjeértékének számítása, fehérjemérleg	19
6. Ellenőrző kérdések:	20
4. A sertés takarmányainak értékelése	21
1. A takarmány alapanyagok tápláléértékének különbözősége	22
2. Különböző takarmánykezelési eljárások hatása az alapanyagok takarmányértékére	22
3. Az alapanyagok kölcsönhatása a tápanyagok emészthetőségére és hasznosíthatóságára	23
4. A mikrobiális fermentáció hatása a sertés utóbél szakaszaiban	24
5. Takarmányozás hatása a zsigeri szövetek táplálóanyag metabolizmusára	25
6. Különböző korú sertések táplálóanyag emésztése	25
7. Ellenőrző kérdések:	26
5. A baromfi fajok takarmányainak értékelése	27
1. Baromfitakarmányok energiaértékelése	27
2. Az energiaértékelésre alkalmazott kísérleti metodikák	27
3. A baromfitápok és az alapanyagok ME tartalmának becslése	29
4. Az alapanyagok energiatartalmának becslése	29
5. A zsírok energiatartalmának becslése	30
6. A takarmányok energia-tartalmát befolyásoló egyéb tényezők	30
7. Az energiahasznosulás javítása enzim-kiegészítőkkal	30

8. Fehérjeértékelési módszerek	31
9. Az aminosav emészthetőség meghatározása	31
9.1. Fehérje és aminosav emészthetőségi értékek	32
10. A hasznosítható aminosav-tartalom meghatározása	32
11. Ásványi anyagok	33
11.1. A foszfor hasznosíthatóság figyelembevétele a gyakorlatban	33
12. Ellenőrző kérdések:	34
6. A kedvtelésből tartott állatok takarmányainak értékelése	35
1. A kutya és a macska emésztőtraktusának felépítése	35
2. A kutya és a macska metabolikus adaptációja	35
3. Fehérje és aminosav metabolizmus	35
4. Esszenciális zsírsavak	36
5. Vitamin metabolizmus	36
6. Ásványi anyag metabolizmus	36
7. A tápgyártás kritériumrendszere	36
8. Ízletességi tesztek	37
9. A kész tápok tesztelése kémiai vizsgálatokkal	37
10. Egyéb tesztek, speciális tápok	37
11. Kutya és macska kész tápok	38
12. Ellenőrző kérdések:	38
7. A táp receptúra összeállítás pontosításának lehetőségei	39
1. A tápgyártás gyakorlati lépései a következők:	39
2. Az állatok növekedése és termelési paraméterei	39
3. A különböző szövetek táplálóanyag szükségleti értékei	40
4. A szükségleti értékek figyelembevétele	40
5. A takarmány alapanyagok táplálóanyag-tartalma	41
6. A táplálóanyagok és takarmányok minimum és maximum korlátai	41
7. A legolesőbb keverék összeállítása	41
8. Tápgyártás	42
9. Ellenőrző kérdések:	43
8. Takarmánykiegészítők	44
1. Antibiotikumok	44
2. Probiotikumok	44
3. Prebiotikumok	45
4. Enzimek	46
5. Szerves savak	47
6. A bendőfermentációt módosító kiegészítők	48
7. Ellenőrző kérdések:	48
9. Az állati termékek táplálkozásban betöltött szerepe	49
1. Az állati termékek táplálkozási szerepe	49
2. Etikai és környezetvédelmi megfontolások az állati termékekkel kapcsolatosan	51
3. A táplálkozás és az ember egészsége közötti kapcsolat	51
4. Új trendek az állati termékfogyasztással kapcsolatosan	53
5. Ellenőrző kérdések:	53
10. Takarmányozás hatása az állati termékek minőségére	55
1. A kérődzőhúsok táplálkozási értékének befolyásolási lehetőségei	55
2. Szaghatások és íz	56
3. Porhanyósság	56
4. Takarmányozás hatása a tej minőségére	56
5. Takarmányozás hatása a sertéshús minőségére	58
5.1. A húsminőség komplex értelmezése	58
5.2. A takarmányozás hatása a húsminőségre	58
6. Takarmányozás hatása a baromfi termékek minőségére	60
6.1. Energia szint, zsírtartalom	60
6.2. A baromfi szövetek zsírsavösszetételének módosítása	62
6.3. A baromfi termékek konjugált linolsav-tartalmának növelése	63
6.4. A hús minőség, eltarthatóság befolyásolása	64
7. A tojás táplálóanyag-tartalmának befolyásolása takarmányozással.	64
8. Ellenőrző kérdések:	65
11. A takarmányozás élelmiszer-biztonsági aspektusai	66

1. A takarmányok mikotoxin szennyezettsége	66
2. Állatgyógyászati szerek a takarmányban	69
3. Dioxinok és poliklórozott bifenilek (PCB-k)	69
4. Toxikus nehézfémek	70
5. Ivóvíz minőség	70
6. A takarmányok szennyeződése fertőző ágensekkel	70
7. Genetikailag módosított takarmányok (GMO-k)	71
8. Ellenőrző kérdések:	71
12. Takarmányozási módszerek az állattenyésztés nitrogén- és foszfor- kibocsátásának csökkentésére 73	
1. Takarmányozási módszerek az állattenyésztés nitrogén (N) kibocsátásának csökkentésére	73
2. Takarmányozási módszerek az állattenyésztés foszfor (P) kibocsátásának csökkentésére .	78
3. Ellenőrző kérdések:	82
13. A takarmányozás egyéb környezetvédelmi vonatkozásai	83
1. Takarmányozási módszerek a metánképződés csökkentésére	83
2. A legeltetés hatása a környezetre	84
3. A takarmánygyártás, a tartósítás, valamint a feldolgozás környezetre gyakorolt hatása	84
4. Ellenőrző kérdések:	85
14. A takarmány alapanyagok és takarmány adalékanyagok alkalmazásának szabályozása	87
1. Takarmány alapanyagok	87
2. Takarmány adalékanyagok	89
3. Takarmányok minőségi kritériumai	89
4. A biztonságos takarmány kritériumai	90
5. Ellenőrző kérdések:	90
15. A felhasznált fontosabb forrásmunkák	91

List of Tables

1.	vii
---------	-----

Fedlap

TAKARMÁNYOZÁSTAN

Szerző:

Dr. Dublecz Károly

Az Agrármérnöki MSc szak tananyagfejlesztése

TÁMOP-4.1.2-08/1/A-2009-0010 projekt

Table 1.



Chapter 1. A takarmányok és az állati szövetek táplálóanyagai

Miután a különféle takarmányokat azért etetjük, hogy az állatok táplálék-igényét fedezzük, fontos megismerni mind a növények, mind pedig az állatok szöveteinek táplálék-tartalmát.

A növények képesek arra, hogy a levegő széndioxidjának, továbbá a talajból felvett víz, szerves és szervetlen vegyületek felhasználásával nagy és komplex molekulákat építsenek fel. Ezekhez a szintetikus folyamatokhoz a növények a nap energiáját használják fel a fotoszintézisen keresztül. A növényekben felépített nagyméretű molekulákból képesek az ember és az állatok a létfenntartással és a különböző termékek képzésével összefüggő szükségleteiket fedezni. A növények és az állatok szövetei hasonló vegyületekből épülnek fel. Az arányok és bizonyos molekulák terén azonban vannak eltérések.

1. Víztartalom

Az állatok víztartalmát döntően az életkor befolyásolja. Az újszülött állatok kezdeti 75-80%-os víztartalma a kifejlett állatokra jellemző 50%-os körüli értékre csökken. Az állatok a vízhiányt sokkal kevésbé képesek tolerálni, mint a takarmányhiányt. Ennek oka, hogy a táplálékanyagok szállítása, a felesleges anyagcseretermékek kiürítése, számos sejtszintű enzimatikus folyamat és az állatok hőszabályozása egyaránt vizet igényel.

Az állatok a számukra szükséges vizet a takarmány víztartalmából, ivóvízből és az un. metabolikus vízből nyerik. Ez utóbbi a szerves anyagok sejt szintű oxidációja során keletkező vizet jelenti. A takarmányok víztartalma széles skálán mozog. A szárított takarmányok víztartalma akár 6%-os is lehet, míg néhány gyök gumós takarmány, répa és tökfélé víztartalma a 90%-ot is elérheti. A víztartalomban lévő különbségek és a könnyebb összehasonlíthatóság érdekében a takarmányok táplálék-igényét gyakran vízmentes tömegré vonatkoztatva, 100%-os szárazanyag-tartalomra vonatkoztatva fejezik ki. A **4. táblázat** néhány növényi eredetű takarmány és állati termék táplálék-igényét mutatja be.

	víz	szárazanyag	zsír	fehérje	rost	emészthető szénhidrát	hamu
legelő fű	780	220	11	44	45	98	22
búza mag	130	870	19	122	23	689	17
tej	876	124	36	33	-	47	8
burgonya	760	240	1	22	7	197	13
szója mag	110	890	190	340	70	250	34
extrahált szójadara	100	900	14	493	33	294	66
napraforgó mag	84	916	460	180	155	85	34
hús	720	280	42	214	-	6	15

4. táblázat Néhány takarmány és állati termék táplálék-igényét (g/kg)

A növények víztartalma a vegetációs stádiumtól függ. A fiatal zsege növényi részek több vizet tartalmaznak, míg az előreedettek kevesebbet.

A takarmány szárazanyag-tartalmát két részre oszthatjuk, a szerves és szervetlen anyagok csoportjára. Igaz azonban, hogy a két kategória között nincs éles határ, hiszen számos szerves vegyület is tartalmaz ásványi anyagokat (pl. az aminosavak kén, a foszfolipidek foszfort). A táblázat adataiból látható, hogy a legelőfű szárazanyagában az emészthető szénhidrátok és a rostok dominálnak. Ez nagyrészt igaz a növényi eredetű takarmányok többségére. Kivételt az olajos magvak, a szója, a napraforgó és a repce képeznek, amely magvakban a tartalék táplálék-igényét nem keményítő, hanem olaj. A növények és az állatok felépítésében az egyik

lényeges eltérés, hogy az állatok szervezetében a szénhidrátok mennyisége lényegesen kisebb. Az állatok ugyanis az energiát döntően zsír formájában tudják tartalékolni. Az is lényeges eltérést jelent, hogy míg a növényi sejtfal rostanyagait döntően szénhidrátok alkotják, addig az állati sejteket sejtmembrán veszi körül, amelynek felépítésében fehérjék és lipidek vesznek részt. Az állatok zsirtartalmát úgyszintén az életkor befolyásolja legmarkánsabban. A fiatal állatok nagyobb arányban építenek be szervezetükbe fehérjét, az életkor előrehaladtával viszont folyamatosan nő a zsírbeépülés. A zöld növényi részek zsirtartalma kicsi.

Az állatokban és a növényekben egyaránt a fehérjék jelentik a legfontosabb N-tartalmú táplálói-csoportot azzal a különbséggel, hogy a növényekben a fehérjét döntően enzimek jelentik, míg az állatokban az izomszövetek, a bőr, a szőr és a száruképletek egyaránt fehérje természetű produktumok.

A nukleinsavak is tartalmaznak nitrogént és mindkét csoportban a sejt szintű örökítő anyagot jelentik, illetve a fehérjeszintézisben töltenek be meghatározó szerepet.

A különböző szerves savak mind az állatok szervezetében, mind a növényekben megtalálhatók. Míg a növényekben a citromsav, almasav, fűmársav, borostyánkősav, a fermentált takarmányokban a tejsav, az ecetsav és a vajsav, az állatok különböző emésztőtraktus részeiben a bakteriális fermentáció következtében az ecetsav, propionsav, vajsav és tejsav található legnagyobb mennyiségben.

A vitaminok az állatokban és a növényekben is kis mennyiségben előforduló vegyületek. Lényeges eltérés e tekintetben, hogy a növények az élettani folyamataikhoz szükséges vitaminokat képesek előállítani, addig az állatok erre nem, vagy csak részben képesek.

Az ásványi anyagok közül az állatok kalciumból és foszforból igényelnek a legtöbbet. A növények ezzel szemben káliumból.

2. Takarmányanalitikai eljárások

A több mint 100 éve kifejlesztett ún. weende-i takarmányanalitikai rendszert még napjainkban is széles körben használják világszerte. Időközben a rendszer gyenge pontjainak pontosítása érdekében újabb takarmányanalitikai kategóriák is bevezetésre kerültek. A weende-i rendszerben a takarmányokban 6 különböző frakciót különböztetünk meg. Ezek a víz-, a hamu-, a nyersfehérje-, a nyersrost-, a nyerszsír- és a nitrogénmentes kivonható anyag-tartalom.

A takarmányok víztartalmának mérése során szárítószekrényben 105°C-os hőmérsékleten súlyállandóságig történő szárításon alapszik. A takarmány eredeti és a beszárított minta tömegkülönbsége jelenti a víztartalmat. A nagy víztartalmú takarmányok esetében kétmenetes kémleletes szárítást végzünk.

A hamu meghatározása a takarmányok szervesanyag-tartalmának 550°C-os hőmérsékleten történő teljes elégetésével valósítható meg. A hamutartalmat a szervesanyagok mennyiségével szokás azonosítani. A hamu azonban számos, a szerves anyagokban található ásványi anyagot is tartalmaz (foszfor, kén), továbbá az ásványi anyagok egy része elillan az égetés során. Ezért teljes bizonyossággal a hamu és a szervesanyagok mennyisége között nem lehet egyenlőségjelet tenni.

A takarmányok nyersfehérje-tartalmát a N-tartalom Kjeldahl módszerrel történő meghatározását követően, a nitrogén 6,25-el való szorzásával számíthatjuk. A szorzófaktor a takarmányfehérjék átlagos N-tartalmából adódik, amelyet 16%-osnak veszünk. A módszerből adódóan a nyersfehérje a valódi fehérjék mellett tartalmazza a takarmányok egyéb N-tartalmú ún. amid anyagait is.

A nyerszsír mérése zsírolószeres kioldással, extrakcióval történik a takarmányokból. Az oldószer elpárologtatását követően visszamaradó részt nevezzük nyerszsírnak. A nyerszsír sem csak a triglicerideket tartalmazza, hanem egyéb zsírban oldódó vegyületeket, foszfolipideket, szerves savakat, alkoholokat, pigmenteket is.

A növények szénhidrát-tartalma részben a nyersrosthhoz, részben pedig a nitrogénmentes kivonható anyaghoz (Nmka) kötődik. A nyersrostot híg savban majd lúgban történő főzést, majd szűrést követően határozzuk meg. A nitrogénmentes kivonható anyagok mennyiségét különbségszámítással határozzuk meg úgy, hogy a szervesanyag-tartalomtól kivonjuk a nyersfehérje, a nyerszsír és a nyersrost mennyiségét.

A rendszer egyik hibája, hogy a nyersrost meghatározása során a fentiekben leírt módszerrel alulértékeljük a növények tényleges sejtfaltartalmát, miután a főzés során a cellulóz és hemicellulóz egy része oldatba megy. A

másik gyenge pontnak pedig az tekinthető, hogy a nitrogénmentes kivonható anyag kategória, amely egyébként döntően cukrokat és egyéb szénhidrátokat, keményítőt tartalmaz, gyűjtő kategória, azaz, a különbségszámításból adódóan tévesen ítéljük meg ennek a kategóriának a nagyságát, ha bármely analitikai mérésnél hibát követünk el.

3. Újabb analitikai rendszerek

3.1. Keményítő- és cukor-meghatározás

A nitrogénmentes kivonható anyag kategória pontatlanságából adódóan merült fel az igény az emészthető szénhidrátok pontos meghatározására. A cukrok mérésére kolorimetriás módszert dolgoztak ki, míg a keményítőtartalmat a minta savas hidrolízisét követően, a felszabaduló cukrok polarimetriás mérésével határozzuk meg.

3.2. Újabb rost-meghatározási módszerek

A rostok egyik pontosabb meghatározási módszerét Van Soest dolgozta ki. Ebben a rendszerben a neutrál detergens rost (NDF) mennyiségét a minták semleges pH-jú oldatban történő főzését követően tudjuk meghatározni. Ez a frakció teljes egészében tartalmazza a növényi sejtfalalkotókat, a cellulózt, a hemicellulózt és a lignint. Az NDF meghatározását elsősorban a zöldtakarmányok rostanyagainak mérésére fejlesztették ki. A szervesanyag-tartalomtól kivonva a nyersfehérjét, a nyerszsírt és az NDF-et, szokás „nem strukturális szénhidrát” kategóriáról is beszélni az Nmka helyett.

A savdetergens rost (ADF) mennyiségét úgy határozzuk meg, hogy a mintát ezúttal 0,5 mólos kénsavat is tartalmazó oldattal kezeljük. Az ADF a cellulóz és lignin teljes mennyiségét tartalmazza. Gyakorlati használatát indokolja, hogy a takarmányok ADF-tartalma és táplálóanyagaik emészthetősége között szoros negatív összefüggés áll fenn.

A Van Soest rendszer harmadik kategóriája az un. savdetergens lignin (ADL), amelynek meghatározásakor első lépésként meghatározzuk a takarmány ADF-tartalmát, majd ezt követően 72%-os kénsavval történő kezelést követően a cellulózt is oldatba visszük. Így a módszerrel a lignin mennyiségét tudjuk elkülönítetten mérni.

A takarmány rostszerű anyagainak egy következő meghatározási lehetősége, azok nem-keményítő szénhidrát-tartalmának (NSP) mérése. Az NSP és a lignin együttes mennyisége jól jellemzi a növényi sejtfalalkotókat. Az NSP kategória a cellulóz, a hemicellulózt és a pektin mellett egyéb oligoszacharidokat, glükánokat, xilánokat, mannánokat is tartalmaz. Az NSP-alkotó vegyületek egy része oldódik vízben a másik viszont nem. A két kategória elkülönítését az indokolja, hogy táplálkozás-élettani szempontból a két kategória eltérő hatású. A vízben oldódó NSP anyagok csökkentik a táplálóanyagok emészthetőségét és a vér koleszterin szintjét, a vízben nem oldódók pedig fontos szerepet játszanak a bélperisztaltika fenntartásában, a vastagbél megfelelő működésében és a vastagbél daganatok megelőzésében.

Az NSP anyagokat a gazdasági állatok béltraktusában található mikrobák képesek bontani. A képződő illó zsírsavak hozzájárulhatnak az állat energiaszükségletének fedezéséhez. A lebontást nagyban befolyásolják az NSP-anyagok közötti kémiai kötések és a lignin jelenléte.

A nagy vízmegekötő képességű komponensek, például a β -glükán vagy az arbinoxilán megnövelik a kimusz viszkozitását, ami miatt felgyorsul a kimusz áthaladási sebessége a vékonybélben. Döntően ezzel függ össze ezeknek az NSP anyagoknak az emészthetőséget csökkentő hatása, amely a monogasztrikus állatokban tapasztalható. Elhízásra hajlamos tenyészállatok esetében, pl. a kocáknál az NSP anyagok hatására gyorsabban kialakul a jóllakottsági érzés, ami kihasználható a gyakorlati takarmányozásban.

3.3. Ásványi anyagok

Az előzőekben említett hamu meghatározás természetesen nem ad elegendő információt a takarmányozási szakemberek számára. Amennyiben az egyes ásványi anyagok mennyiségére vagyunk kíváncsiak, akkor a legáltalánosabban különböző spektrográfias módszereket alkalmazunk. Az atomabszorpciós spektrofotométer segítségével egy az adott ásványi anyagra jellemző hullámhosszon sugárzó katódlámpával közlünk energiát az ismeretlen mennyiségű ásványi anyagot tartalmazó közeggel. Az elnyelt energia arányos az adott ásványi anyag mennyiségével. A láng emissziós spektrofotométerrel az ásványi anyagokat tartalmazó oldatot levegő/acetilén, illetve oxigén/acetilén lánggal gerjesztjük. Minden atom a rá jellemző hullámhosszon adja le a többlet energiát,

amely alapján be lehet azonosítani az adott ásványi anyag mennyiségét. Az atomabszorpciós és lángemissziós módszerek mellett széles körben használják az indukzív csatlakozású plazma emissziós spektroszkópiát (ICP) is, amelynek az előzőkhöz képest nagyobb az érzékenysége és egyidejűleg több ásványi anyag mérésére is alkalmas.

Az ásványi anyagok mennyiségének ismerete önmagában nem minden esetben elegendő információ, mivel emészthetőségük takarmányonként jelentősen eltérhet. Takarmányozási szempontból napjainkban a foszfortartalom hasznosíthatóságáról áll rendelkezésre a legtöbb információ.

3.4. Aminosavak, zsírsavak

A takarmányfehérjék minőségét a monogasztrikus állatok szempontjából a fehérje aminosav-összetétele határozza meg. Az állatok vonatkozásában ismerjük az egyes aminosavakra vonatkozó szükségleti értékeket, így a takarmányfehérjék aminosav- tartalmának ismerete is elengedhetetlen. Az aminosav-összetételt nagy nyomású folyadékkromatográfiás módszerekkel határozzuk meg a leggyakrabban. A fehérjék savas hidrolízisét követően a szabaddá vált aminosavakat az ioncserés kromatográfia esetében egy oszlop segítségével választjuk szét, majd az időben eltérő lemosódásukat követően spektrofotometriásan mérjük.

A zsírok esetében úgyszintén fontos azok minőségének, zsírsavösszetételének ismerete. A takarmányok esszenciális zsírsav-tartalmának ismeretében tudjuk csak biztosítani az állatok linolsav szükségletét. A különböző zsírsavcsoportok (telített-telítetlen, ω -6-os – ω -3-as) emellett nagymértékben befolyásolják a képződő állati termékek minőségét és táplálkozási értékét. A takarmányzsírok zsírsavösszetételének meghatározására legáltalánosabban gázkromatográfiás módszert alkalmaznak.

3.5. Kérődzőtakarmányok fehérjetartalmának mérése

Európa legtöbb országában a kérődző állatok fehérjeértékelése már nem a nyersfehérjén, hanem többnyire a metabolizálható fehérjén alapul. A hazánkban jelenleg alkalmazott rendszerben a nem hasznosuló nitrogén mérése a savdetergens rost N-tartalmának mérésén alapul (ADIN). Az ADF-et a fentiekben említett van Soest módszerrel határozzuk meg. A metabolizálható fehérje számításához szükséges egyéb paramétereket in vivo módszerekkel lehet meghatározni.

3.6. Spektroszkópia

Az utóbbi évtizedekben széles körben használják a takarmányok táplálóanyag-tartalmának gyors becslésére a közeli infravörös spektroszkópiát (NIR). A mérés elve azon alapul, hogy 1100 és 2500nm közötti hullámhosszon kezeljük a takarmánymintát, majd megmérjük a visszavert energia mennyiségét. A visszavert energia mennyiségét, amelynek nagyságát a takarmányok kémiai összetétele határozza meg. A különböző CH, OH, NH, és SH csoportok ugyanis különböző hullámhosszon nyelnek el energiát. A NIR használata az adott takarmányra vonatkozó kémiai méréseken alapuló előzetes kalibráción alapul. A hagyományos táplálóanyag kategóriákon túl a módszer alkalmas a takarmányok emészthetőségének, emészthető vagy metabolizálható energiatartalmának vagy a bendőben lebomló N mennyiségének a becslésére is.

4. Ellenőrző kérdések:

- Milyen lényeges különbségek vannak az állatok és a növények táplálóanyag-tartalmában?
- Ismertesse a wendee-i takarmányanalitikai rendszer kategóriáit!
- Melyek a wendee-i rendszer legfőbb hiányosságai?
- Sorolja föl az egyéb takarmányanalitikai eljárásokat és a mérések elvét!

Chapter 2. Takarmányok antinutritív anyagai

Az antinutritív anyagok különböző módon befolyásolják a táplálóanyagok hasznosulását. Csökkentik pl. a fehérje emészthetőségét, megkötnek bizonyos táplálóanyagokat, vagy károsítják a bélhámot, amivel csökkentik az emésztés hatékonyságát. A legfontosabb ilyen vegyületek a lektinek, a proteáz inhibitorok, a tannin, a fitinsav, a glükozinolátok, a gosszipol és a különböző antigén hatású fehérjék. Néhányuk esetében, pl. a lektinek és tanninok vonatkozásában nem teljesen megoldott az analitikai mérésük. Bizonyított, hogy a lektinek, a tripszininhibitorok és a tannin csökkentik a táplálóanyagok látszólagos és tényleges emészthetőséget egyaránt. A hőkezelés néhány esetben, pl. a lektinek és a proteázgátlók esetében jelentősen csökkentheti azok aktivitását. A fitinkötésben lévő foszfor hasznosulását exogén fitáz enzimmel lehet javítani. A tanninok és a glükozinolátok inaktiválása nem áll rendelkezésre eljárás.

Az antinutritív anyagokat különböző módon lehet csoportosítani. Egy lehetséges csoportosítási lehetőség a következő:

- A fehérje emészthetőséget és hasznosulást csökkentő faktorok (tripszin és kimotripszin inhibitorok, lektinek és hemagglutininek, polifenolos vegyületek, NSP-k és szaponinok).
- A szénhidrátok emészthetőségét csökkentő faktorok (amiláz inhibitorok, polifenolos vegyületek, NSP-k, felfűvődést előidéző tényezők).
- Az ásványi anyagok emésztését és hasznosulását csökkentő faktorok (glükozinolátok, oxálsav, fitinsav, gosszipol).
- A vitaminokat inaktiváló tényezők (antivitaminok).
- Az immunrendszert stimuláló faktorok (antigén fehérjék).

A különböző takarmányok más-más formában és mennyiségben tartalmaznak antinutritív anyagokat. Ugyanaz a takarmány többfélélt is tartalmazhat és ezek mennyisége ugyanazon takarmány esetében is lényegesen eltérhet. Ezekért az eltérésekért a növénytermesztésben alkalmazott technológia, a fajták közötti eltérések és a környezeti tényezők lehetnek felelősek. A pillangós magvakban (szója, borsó, bab) a proteáz inhibitorok és a lektinek a legfontosabb antinutritív anyagok. Néhány gabonamag, pl. a rozs és a tritikále azonban úgyszintén tartalmaz kisebb mennyiségben tripszin inhibitor. A tannin, a színes virágú lóbabban, a borsóban, a repcében, a cirokban és néhány árpaajtában található. A különféle glikozidok a lenmagban, a cirokfű hajtásaiban, a glükozinolátok a keresztesvirágú növényekben, és a szinapin a repcében, a különböző alkaloidák a csillagfűrtben, a burgonyában, míg a gosszipol a gyapotmagban játszanak fontos szerepet.

1. Lektinek

A lektinek vagy hemagglutininek fehérje természetű vegyületek és általában glikoproteinek formájában vannak jelen. Nagymértékben különböznek molekulatömegük, kémiai struktúrájuk és a specifikus cukorkötő képességük szempontjából. A bélhám glikoproteinjei olyan cukrokat tartalmaznak, amelyekhez a lektinek le tudnak kötődni és a bélhámsejtekhez tudnak kapcsolódni. Ez növekedési depressziót eredményez. A különböző babokban található lektinek erősen toxikus hatásúak, míg a borsóban vagy a lóbabban található lektin kevésbé toxikus. Az állatfajok is különbözőképpen reagálnak a takarmányok lektintartalmára, a fiatal malacok lényegesen érzékenyebbek, mint a patkány vagy a csirke. A vörösvértetek kicsapását gyakran használják a lektinaktivitás meghatározására. A módszer azzal áll összefüggésben, hogy a lektinek a vörösvértetek felszínén található cukrokhoz tudnak kapcsolódni. Ez a módszer azonban nem állatspecifikus. Napjainkban pontosabb módszerek állnak rendelkezésre, ilyenek pl. az ELISA és a funkcionális lektinre kidolgozott „immunoassay” (FLIA). Ez utóbbi meghatározás azon alapul, hogy a lektinek speciális szénhidrát mátrixhoz vagy a bélhámból preparált sejthártyához kötődnek. Mivel a lektinek növényenként is nagy eltéréseket mutatnak, a vizsgálati módszereket növényenként kell kifejleszteni. Az **5. táblázatban** látható, hogy amennyiben tisztított szójalektint adagoltak a sertések tápjaihoz, akkor az megnövelte az ileum végén mért endogén nitrogénvesztést. A növekedés valószínűsíthetően a bélhámsejtek nagyobb arányú kopásából adódott. A táblázat adataiból az is látható, hogy a lektinek nem befolyásolják a fehérjék tényleges emészthetőségét. A bélben a kimusz

szárazanyag-tartalmának gyorsabb áthaladása miatt azonban feltételezhető, hogy a többi táplálóanyag, a zsírok és szénhidrátok emészthetőségét csökkentik.

	Lektin tartalom (mg/kg)		
	0	160	960
sz.a. áthaladás (g/nap)	80,5 ^a	84,4 ^a	95,3 ^b
teljes N-áthaladás(g/nap)	1,76 ^a	1,90 ^b	2,38 ^c
endogén N áthaladás	1,09 ^a	1,42 ^b	1,60 ^b
takarmány N áthaladás	0,77	0,48	0,78

a, b,c.: a különböző betűvel jelölt átlagok szignifikánsan különböznek (p<0.05)

5. táblázat Szója lektin etetésének hatása a kimusz ileum végén mért táplálóanyag-tartalmára hízósertésekben (Schulze és mtsai., 1995)

A lektinek a baktériumok szaporodását is segítik a bélcsatornában. Ennek pontos magyarázata nem ismert. Feltételezhetően a lektinek bélhámhoz kötődése révén a baktériumok számára nagyobb mennyiségű táplálóanyag áll rendelkezésre, ill. az intenzívebb bélhámnövekedés miatt megnő a baktériumok megtapadási esélye. Mivel a lektinek hőlabilisak, hőkezeléssel hatékonyan inaktíválni lehet őket.

2. Proteáz inhibitorok

A proteáz inhibitorok különböző kategóriáit különböztethetjük meg. A pillangós magvakban és a gabonafélékben előforduló ilyen jellegű vegyületek a tripszin és a kimotripszin inhibitorok. Ezek olyan peptidok, amelyek stabil kötést alakítanak ki a hasnyálmirigy enzimekkel. Ennek eredményeképpen csökken a tripszin és kimotripszin aktivitás a bélben, aminek hatására a bélhám endokrin sejtjei, több kolecisztokinint (CCK) választanak ki. Ez a hasnyálmirigy nagyobb arányú enzimtermelését stimulálja és hipertrófiáját okozza. A tripszin inhibitorok aktivitásának mérését megnehezíti, hogy egyéb anyagok, pl. a tanninok is gátolják a tripszin aktivitását.

Az irodalmi adatok alapján a borsó tripszin inhibitor aktivitása 12%-a, a különböző babfajtáké pedig 38%-a a szójáénak. Kismértékű aktivitást a gabonamagvak, pl. a rozs, a tritikále, a búza, az árpa és a zab is mutatnak. Ahogyan korábban említettük, ugyanazon takarmány különböző fajtái között is lényeges eltérések lehetnek. A szójafajtákat az utóbbi évtizedekben alacsony tripszin inhibitor tartalomra nemesítették. A különböző borsófajták tripszin inhibitor tartalma (TIU/mg) 1,69 és 11,24 TIU/mg között változik. Ezek az inhibitorok növelik az ileum végén mérhető endogén és takarmány eredetű nitrogén mennyiségét egyaránt. Sertésekben, patkányokban és baromfifajokban a borsó tripszin inhibitor aktivitása és a fehérjék látszólagos bélsár emészthetősége között negatív a korreláció. Leeuwen és mtsai (1993) irodalmi áttekintésében a borsó tripszin inhibitor aktivitásának egy egységnyi növekedésekor 9 g-mal nőtt az ileális kimusz endogén fehérjetartalma. Az endogén veszteségek növekedése a takarmány fehérjetartalmának függvényében befolyásolja a fehérje emészthetőséget.

A tripszin inhibitorok kevésbé érzékenyek a hőkezelésre, mint a lektinek. Ennek ellenére a különböző hőkezelési eljárások hatékonyan képesek inaktíválni a szójában található inhibitorokat (**6. táblázat**). A hőkezelést azonban kontrollált körülmények között kell elvégezni, hogy az aminosavak, különösen a lizin, ne sérüljenek.

	Inaktiválási %	
	Lektinek	Tripszin inhibitor aktivitás
Gőzös hőkezelés (100°C; >15 perc)	90-100	65-97
Főzés (121 °C; >15 perc)	99-100	85-100
Száraz pörkölés	85-99	54-82
Extrudálás (145 °C; 16 másodperc)	93-98	78-98

6. táblázat Különböző hőkezelési eljárások hatása a bab lektin és tripszin inhibitor tartalmára (van der Poel, 1999)

A nagyobb antinutritív anyag tartalmú takarmányok csíráztatása csökkenti az endogén fehérjevesztéseket. A 7. táblázatból látható, hogy az ileum nyersfehérje-vesztése szignifikánsan csökkent a csíráztatás hatására.

	Kezeletlen bab	Csíráztatott bab
Tripszin inhibitor aktivitás mg tripszin gátlás /g bab	8,49	1,52
Lektinek (mg/g bab)	116	5,70
látszólagos ileális ny.f. emészthetőség (%)	74,3 ^a	86,8 ^b
Tényleges ileális ny.f. emészthetőség (%)	88,1 ^a	93,2 ^b
Összes nyersfehérje veszteség (g/kg sz.a. felvétel)	51,9 ^a	27,4 ^b
Endogén nyersfehérje veszteség (g/kg sz.a. felvétel)	27,8 ^a	13,3 ^b

7. táblázat Nyers és csíráztatott bab antinutritív anyag tartalma és a fehérje emészthetősége sertésekben (Schulze és mtsai., 1997)

3. Alfa-amiláz inhibitorok

Az alfa-amiláz inhibitor felelős a keményítő gyenge emészthetőségéért. Néhány hazánkban nem termesztett bab tartalmaz ilyen anyagokat. Gyakorlati jelentősége azonban nem számottevő, mivel a gazdasági állatok takarmányozásában történő felhasználásuk elenyésző.

4. Tanninok

A tanninok különböző molekulatömegű és kémiai formájú polifenol vegyületek. Vizes oldatban képesek az alkaloidok, a zselatin és egyéb fehérjék kicsapására.

Számos módszer áll rendelkezésre a takarmányok tannin-tartalmának mérésére, arra azonban ezek a módszerek nem alkalmasak, hogy segítségével a tanninok különböző formáit is meghatározzuk. Mérésükre a legáltalánosabban használt módszer az ún. módosított vanillin-módszer, amelyben a tannin mennyiségét katechin egyenértékben fejezik ki (Price és mtsai, 1978). A tanninok takarmányozási szerepének pontosabb megismerését analízisük hiányosságai akadályozzák.

A különböző cirokfajtákban a mérés alatti tartománytól egészen 11%-os tannin-tartalmakat detektáltak, a különböző gyapotmag-mintákban 8-15 g/kg mennyiséget mértek. Pontos hatásmechanizmusukat nem ismerjük. Az azonban bizonyos, hogy a takarmányban a szénhidrátokkal és a fehérjékkel, továbbá az emésztő traktusban az enzimekkel komplexeket képeznek. Ennek eredményeképpen emészthetőség csökkentő hatásúak. Csökkentik a takarmányfelvételt, növelik a bélhám károsodását, gátolják bizonyos ásványi anyagok felszívódását, felszívódva pedig toxikus tüneteket okoznak. A tanninok és bomlási termékeik direkt módon hatással vannak a májra és az egyéb szövetekre is. Az állatkísérletekben gyakran nem lehet kimutatni egyértelmű kölcsönhatást az

állatok növekedése és a takarmány tannin-tartalma között, ami megnehezíti a tanninok depresszív, ill. toxikus határértékeinek megadását.

A táplálóanyagok emésztését csökkentő hatásukat állatkísérletekkel is igazolták. Amikor például különböző lóbabfajtákat etettek malacokkal, akkor a tannintartalom növekedése csökkentette mind az ileális, mind a fekális táplálóanyag emészthetőségi értékeket. A tanninok nagyobb mértékben csökkentik a nyersfehérje emészthetőségét, mint az Nmka frakcióét (**8. táblázat**). A látszólagos fehérje emészthetőség csökkenése részben a megnövekedett endogén nitrogénvesztésekkel, részben pedig a gyengébben emésztdött takarmányfehérjével magyarázható. Abban az esetben, amikor ugyanezeket a takarmányokat 5-26 napos korig terjedő időszakban, ugyanilyen bekeverési arányban brojlercsirkékkel etették, nem tapasztaltak különbséget a madarak teljesítményében. Ez arra utal, hogy a sertések lényegesen érzékenyebbek a tanninokra, mint a madarak. Az állatok és az ember bizonyos szempontból adaptálódni képesek a nagy tannin-tartalmú táplálékok fogyasztásához. Ekkor ugyanis megnő a nyálban egy prolinban gazdag fehérje mennyisége, amely képes megkötni a tanninokat és csökkenteni azok toxikus hatását. A sertés- és a madárfajok azonban teljes egészében nem képesek inaktívlni a felvett tannint. A takarmányok áztatása vízben vagy lúgos oldatban, az erjesztés vagy pl. a ciroknál a csírátztatás úgyszintén kedvező hatású lehet a tannintartalom csökkentése szempontjából.

Fajták	Tanninok (g/kg)	Tripszin inhibitor (mg/g)	ny. fehérje emészthetőség (%)		Nmka emészthetőség (%)	
			ileal	faecal	ileal	faecal
Blandine	0,2	1,3	85	89	73	94
Herz Freya	4,0	1,4	75	85	75	93
Mythos	9,8	1,6	74	82	73	91
Alfred	9,6	0,7	69	79	70	90

8. táblázat Különböző lóbabfajták etetésének hatása malacok nyersfehérje és nitrogénmentes kivonható anyag emésztésére (Jansmann, 1993)

5. Felfúvódásra hajlamosító tényezők

A felfúvódás olyan emésztőszervi probléma, amely úgy alakul ki, hogy nagymennyiségű oligoszacharidok fogyasztását követően megnő a bakteriális fermentáció és ebből adódóan a bélcsatornában a különböző gázok mennyisége. A legfontosabb ilyen vegyületek a melaszban nagyobb mennyiségben előforduló raffinóz, a verbaszkóz és a sztachióz. Fermentációjuk során a vastagbélben széndioxid, hidrogén, metán és illózsírsavak képződnek. Ezek a fermentációs termékek felelősek a felfúvódásért, a kialakuló hasmenésért és az állatokban emiatt kialakuló kellemetlen tünetekért. A puffadást elsősorban humántáplálkozási szempontból kutatták. Különböző pillangós magvak esetében a főzés, az erjesztés, a hántolás és különböző enzimekcsökkentés csökkenti a puffadás kialakulását. Kérődző állatokban a pillangós takarmányok szaponintartalma úgyszintén jelentős felfúvódásra hajlamosító faktor. A szaponinok több takarmányban előforduló, keserű ízű, folyadékokban habosodást előidéző és a vörös vértettek szétesését eredményező vegyületek. Sertésben és madárfajokban egyaránt termelés csökkentő hatásúak. Antinutritív hatásuk azzal áll összefüggésben, hogy a különböző szteránvázis vegyületekkel, például a sejtmembrán komponensekkel komplex kötést képeznek, aminek hatására megnő a sejthártya áteresztőképessége. A baromfi fajok a többi gazdasági állatfajjal összehasonlítva lényegesen érzékenyebbek a szaponinokra. A lucernában jelentős mennyiségben, a pillangós magvakban, a szójában, a babban és a borsóban kisebb arányban van jelen. Jelentőségük a kérődző állatok esetében nagyobb. A bendőfolyadék felületi feszültségének befolyásolásán túl a bendő-összehúzóadásokért felelős receptorokat is blokkolják. Ennek eredményeképpen felfúvódásra hajlamosítanak.

6. Antigén fehérjék

Az antigén fehérjék olyan nagy molekulájú fehérjék, vagy glikoproteinek, amelyek képesek arra, hogy befolyásolják az állatok immunválaszreakcióit. Ezen immunreakciók során speciális antitestek termelődnek és szekretálódnak a különböző testfolyadékokba, pl. a vérbe. Az antigén fehérjék károsítják a bélhámot és a fiatal malacok, borjak esetében csökkentik az emésztőtraktus stimulálta immunfolyamatokat. Ennek eredményeképpen krónikus érzékenység alakulhat ki az antigén vegyületekkel szemben. Ez fordulhat elő,

amikor a fiatal borjakkal szójatartalmú tejpótlót itatunk. Ennek eredményeképpen megnő az endogén fehérjeürítés aránya, megváltoznak a bélmozgások, a bél morfológiája és a bélhám áteresztő képessége. Néhány laboratóriumi állat és a sertés is képes azonban valamilyen szinten tolerálni ezeket az antigén fehérjéket.

Az antigének nem érzékenyek a hőkezelésekre. Különböző kémiai és enzimikus kezelések azonban csökkentik hatékonyságukat a szójában és szójatermékekben. A tejpótló tápszerekben használatos szójakoncentrátumot ezért a szója etanol-vizes extraakcióját követően célszerű felhasználni.

7. Fitinsav

A fitinsavas kötéseket a madarak és az emlős állatok saját enzimjeikkel nem tudják bontani. Emiatt a fitin-kötésű foszfor és egyéb ásványi anyagok emészthetősége meglehetősen alacsony. A fitinsav bizonyos fehérjékkel is komplexet tud képezni, ami kihat az emésztőenzimek aktivitására és a táplálóanyagok emészthetőségére.

A különböző takarmányok fitinsav-tartalma és ennek hatása a foszfor emészthetőségére jól ismert. A takarmányhoz adott fitáz enzim, a foszfor emészthetőségének javítása és a foszfor környezetszennyező hatásának csökkentése érdekében széles körben használatos. A fitáz aminosav emészthetőségre és a takarmány energiataralmának hasznosulására, valamint a bélben az endogén veszteségek mértékére gyakorolt hatása még nem teljesen ismert. Vannak arra utaló eredmények, hogy a fitáz enzim javítja az aminosavak ileális emészthetőségét és az energiahasznosulást sertésekben és madarakban. Mroz és mtsai. (1994) eredményei alapján, amikor a hizósertések kukorica-tapióka-szója tartalmú tápjaihoz 800 IU/kg fitázt adtak, akkor ez a nitrogén ürítést 5,5, a kalciumét 2,2, a foszforét pedig 1,9%-kal csökkentette.

8. Glikozidok

Nevüket onnan kapták, hogy hatóanyaguk béta-glikozidos kötéssel kapcsolódik egy vagy több monoszacharid molekulához. A hatóanyag akkor válik aktívvá, mérgezővé, amikor egy enzim a glikozidos kötést hasítja.

8.1. Ciánglikozidok

Takarmányozási szempontból a nagy ω -3-as zsírsavtartalma miatt újra szélesebb körben használt lenmag linamarin-tartalma érdemel említést. A ciánglikozidok emésztésekor ciánhidrogén képződik, ami mérgező, a sejtlegzést blokkoló hatású vegyület. A szudáni cirokfű és a cukorcirok zsenge hajtásai is tartalmaznak ciánglikozidát, a durrint, amely a legelő kérődző állatok körében nagyarányú megbetegedést okozhat.

8.2. Vicin és konvicin

A vicin és konvicin különböző babfélékben található. A bélcsatornában történő mikrobiális bontásuk eredményeképpen hemolizist okoznak. Baromfifajokban ez csökkenti a tojásméretet, vékonyítja a tojáshéjat és megnöveli a vérfoltos tojások arányát, csökkenti a keltethetőséget. Sertésben elsősorban a reprodukciós mutatókat befolyásolja kártékonyan. A vicin és konvicin, valamint bomlástermékei valószínűleg nem befolyásolják közvetlenül az állatok emésztését és metabolizmusát. Mennyiségüket hatékonyan lehet csökkenteni a különböző babokban szelekcióval.

8.3. Glükozinolátok

A glükozinolátok valamennyi keresztesvirágú növényben megtalálhatók, melyek közül több mint 100 félélt azonosítottak. Ezek közül takarmányozási szempontból csupán néhány, döntően a repcében lévő glükozinolát bír jelentőséggel. Mennyiségüket gázkromatográffal lehet meghatározni. A növények mirozináz enzimje, illetve baktériumok hatására a bélben hidrolizálódnak és glükóz, valamint golyvaképző vegyületek, tiocianátok, izotiocianátok és nitrilek válnak szabaddá. Főleg a tiocianátok gátolják a pajzsmirigy jódfelvételét és ezáltal csökkentik a vér trijód-tironin és tiroxin koncentrációját. A nitril molekulák májsérüléseket okoznak az emlősállatokban és a madarakban egyaránt. Hatásuk az állati szervezetre koncentrációjuk, az állatok kora, fajtája és hasznosítási típusa függvényében változik. Az emésztési folyamatokat a glükozinolátok közvetlenül nem befolyásolják.

Koncentrációjukat a takarmányokban nemesítéssel lehet leghatékonyabban csökkenteni. A dupla, és tripla nullás hibridekben koncentrációjuk lényegesen kisebb, mint a hagyományos fajtákban. Ennek ellenére a fullfat repcét és az extrahált repcedarát nem célszerű fiatal állatok tápjába keverni.

9. Oxálsav

Az oxálsav elsősorban az ásványi anyagok, főleg a kalcium megkötésén keresztül fejti ki antinutritív hatását. Répafélékben, azok levelében található nagyobb mennyiségben. A pillangós zöldtakarmányokban sói, az oxalátok találhatóak. Nagy mennyiségben fogyasztva az oxálsav hasmenést, bélhám-, és vesekárosodást okoz.

10. Gossipol

A gossipol a gyapotmagban található sárga színű, analitikailag jól mérhető fenol származék. A különböző gyapotfajták és az eltérő termesztési körülmények lényegesen befolyásolják a növény gossipol-tartalmát. A publikált értékek 0,002 és 6,64% között változnak. A különböző hőkezelési eljárások hatására a gossipol a takarmány fehérjéhez kötődik, aminek hatására csökken a fehérje aminosavainak, elsősorban a lizinnek az emészthetősége. A 0,015%-ot meghaladó koncentrációban a gossipol légzési nehézségeket, a kocákban terméketlenséget, a fiatal malacokban nagyarányú elhullást okozhat. Mérgező hatása vaskiegészítéssel valamelyest ellensúlyozható.

11. Alkaloidák

Az alkaloidák N-tartalmú heterociklusos vegyületek és többnyire keserű ízűek. A növényekben a növényevő állatokkal szembeni védekező mechanizmusként termelődnek. A csillagfürt nagy mennyiségű alkaloidát, lupinint, lupinidint, lupanint tartalmaz.

Az alkaloidák a májban oxidálódnak és itt válik szabaddá a dehydrospartein nevű vegyület, amely a toxikus hatásért felelős. A toxikus hatást elsősorban az idegrendszeren keresztül fejtik ki, de megnövelik a máj sejtek rézfelvételét is, ami réz toxikózist eredményezhet. A csillagfürt takarmányfelvételt csökkentő hatása úgyszintén a központi idegrendszer befolyásolásán keresztül történik. A sertések érzékenyebbek az alkaloidákkal szemben, mint a madárfajok. A csillagfürt esetében vannak olyan fajták, amelyekben genetikai úton sikerült lecsökkenteni az alkaloidák, a lektinek és a tripszininhibitorok mennyiségét. A mag antinutritív anyagainak aránya, azonban a termesztés során újra megnő, ami folyamatos nemesítői munkát igényel.

Az alkaloidák egyik legismertebb képviselője a burgonya szolaninja, ami a növény zöld részeiben, a gumó bezöldült részében és a csírában található. A burgonya etetés előtti csírátlánításával és főzésével a szolaninmérgezés veszélye minimálisra csökkenthető.

12. Szinapin

Repcében található különböző koncentrációban. Az állat szervezetében trimetilaminná alakul át és ez a vegyület felelős a „halíz” kialakulásáért a különböző állati termékekben, a húsban, a tejben és a tojásban. A fehér héjú tojást termelő hibridek, továbbá az emlős állatok bizonyos mértékben le tudják bontani. A szinapin feltételezhetően nem befolyásolja az emésztési folyamatokat.

13. Kumarin

A kumarin a somkóróban található antinutritív anyag, amelynek befülledt vagy rosszul erjedt tételeiben a kumarin kumarollá alakul, ami az állatok szervezetében K-vitamin antagonistaként működik, gátolja a véralvadási folyamatokat. A kumarol monogasztrikus állatokban, például lovakban és kérődzőkben egyaránt mérgezést okozhat.

14. Nitrát- és nitrittartalom

Miután a növények a talajból a nitrogént döntően nitrát formában veszik fel, a zöld növényi részek tartalmaznak több-kevesebb nitrátot. A növények nitrátakkumuláló képessége jelentősen eltér. A keresztes virágú zöldtakarmányokban és gyomnövényekben található a legtöbb (1%), de a zöldtakarmányként etetett zab és árpa (0,5%), továbbá a különböző pázsitfűvek (0,1-0,3%) is tartalmaznak. A kérődzők bendőjében a nitrát

ammóniává alakul, amelyet a baktériumok fel tudnak használni saját fehérjeszintézisükhöz. Amennyiben a nitrátból képződő nitrit felszívódik és bejut a vérbe, akkor a hemoglobinban található vasat három vegyértékűvé oxidálja és ún. methemoglobinémiát okoz, ami a vér oxigénszállító képességének csökkenését jelenti. A juhok kevésbé érzékenyek a takarmány nitrát-tartalmára, mint a borjak és a növendék marhák.

15. Nem keményítő szénhidrátok

A természetben mintegy 100 monoszacharid található, amelyek közül azonban csupán mindössze 9 vesz részt a nem keményítő szénhidrátok (NSP) felépítésében. Ezek a pentózok közül az arabinóz és a xilóz, a hexózok közül a glükóz, a mannóz és a galaktóz, a 6-deoxyhexózok közül a ramnóz és a fukóz, a 6 szénatomszámú uronsavak közül pedig a galakturonsav és a glükuronsav. A különböző szénhidrátok szerkezete nagyon sokféle lehet. Emellett a szénhidrátok különböző egyéb nem szénhidrát-természetű vegyületet, metil és acetil csoportot, fehérjéket, lignint is tartalmazhatnak. A szénhidrátláncok emellett egymással is kötéseket tudnak kialakítani.

A cellulóz valamennyi növényben megtalálható sejtfalalkotó. A β -glükán az árpaiban, az arabinoxilán pedig a búza, a rozs, a cirok és a tritikále sejtfalában található meg nagyobb mennyiségben. A pillangósokban található NSP anyagok a gabonákban találhatóéhoz képest komplexebb vegyületek. Számos takarmány olyan oligoszacharidokat is tartalmaz, amelyeket az emlősök és a madarak szintén nem tudnak bontani. Ezek közé tartoznak a 3-9 monoszacharidot tartalmazó α -galaktozidok, a raffinóz, a sztachióz és a verbaszkóz, amelyek fruktóz, galaktóz és glükóz kapcsolódásából épülnek föl. A szója (6%), a borsó (5%) és a repce jelentős mennyiséget tartalmaz ezekből az oligoszacharidokból. A keményítő emészthetetlen része, az ún. rezisztens keményítő az NSP anyagokhoz hasonló egységeket tartalmaz.

15.1. Az NSP anyagok hatása az állatok teljesítményére

Az NSP anyagok egymástól eltérő hatást fejtenek ki az állatok és az ember szervezetében. Hatással vannak az állatok termelésére, az emésztőenzimek aktivitására, a bélhám struktúrájára, a bél mikroba-összetételére és számos hormon, például az inzulin és glukagon szekréciójára.

Miután az állatok saját enzimjeikkel nem képesek bontani az NSP anyagokat, hasznosíthatóságuk a mikrobiális lebontásuk függvénye. A bakteriális fermentáció során rövid szénláncú illó zsírsavak képződnek, amelyek felszívódva az emésztőtraktusból energiaforrást jelentenek az állatok számára. Az NSP anyagok átlagosan 30%-os emészthetősége lényegesen gyengébb, mint a keményítőé és az egyszerű cukroké.

Az NSP anyagok jelenléte csökkenti a fehérjék, a zsírok és a keményítő emészthetőségét. Ez egyrészt azzal magyarázható, hogy a rostalkotók fizikailag akadályozzák az emésztőenzimek hozzáférését a sejt táplálóanyagaihoz. Az NSP anyagok növelik továbbá az emésztőenzimek és a bélhám kopásából adódó endogén veszteségek nagyságát. A nagy vízmegkötő képességgel rendelkező NSP anyagok az epesavak jelentős részét is megkötik, megakadályozva azok felszívódását és visszajutását a májba. Ezek az endogén veszteségek csökkentik a táplálóanyagok látszólagos emészthetőségét. Az NSP anyagok további emészthetőséget csökkentő hatása, hogy a kimusz nagyobb viszkozitásából adódóan felgyorsul a béltartalom továbbhaladási sebessége, az emésztőenzimeknek kevesebb idő áll rendelkezésre a bontáshoz, a lebomlott táplálóanyagoknak pedig a felszívódáshoz. A bélhám megnövekedett nyákanyag termelése úgyszintén negatívan hat a táplálóanyagok felszívódására.

A vízben oldódó NSP anyagok serkentik a mikrobiális tevékenységet, aminek az a következménye, hogy a kimuszban és a bélsárban megnő a mikrobiális eredetű fehérje és zsír mennyisége.

Az NSP anyagok hatását befolyásolják a takarmánygyártás során alkalmazott hőkezelési eljárások, az enzimek-kiegészítők, a bélben az emésztőenzim szekréció mértéke és mikrobiális fermentáció volumene. A monogasztrikus állatfajok közül a baromfi fajokban kifejezettebb az NSP anyagok jelenléte és a táplálóanyagok emészthetősége közötti negatív korreláció, mint sertésben.

Energiaszükségletük biztosítása érdekében a nagyobb NSP-tartalmú tápokból az állatok általában többet fogyasztanak. Ez természetesen azokra a fajtákra és hasznosítási típusokra vonatkozik, amelyek emésztőtraktusának kapacitása ezt lehetővé teszi. A tojótyúk esetében például a gyakorlatban is működik bizonyos keretek között ez a kompenzációs képesség, míg a broilerek a folyamatos takarmányfelvétel miatt kevésbé képesek többet fogyasztani a kisebb energiatartalmú tápokból.

Az NSP anyagok egy része, pl. a β -glükánok, oligoszacharidok prebiotikumként is hatnak. Kedvezően befolyásolják a bél mikroflóra összetételét a vastagbél szakaszokban, megakadályozzák a patogének bélhámhoz kötődését a vékonybélben.

16. Ellenőrző kérdések:

- Melyek a leglényegesebb antinutritív anyag csoportok?
- Milyen takarmányok esetében kell fokozottan figyelemmel kísérni antinutritív anyag tartalmukat?
- Milyen módon befolyásolják a gazdasági állatok termelését?
- Soroljon föl példákat az antinutritív anyagok inaktiválási lehetőségeire!

Chapter 3. A kérődzők takarmányainak értékelése

A kérődző állatok esetében a monogasztrikusokhoz hasonlóan külön energia- és fehérjeértékelési rendszerekről beszélhetünk, amelyek a metabolizálható (ME) vagy a nettó energián (NE), illetve a metabolizálható fehérjén (MF) alapulnak. Mindkét rendszer kidolgozása során fontos szempont volt a kérődző takarmányok táplálóanyag-tartalmának meghatározásán túl a táplálóanyagok hasznosulásának figyelembevétele is. A kérődző állatok esetében a bendő mikroflórája jelentősen módosíthatja a takarmánnyal felvett táplálóanyagokat, ami miatt az emészthetőség és hasznosíthatóság meghatározása, azok becslése lényegesen bonyolultabb és költségesebb, mint a sertésnél vagy a madárfajoknál. Ezzel magyarázható, hogy a kérődző állatok esetében számos in vitro módszert is kifejlesztettek a bendőben zajló fermentáció és a vékonybélszakaszokban történő emésztés modellezésére.

A különböző országok takarmányértékelési rendszerei nem minden vonatkozásban kompatibilisek, mivel figyelembe veszik az adott ország sajátosságait, a rendelkezésre álló tömegtakarmány bázist, a tenyésztett fajtákat és az azokra vonatkozóan rendelkezésre álló kutatási eredményeket.

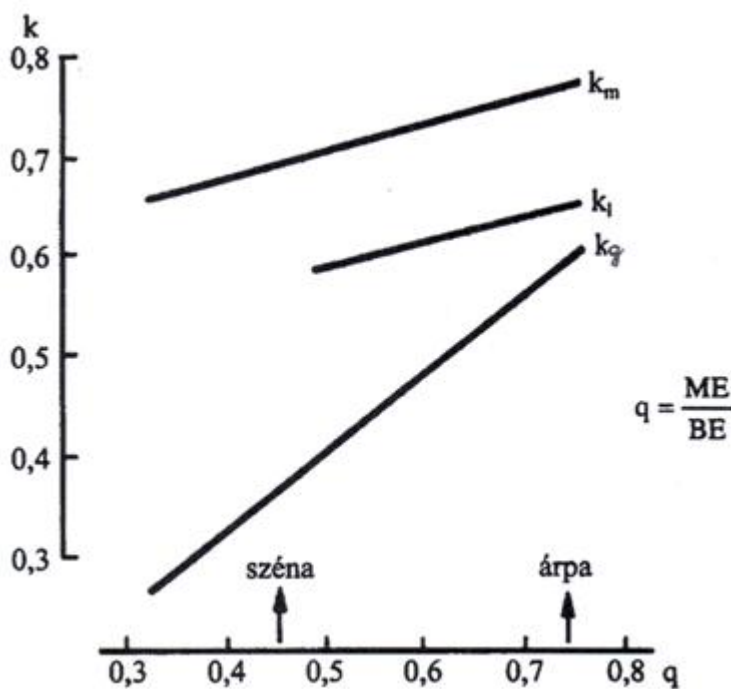
A következőkben ezért csupán a hazánkban érvényben lévő energia- és fehérjeértékelési rendszer bemutatására szorítkozunk.

1. A nettó energia rendszer

Az USA-hoz hasonlóan a 70-es és 80-as években az európai országokban is kísérletek kezdődtek egy, a keményítőértéknél korszerűbb, pontosabb nettó energiarendszer kidolgozására. E munka eredményeként az USA-ban a tejlő tehének számára kidolgozott nettó energiarendszer mellett Európában is több új, korszerű rendszer alakult ki, amelyek azonban a tejlő tehének esetében a legtöbb tekintetben azonos alapelveken nyugszanak. Valamennyi új, a tehének számára kifejlesztett energiaértékelési módszer tekintetbe veszi a következő élettani törvényszerűségeket:

A kérődző állatok attól függően, hogy milyen célra (életfenntartás, tejtermelés, vehemépítés, hús-, illetve zsírtermelés) használják fel a takarmány táplálóanyagait, igen eltérő hatékonysággal hasznosítják a takarmány metabolizálható energiátartalmát. A hasznosítás hatásfokát a transzformációs hányadossal (k) jellemezzük, amely a következő módon számítható ki: $k = NE/ME$

Az **1. ábrán** látható, hogy a kérődző állatok a takarmány metabolizálható energiáját életfenntartás céljára értékesítik a legkedvezőbb hatásfokkal (km). Ezután következik a tejtermelés transzformációs hatásfoka (kl), ami átlagosan 62%-osnak tekinthető. A kérődző állatok a takarmány metabolizálható energiáját a testtömeggyarapodás esetében tudják a leggyengébb hatásfokkal (kg) átalakítani nettó energiává.



1. ábra A takarmányadag metabolizálhatóságának hatása a metabolizálható energia értékesülésére (Schmidt, 2003)

A létfenntartás legkedvezőbb energia-transzformációja azzal magyarázható, hogy az életfenntartás energia szükségletét a bendőben képződő illózsírsavakból nagyrészt fedezik, az illózsírsavak energiáját pedig az állatok létfenntartásra jó hatékonysággal hasznosítják. Amikor az illózsírsavakból az állat ATP-t képez, az egyes zsírsavak értékesülésének hatásfoka között sincs akkora eltérés, mint a különböző termékképzések (zsír, fehérje) esetében. A gyakorlati takarmányozásban a takarmányok metabolizálható energiája életfenntartás céljára mintegy 70-75%-os hatékonysággal értékesül.

A tejtermelés esetén az nehezíti a transzformáció hatásfokának pontos megállapítását, hogy tekintettel kell lenni a tehenek testsúlyának változására is. A laktáció kezdetén, amikor az állatok szárazanyag-fogyasztása a tejtermelésnél kisebb ütemben növekszik és ennek következtében nem tudjuk a tehenek energiaszükségletét maradéktalanul fedezni, az állatok kénytelenek saját testállományuk - elsősorban zsirtartalékuk - elbontása útján a tejtermeléshez szükséges energiát előteremteni. A laktáció későbbi szakaszában ezzel ellentétes folyamat játszódik le. Az állatok ugyanis folyamatosan pótolják a laktáció elején elveszített tartalékaikat. Ekkor a tehenek súlygyarapodás formájában beépített energiáját kell figyelembe venni az energiahasznosulás számításakor.

Amikor a lebontott szövetek energiáját használják a tehenek a tejtermeléshez, igen kedvező - 82%-os - az energiahasznosítás hatékonysága. Abban az esetben, ha súlygyarapodás céljára használják fel a takarmány metabolizálható energiáját, a hatékonyság kisebb, csupán 60%-os. Amennyiben az energiamérleget az említett hatásokkal korrigáljuk, eredményül azt kapjuk, hogy a tehen tejtermelés céljára 62-63%-os hatékonysággal hasznosítja a takarmány metabolizálható energiáját.

Amikor az állatok súlygyarapodáshoz használják a takarmány energiáját, nehezebb az értékesülés hatásfokát pontosan megállapítani, mivel arra hatással van az állatok kora, fajtája és a testtömeggyarapodás összetétele egyaránt. A fehérje és a zsír beépülésekor azok metabolizálható energia értékesülésének hatásfoka lényegesen különbözik. Amíg ugyanis a zsírbeépítésnél 60-70%-os a metabolizálható energia értékesülésének hatásfoka, addig fehérjeszintézis esetében csak 40-50%-os hatékonysággal számolhatunk.

A kifejlett állatok súlygyarapodásában az energiabeépülés nagyobb hányadát a zsír energiája adja. Ennek megfelelően a kifejlett állatok súlygyarapodás céljára hatékonyabban értékesítik a takarmányok metabolizálható energiátartalmát. A növendékmарhák esetében viszont, amelyeknél a súlygyarapodás energiátartalmának akár 30%-a is származhat fehérjéből, csak mérsékelt energia transzformációval számolhatunk.

Az elmúlt évtizedekben elvégzett nagyszámú respirációs és biokalorimetriás kísérlet azt is igazolta, hogy a metabolizálható energia hasznosulásának hatásfokát nemcsak az befolyásolja, hogy milyen célra fordítja az állat

az energiát, hanem az is, hogy milyen az etetett takarmány vagy takarmányadag metabolizálhatósága (q). A metabolizálhatóság azt fejezi ki, hogy a takarmány metabolizálható energiája mekkora részét teszi ki a bruttó energiának ($q=ME/BE$).

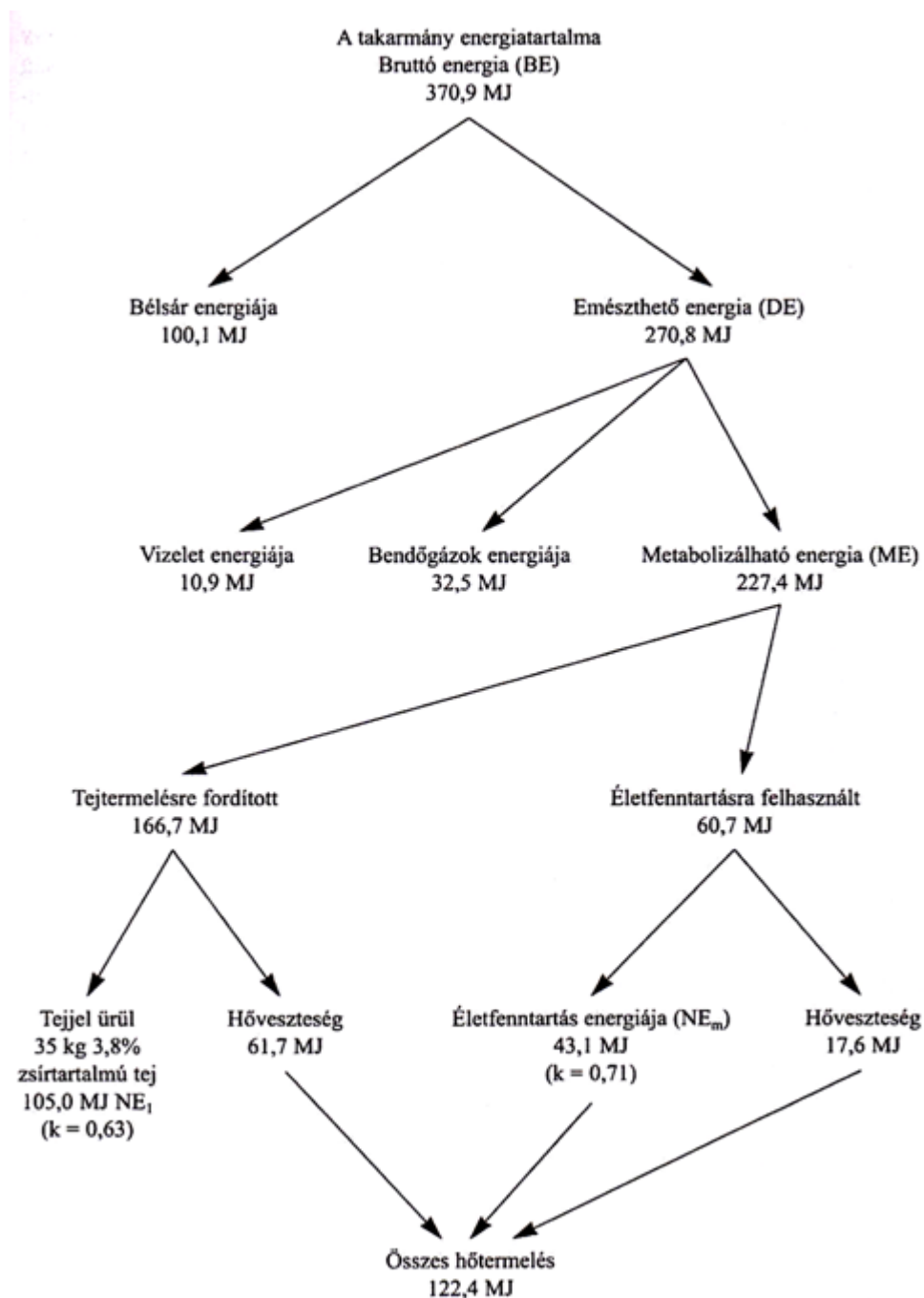
Az **1. ábrán** az is látható, hogy a kérődzők takarmányadagjának összetétele, döntően a takarmányadag rost és abrak aránya eltérő módon befolyásolja az ME transzformációját. Amíg a létfenntartás és a tejtermelés esetében az egyenesek enyhén emelkednek a takarmányadag metabolizáltságának növekedésével, addig a testtömeggyarapodás határfokára lényegesen nagyobb hatása van a takarmányadag összetételének. A hízó növendék állatok abrakdús takarmányozásakor lényegesen kevesebb hőveszteséggel kell számolnunk az energiaátalakításokor.

Az elvégzett kísérletek eredményei azt igazolják, hogy metabolizálhatóság és a metabolizálható energia transzformációs hatásfoka között pozitív korreláció áll fenn, azaz a metabolizálhatóság növekedésével javul a metabolizálható energia hasznosulásának hatékonysága. A metabolizálhatóság csökkenésekor vagy növekedésekor változik a bendőfermentáció jellege, ami a bendőben keletkező illózsírsavak mennyiségének, egymáshoz viszonyított arányának megváltozásával jár.

A kifejtettek egyértelműen igazolják, hogy a metabolizálható energia transzformációját lényegesen befolyásolja, hogy azt az állatok milyen célra fordítják. A takarmányadag összetétele pedig eltérő módon befolyásolja a különböző termék-előállítások során képződő hőveszteség nagyságát. Mindebből az a következtetés vonható le, hogy a kérődző állatok esetében a takarmányok energia-tartalmát és az állatok szükségletét nettó energiában fejezzük ki.

A metabolizálható energia hasznosítását a metabolizálhatóság mellett az etetett takarmány mennyisége, a takarmányozás intenzitása is befolyásolja. A takarmányozás intenzitása azt fejezi ki, hogy az etetett takarmányadag metabolizálható energiája hányszorosa az életfenntartás céljára felhasznált metabolizálható energiának. A takarmányozás intenzitásának növekedése csökkenti az energetikai hasznosítás hatékonyságát. A takarmányozás intenzitásának növekedése általában azzal jár, hogy a takarmányadagban növekszik az abraktakarmányok részaránya, ami miatt csökken a takarmány bendőben tartózkodásának az ideje, ebből adódóan pedig a táplálóanyagok, elsősorban a nyersrost emészthetősége. Az intenzitás egy egységgel történő növekedésekor a szarvasmarhák esetében átlagosan 4%-kal csökken a szerves anyag látszólagos emészthetősége, ami természetesen csökkenti a takarmány metabolizálható energiátartalmát is.

A **2. ábrán** egy 650 kg testtömegű, 35 liter 3,8% zsírtartalmú tejet termelő tehén energiaforgalma látható, amely nem vemhes és testtömege sem változik a kísérlet alatt. Látható, hogy a takarmánnyal felvett bruttó energiának, a különböző veszteségek levonását követően csupán 28,3%-a jelenik meg a tejben. Ha azonban figyelembe vesszük az életfenntartás céljára fordítandó energia mennyiségét is, akkor a takarmány bruttó energiátartalmának már 39,9%-vehető figyelembe életfenntartásra és tejtermelésre.



2. ábra 650 kg testtömegű, 35kg 3,8%-os zsírtartalmú tejet termelő tehén energiaforgalma (Schmidt és mtsai., 2000)

2. Metabolizálható fehérje

1999 januárjában, hazánkban új értékelési rendszer került bevezetésre a kérődzőkkel etetett takarmányok fehérjeértékének megállapítására. Az új fehérjeértékelési rendszer kidolgozásának az volt a célja, hogy hazánkban is olyan módszerrel történjen a takarmányok fehérjeértékének megállapítása, amely tekintettel van a kérődzők fehérje anyagcserejéről szerzett újabb ismeretekre, amely a főbb alapelvek tekintetében konform a világ fejlett állattenyésztéssel rendelkező országaiban használatos fehérjeértékelési módszerekkel, továbbá amely mindezek mellett még a gyakorlati takarmányozás körülményei között is egyszerűen alkalmazható.

Az új rendszer neve: metabolizálható fehérje (MF) rendszer. Metabolizálható fehérjén azt a vékonybélből felszívódó aminosav mennyiséget értjük, amely az állatok életfenntartásához, termeléséhez, valamint a

vehemépítéshez szükséges aminosavigény fedezésére szolgál, és amely aminosav mennyiség eredetét tekintve kettős, nevezetesen egy része a bendőn lebontás nélkül áthaladó fehérjéből (undegradable protein, UDP), másrészt a bendőben lebomló takarmányfehérjéből (rumen degradable protein, RDP) szintetizálódó mikrobafehérjéből származik.

Az új rendszerben mind a takarmányok fehérjeértékét, mind az állatok fehérje szükségletét metabolizálható fehérjében fejezzük ki. A takarmányok metabolizálható fehérjetartalmának meghatározásához ismerni kell a bendőben lebontatlan fehérje (UDP) mennyiségét és emészthetőségét, valamint az adott takarmányból képződő mikrobiális nyersfehérje mennyiségét, annak valódi fehérjetartalmát és emészthetőségét. A mikrobiális fehérjetermelést alapvetően két tényező határozza meg, egyrészt a mikrobák részére rendelkezésre álló energia (fermentable organic matter, FOM) másrészt és a bendőben lebontható fehérje (RDP) mennyisége. Mivel az egyes takarmányok jelentősen különböznek FOM és RDP tartalmukat tekintve, a mikrobiális fehérje mennyisége egy értékkel nem jellemezhető.

A hazai metabolizálható fehérje értékelési rendszerben a különböző takarmányok-ból potenciálisan termelődő mikrobiális fehérje mennyiségét külön-külön számítjuk az energiatartalom, illetve a rendelkezésre álló lebontható fehérje mennyisége alapján.

Energiafüggő metabolizálható fehérje (MFE) = a takarmány bendőben lebontatlan emészthető fehérjetartalma + a mikrobák energiaellátása alapján várható emészthető valódi mikrobiális fehérje

Nitrogénfüggő metabolizálható fehérje (MFN) = a takarmány bendőben lebontatlan emészthető fehérjetartalma + a mikrobák lebontható fehérje ellátása alapján várható emészthető valódi mikrobafehérje

3. Emészthető lebontatlan takarmányfehérje

A hazai rendszerben a takarmányfehérje lebontását 8%-os bendőből való kiáramlási sebességre vonatkoztatjuk, ami a nagy tejtermelésű tehenekre jellemző. Ez egyúttal azt is jelenti, hogy a fenti értékkel a kevésbé intenzíven takarmányozott kérődzők esetén (növendékmarhák és bárányok, anyajuhok, húshasznú tehenek) a takarmányfehérje bendőemésztést elkerülő hányadát és az MFE értéket kissé túlértékeljük, a bendőben lebontható fehérje mennyiségét és ezzel az MFN értéket pedig kismértékben alábecsüljük.

A takarmány fehérjeértékét akkor lehetne pontosabban kifejezni, ha a mérsékelt intenzitással takarmányozott kérődzők esetében, a 2 és az 5%-os bendőből történő kiáramlási sebességre vonatkoztatott lebontatlan takarmányfehérje mennyiségéből újabb négy fehérjeértéket számítanánk. Ez azonban nagymértékben megbonyolítaná a rendszer gyakorlati alkalmazhatóságát.

Addig, amíg az UDP emészthetőségének mérésére nem áll megfelelő in vivo módszer rendelkezésre, a hazai fehérjeértékelési rendszerben a savdetergens rost fehérjetartalma (ADIN_{x6,25}) alapján állapítjuk meg a bypass fehérje vékonybél emészthetőségét. A savdetergens rost nitrogéntartalmának (ADIN) mérése a hőkárosodott fehérjék mennyiségéről is tájékoztatást nyújt. A **9. táblázat** néhány takarmány bendőben lebomló fehérjehányadát, a savdetergens rost fehérjehányadát és a bypass fehérje emészthetőségét mutatja be. Az adatokból látható, hogy a nagyobb ADIN értékekhez valóban kisebb emészthetőségi együtthatók tartoznak, de ez a negatív korreláció nem minden esetben egyértelmű.

	Fehérje lebonthatóság a bendőben (%)	ADINx6,25 a ny.f. %-ában	UDP emészthetőség (%)
Zöld lucerna (fiatal)	71	6,3	70,4
Lucerna széna (közepes)	68	8,0	67,5
Fűszilázs (közepes)	71	13,0	49,7
Kukorica szilázs (viaszérés)	71	8,4	63,9
kukorica	43	6,4	79,9
Búza	68	3,4	80,4
Cirok	30	25,0	57,9
Extr. napraforgó (közepes)	73	3,2	79,3
Extr. szója (közepes)	59	3,0	83,4
Halliszt	24	2,1	87,5
Sörtörköly	54	15,0	60,7
Búzaszalma	60	23,0	38,3

9. táblázat Különböző kérődző takarmányok fehérjéjének bendőbeli lebonthatósága, savdetergens rostjának fehérjehányada és a by-pass fehérje emészthetősége (Schmidt és mtsai., 2000)

4. Emészthető valódi mikrobiális fehérje

A hazai fehérjeértékelési rendszerben a mikrobák energiaellátását a takarmányokban rendelkezésre álló fermentálható szerves anyag (FOM) mennyiségével fejezzük ki. Ezt úgy számítjuk, hogy az emészthető szerves anyagot (digestible organic matter, DOM) csökkentjük az emészthető zsír, a bypass fehérje és a bypass keményítő mennyiségével, valamint a szilázsok esetében még a fermentációs termékekkel (tejsav, ecetsav, vajsav stb.) is.

FOM = DOM - (em. nyerszsír + bypass nyersfehérje + bypass keményítő + fermentációs termékek)

A fermentációs termékek mennyiségének előrejelzésére a silózott takarmányok szárazanyag-tartalma alapján egyenletek kerültek kidolgozásra nagyszámú silózott takarmány vizsgálata alapján (Schmidt és mtsai, 1998).

A gabonamagvak nagy részének keményítőtartalma csaknem teljes mértékben lebomlik a bendőben és energiaforrássul szolgál a bendőmikrobáknak. A kukorica, a cirok, a köles és a rizs esetében azonban a keményítő egy része elkerüli a bendőemésztést (bypass keményítő) és az emésztőtraktus további szakaszában hasznosul. A 10. táblázat a fontosabb gabonafélék fehérjementes szárazanyagának bendőbeli lebontását mutatja. A táblázat adataiból látható, hogy kukorica és a cirok esetében a legkisebb a lebontott mennyiség. Az erjesztett kukorica keményítőjének nagy része ugyanakkor a bendőben bomlik le. Silózott kukoricánál ezért nem számolunk bypass keményítő hányaddal.

Gabona	Gyorsan lebomló hányad	Lassan lebomló hányad	A lassan lebomló hányad bontási sebessége óránként	8 óra alatt lebomlott
Arpa	28	61	24	82
Búza	35	58	25	87
Rozs	31	61	41	91
Zab	45	31	14	67
Kukorica, szárított	29	65	7,7	60
Kukorica silózott	83	15	5,3	88
CCM	72	20	2,6	75
Csözüzalék	60	30	3,7	67
Cirok	17	81	3,4	37

10. táblázat. Gabonamagvak fehérjementes szárazanyagának lebomlása a bendőben (Schmidt és mtsai., 2000)

A hazánkban érvényben lévő rendszerben 1 kg FOM 160 g mikrobiális nyersfehérje termeléséhez nyújt energiát. A mikrobiális fehérjetermelésre vonatkozó vizsgálatok azt jelzik, hogy egységnyi FOM-ra jutó mikrobiális nyersfehérje termelést a takarmányozás intenzitása is befolyásolja. Nagyobb takarmányozási szinten a mikrobiális fehérjetermelés hatékonyabb (NRC 1985, AFRC 1992), ami alapján a nagy tejtermelésű tehenek egységnyi FOM-ból több mikrobiális nyersfehérjét képesek előállítani. Ezt részben ellensúlyozza, hogy magas termelési szinten a takarmányok emészthetőségének csökkenése a takarmányok FOM tartalmát is érinti.

Az energiaellátás mellett, a bendőmikrobák lebontható fehérje, illetve N-ellátása is befolyásolja a mikrobiális nyersfehérje termelést. A lebontható fehérje mikrobafehérjévé történő átalakulása nem 100%-os hatásfokkal történik. A hasznosulás hatékonysága a N-ellátástól is függ. Szüksős N-ellátás mellett kedvezőbb, bőséges RDP ellátás esetén csökken a hatékonyság. A hazai rendszerben az RDP mikrobiális nyersfehérjévé történő átalakításakor 90%-os, a karbamid és egyéb nem takarmány NPN anyagoknál 80%-os hasznosulással számolunk. Ennek egyik oka, hogy az NPN anyagokból gyorsan szabadul fel az ammónia és hirtelen nagyobb mennyiségű ammónia áll a mikrobák rendelkezésére, másrészt hogy az NPN anyagok nem tartalmaznak aminosavakat, amelyek gyorsabban képesek mikrobiális fehérjévé alakulni.

A mikrobiális fehérje egy része nukleinsav, melyet a kérődzők nem fehérjeforrásként hasznosítanak. Emiatt a mikrobiális nyersfehérje valódi fehérjetartalma 80%. A mikrobiális valódi fehérje emészthetősége ugyancsak 80%. E két tényező alapján a mikrobiális nyersfehérjéből a felszívódó aminosavak részaránya: $(0,8 \times 0,8) = 0,64$.

A fentiek alapján az emészthető mikrobiális valódi fehérje (microbial digestible protein, MDP) mennyisége a mikrobák energiaellátása alapján, az alábbi módon állapítható meg:

$$\text{MDP, g} = 160 \text{ FOM} \times 0,8 \times 0,8,$$

ahol: FOM = fermentálható szerves anyag (kg).

A mikrobák N ellátása alapján a következőképpen számítható ki az emészthető mikrobiális fehérje mennyisége:

$$\text{takarmányok esetén: MDP, g} = 0,9 \text{ RDP} \times 0,8 \times 0,8,$$

$$\text{NPN anyagok esetén: MDP, g} = 0,8 \text{ RDP} \times 0,8 \times 0,8,$$

ahol: RDP = bendőben lebomló takarmányfehérje (g).

Az emészthető lebontatlan takarmányfehérje és az emészthető valódi mikrobiális fehérje alapján a takarmányok metabolizálható fehérjeértékét az alábbi két összefüggéssel számítjuk ki:

$$\text{Energiafüggő metabolizálható fehérje (MFE)} = 0,9 (\text{UDP-ADIN} \times 6,25) + 160 \text{ FOM} \times 0,8 \times 0,8$$

$$\text{N-függő metabolizálható fehérje (MFN)} = 0,9 (\text{UDP-ADIN} \times 6,25) + 0,9 \text{ RDP} \times 0,8 \times 0,8$$

ahol: FOM (kg); a többi érték (g).

5. Takarmányadagok metabolizálható fehérjeértékének számítása, fehérjemérleg

A takarmányadagok összeállítása során az etetett takarmány szárazanyag-tartalmát megszorozva a takarmányok energiafüggő (MFE), illetve a N-függő (MFN) metabolizálható fehérje tartalmával megkapjuk a takarmányonként biztosított MFE és MFN mennyiségeket. Ezeket összegezve számíthatjuk ki a kétféle metabolizálható energia teljes adagra vonatkozó mennyiségét. A takarmányadag metabolizálható fehérjeértékét a kisebb összeg mutatja.

A N-függő metabolizálható fehérje (MFN) mennyiségéből kivonva az energiafüggő metabolizálható fehérje (MFE) mennyiségét, a bendőbeli fehérjemérleget kapjuk meg. Ez arról tájékoztat, hogy milyen a bendőmikrobák N-ellátása az energiaellátásukhoz viszonyítva. A pozitív fehérjemérleg azt jelzi, hogy a bendőmikrobák részére, a mikrobiális fehérjeszintézishez több lebontható fehérje áll rendelkezésre, mint energia. A negatív fehérjemérleg viszont a bendőmikrobák N hiányára utal. A fehérjemérleg jól tájékoztat a karbamid és egyéb NPN anyagok felhasználhatóságáról a gyakorlati takarmányozásban. Amikor a fehérjemérleg negatív, illetve a metabolizálható fehérjeszükséglet kielégítését az MFN (N-függő metabolizálható fehérje) mennyisége korlátozza a takarmányadagban, az NPN anyagok jól alkalmazhatók a bendőmikrobák N-hiányának

pótlására. Amikor a takarmányadagban a metabolizálható fehérje mennyiségét az MFE értéke mutatja és az MFN mennyisége ennél nagyobb (pozitív fehérjemérleg), használatuk indokolatlan, sőt káros lehet.

Kísérleti eredmények és gyakorlati tapasztalatok szerint a fehérjemérleg és a szárazanyag-felvétel között pozitív kapcsolat van: a takarmányfelvétel nő, amikor a fehérjemérleg negatívból pozitív irányba változik. Másrészt negatív fehérjemérlegnél a bendőmikrobák N-hiányát a hepato-ruminális körforgással, a bendőbe nyállal visszajutó karbamid részben vagy teljes mértékben fedezheti. A fenti két tényező miatt, a fehérjemérleget eltérően ítéljük meg a különböző hasznosítású és termelésű kérődzőknél.

6. Ellenőrző kérdések:

- Miért van szükség a kérődző állatok esetében a nettó energia használatára?
- Milyen tényezők befolyásolják kérődző állatokban a metabolizálható energia hasznosulását?
- Ismertesse az emészthető bypass fehérje meghatározásának elvét!
- Ismertesse az emészthető valódi mikrobiális fehérje számítását!

Chapter 4. A sertés takarmányainak értékelése

A gyakorlati sertésenyésztésben egyre inkább előtérbe kerülnek a precíz, adott sertéscsoportra vonatkozó takarmányozási eljárások. Ebben a fejezetben a takarmány alapanyagok értékelésének alábbi fontosnak ítélt aspektusát tárgyaljuk:

1. Lényeges különbségek vannak ugyanazon takarmány különböző mintáinak takarmányértékében. Az energiatartalom becslése érdekében végzett széleskörű analitikai vizsgálatok és a becslő egyenletek eredményei azonban nem minden esetben eléggé pontosak. Ugyancsak óvatosan kell kezelni azokat az összefüggéseket, amelyek segítségével a takarmányok fehérjetartalmából azok aminosav összetételét tudjuk becsülni. Ez különösen igaz a gabona és olajos magvakra, amelyek esetében a különböző fajták fehérje- és aminosav összetételében lényeges különbségek lehetnek.

2. A takarmányipar napjainkban egyre többféle takarmánykezelési eljárást alkalmaz. A mechanikai és hidrotermikus eljárások jelentősen befolyásolhatják az alapanyagok takarmányértékét. Minderre nem csak a kész tápok, hanem alapanyagok esetében is tekintettel kell lenni.

3. A takarmánygyártás során a receptúrakészítés egyik alapvető feltétele az alapanyagok táplálóanyagainak additivitása. Bizonyított ugyanakkor, hogy a látszólagos ileális aminosav emészthetőségi értékek nem additív módon vehetők figyelembe, amikor magas és alacsony fehérjetartalmú takarmányokat keverünk össze. Ezért az aminosavak esetében azok tényleges emészthetőségét célszerű használni, amelyet úgy kapunk, hogy a látszólagos emésztési együtthatókat korrigálják az endogén aminosav veszteségekkel. Az energia vonatkozásában azoknak a tápoknak, amelyeknek magas a zsír vagy a nem-keményítő szénhidrát (NSP) tartalma szintén nem becsülhető pontosan az energiatartalmuk az alapanyagok energiatartalmából.

4. A sertés utóbelében számottevő mikrobiális fermentáció folyik. Ez minden bizonnyal hatással van a keményítő hasznosítására és az aminosavak emészthetőségére.

5. Azok az alapanyagok, amelyeknek nagy a nem-keményítő szénhidrát és antinutritív anyag tartalma növelik a zsigeri szervek energiafelhasználását. Mindez csökkenti az izomszövetek növekedéséhez rendelkezésre álló tápanyagok mennyiségét.

6. A táplálóanyagok emészthetőségére nagy hatással van az állatok tömege és élettani állapota (növendék, vemhes, szoptató). Mindegyik speciális állapotokra vonatkozóan különböző táplálóanyag értékeket lenne célszerű használni.

A gyakorlati sertésenyésztésben egyre több olyan takarmányozási technológia terjedt el, amelyek során a hagyományostól eltérő fázisokat, ivaronkénti elkülönített takarmányozást alkalmaznak, különböző, speciális termék-előállítás, a környezet minimális szennyezését és a maximális jövedelmezőséget célozzák meg. A sertéstakarmányozásban az alapanyagok egyre szélesebb körét alkalmazzák. Emiatt egyre fontosabb, hogy pontosan megismerjük az alapanyagok takarmányértékét, és a tápokkal minél nagyobb biztonsággal fedezzük az állatok táplálóanyag-szükségletét.

Emellett egyre szélesebb körben kerülnek felhasználásra a különböző takarmány-kiegészítők (ízesítő anyagok, savasítók, antioxidánsok, enzimek, hozamfokozók, prebiotikumok, probiotikumok) amelyek javítják a táplálóanyag hasznosulását.

Az utóbbi évtizedben számos lényeges előrelépés történt a takarmányok energia- és aminosav-tartalmának értékelése terén is. Az alapanyagok széles körére vonatkozóan meghatározásra került pl. azok nettó energia és tényleges ileális emészthető aminosav tartalma. Ezeket a rendszereket egyre szélesebb körben használják a sertéshízlásban, különösen azokban az országokban, ahol nagyobb arányú a különböző mezőgazdasági és ipari melléktermékek felhasználása.

Ezen túlmenően számos, az állatok termelését modellező matematikai programot fejlesztettek ki, amelyek segítségével az egyes sertéscsoportok takarmányozása még hatékonyabban lehetséges. A következőkben néhány olyan területről esik szó, amelyek a gyakorlati takarmánygyártásban fontos szerepet játszhatnak.

1. A takarmány alapanyagok táplálóértékének különbözősége

Ugyanazon takarmány esetében sem létezik két teljesen egyforma összetételű minta. A növényi eredetű takarmányok, mint például a gabonák vagy a pillangós magvak táplálóanyag-tartamában lévő különbségek a talaj típusából, az éghajlati különbségekből, a műtrágyázásból adódhatnak. Az állati eredetű takarmányok, mint a halliszt és húsliszt összetétele szintén nagy változatosságot mutathat, amelyet a kiindulási anyag fajtája és a feldolgozás módszere befolyásol. Mindezek az alapanyagok takarmányértékének jelentős szórását eredményezik.

A gyakorlati takarmánygyártás során nem lehetséges a különböző helyekről származó összes takarmány minta teljes körű in vivo értékelése. Sajnos az in vitro és a NIR (near infrared reflectance analyses) technikák is időigényesek és nem minden tekintetben elég pontosak. A takarmányok táplálóanyag-tartalmára vonatkozó információkat a szakemberek leggyakrabban takarmányozási táblázatokból, a saját vizsgálatok alapján összeállított adatbázisokból, illetve ezek kombinációjából nyerik. A táblázatok értékei átlagos értékeknek tekinthetők és nem biztos, hogy igazak az adott mintára vonatkozóan. A nagyobb pontosság elérése érdekében olyan módszerek kifejlesztése szükséges, amelyek segítségével az ismert paraméterekből becsülni lehet az ismeretleneket. Bizonyos mértékben ennek az elvárásnak megfelelnek azok a takarmányozási táblázatok, amelyek ugyanabból a takarmány alapanyagból több fajta táplálóanyag-tartalmát is közlik (pl. a takarmány és a malmi búza, a különböző árpa és repcefajták, halliszt, extrahált szója kategóriák stb.)

További megoldást jelenthet, a takarmányanalitikai módszerek pontosítása, a mért paraméterek körének bővítése. A takarmányok összetétele több szempontból kölcsönhatásban van egymással. Azok a húslisztek például, amelyeknek alacsony a csont- és a zsírtartalma és több bennük a hús, nagyobb fehérjetartalommal rendelkeznek, aminosav összetételük és fehérjeminőségük is kedvezőbb. Ezeket a kölcsönhatásokat úgyszintén figyelembe kell venni a táplálóanyag-tartalmak becslése során. Az alapanyagok emészthető és metabolizálható energiatartalmának becslésére különböző takarmányanalitikai kategóriákat tartalmazó regressziós egyenletek állnak rendelkezésre. Meg kell azonban jegyezni, hogy ezek az energiabecslő egyenletek, sem képesek minden esetben a változó összetételű takarmány alapanyag energiatartalmának pontos becslésére.

Általában szoros összefüggés áll fenn valamely takarmány alapanyag fehérje- és aminosav összetétele között. Ebből adódóan a fehérjetartalom ismeretében az adott takarmány aminosav összetétele becsülhető. Ezeket az összefüggéseket is óvatosan kell azonban kezelni, miután több gabonamag pl. az árpa esetében negatív korrelációt tapasztaltak a magvak fehérje és lizin-tartalma között. Ennek oka, hogy a mag fehérjetartalmának növekedése elsősorban az endospermium fehérjéjét növeli és relatíve kevésbé az aleuron rétegben található, több lizint és esszenciális aminosavat tartalmazó fehérjét. A fenti negatív összefüggés akkor jellemző, ha a mag nitrogéntartalma a műtrágyázás vagy egyéb környezeti tényezők hatására emelkedett.

A különböző fajták nitrogéntartalmában lévő különbségek általában nem járnak együtt az aminosav összetétel módosulásával, bár vannak extrém példák, mint pl. a magas lizin-koncentrációval rendelkező Riso árpa és Opaque-2 kukorica. A becslések pontosságát a szemtermés összetételére vonatkozóan akkor lehet hatékonyabbá tenni, ha figyelembe vesszük az adott növény fajtáját, a talajtípust, az éghajlatot, a műtrágyázást és terméshozamot.

2. Különböző takarmánykezelési eljárások hatása az alapanyagok takarmányértékére

Az egyes alapanyagokat általában csak a nevük alapján azonosítjuk, figyelembe kívül hagyva azt, hogy a takarmánygyártás előtt átestek-e valamilyen mechanikai vagy hidrotermikus kezelésen. A modern takarmányipar a takarmánykezelési módszerek széles körét alkalmazza. Ezek közé tartozhat például a darálás, a pelyhesítés, a mikronizálás, extrudálás, expandálás, granulálás és a granulálást megelőző kondicionálás. A mechanikai és a termikus kezelések hatására a takarmányoknak a fizikai és kémiai tulajdonságai egyaránt megváltoznak, megváltozik a struktúrájuk és ezt követően már nem tekinthetők a kiindulási alapanyagoknak. A mechanikai hatások, pl. az őrlés és darálás megnövelik a takarmány felszínét, javítva ezzel az enzimek hozzáférési lehetőségét. A hőhatás a takarmányok fizikai és kémiai tulajdonságait egyaránt megváltoztatja. A 60 °C-ot meghaladó hőkezelés hatására a keményítő eredeti struktúrája megváltozik, a keményítő zselatinizálódik. A zselatinizáció során rövidebb szénhidrát egységek keletkeznek, aminek következtében a keményítő emészthetősége javul.

A növényi sejtfalalkotókat az állatok enzimeji nem tudják bontani. A hőkezelés hatása a sejtfalalkotókra lényegesen komplexebb, amely pozitív és negatív is lehet. Egyrészt a sejtfal lebontása, a sejttartalom hozzáférhetőbbé teszi az emésztőenzimek számára. Másrészt megnő az oldható sejtfal szénhidrátok (béta-glükán és arabinoxylan) mennyisége. Ezek a rostalkotók növelik a béltartalom viszkozitását és csökkentik a takarmány-összetevők, például a fehérjék és zsírok emészthetőségét. Ez a hatás elsősorban a baromfifajoknál jelentős, de a fiatal malacok esetében szintén fontos lehet. A hőkezelés rostfrakciókra gyakorolt hatása takarmányonként eltérő mértékű és a hidrotermikus eljárás formájától is függ. Az említett negatív hatást legalább részben ellensúlyozhatja, ha a takarmányhoz az említett rostalkotókat lebontó enzimeket adagolunk.

A gyakorlati takarmányozásban az alapanyagokat legtöbb esetben azonban csupán hagyományos módon darálják, ill. őrlik. A takarmányozási laboratóriumban a méréseket megelőzően a mintákat finomra daráljuk, majd ebből a mintából történik az analitikai vizsgálatok elvégzése. A túl finomra darált minta nem minden esetben tükrözi a gyakorlatban felhasznált szemcseméretet, ami táplálóanyagokként változó mértékű pontatlanságokhoz vezethet. A takarmányértékelés pontosítása érdekében ezért célszerű lenne az alapanyagoknál a tápgyártást megelőző takarmánykezelések hatását is figyelembe venni. Ennek keretében célszerű lenne becsülni a viszkozitást, az egyéb antinutritív anyagok mennyiségét és a táplálóanyagok emészthetőségére gyakorolt hatását.

Az enzim-kiegészítések hatásának figyelembevétele az alapanyagok táplálóanyag-tartalmának meghatározásakor úgyszintén elengedhetetlen.

3. Az alapanyagok kölcsönhatása a tápanyagok emészthetőségére és hasznosíthatóságára

A receptúra készítés egyik fontos előfeltétele, hogy az alapanyagok táplálóértéke additív módon összegződik. Az esetek többségében ez a feltétel valóban fennáll, bizonyos esetekben azonban ez nem teljes egészében igaz. Az additivitás hiánya többnyire a különböző alapanyagok kölcsönhatásának eredményeképpen, ezen alapanyagok tápanyagok emészthetőségére és hasznosíthatóságára gyakorolt hatására vezethető vissza. Ha a tápokban magas a zsír és a nem-keményítő szénhidrát (NSP) tartalom, akkor az ileális és fekális emésztési együtthatók több táplálóanyag esetében nem becsülhetők pontosan. Különösen a magas NSP-felvétel esetén növekszik a bélsár nyersfehérje-tartalma, miközben a vizelet nitrogéntartalma csökken. Ez utóbbi az utóbél intenzívebb mikrobiális fermentációjával és a nitrogén mikrobiális fehérjévé majd bélsár fehérjévé történő átalakításával magyarázható. Abban az esetben azonban, amikor a könnyen fermentálható NSP-ben gazdag szójahéj mellett nagy mennyiségű zsírt is tartalmaz a táp, az előzőekben említett hatás már nem jelentkezik. A zsírok jelenléte az emésztőtraktusban valószínűleg befolyásolja az NSP-k béltartalom viszkozitását és a mikrobiális fermentációt befolyásoló hatását. Meg kell ugyanakkor jelezni, hogy ez a kölcsönhatás csupán magas zsír- és NSP szinteken jellemző. A zsír típusa úgyszintén befolyásolja az említett kölcsönhatást, olajok esetében kisebb, mint az állati zsíroknál.

A takarmányhoz adagolt enzimek hatása hasonló módon működik. Igaz, hogy az enzimek speciális anyagokat bontanak (fitin-foszfór, NSP), befolyásolják ugyanakkor a többi táplálóanyag, pl. az aminosavak és a keményítő emészthetőségét is. A takarmányhoz adagolt fitáz enzimről például bizonyított, hogy nemcsak a fitin-foszfór emészthetőségét javítja, hanem az aminosavak felszívódását is hatékonyabbá teszi.

Az aminosavak esetében nem additív az aminosavak látszólagos emészthetősége, ha alacsony és magas fehérjetartalmú komponenseket keverünk össze (**11. táblázat**). Ez azzal magyarázható, hogy a takarmány aminosav tartalma és a látszólagos aminosav emészthetőség közötti összefüggés az endogén veszteségek változó részaránya miatt nem lineáris. A látszólagos aminosav emészthetőség endogén aminosav ürítéssel való korrekcióját követően ez a hatás csökkenthető. Az így számított tényleges aminosav emészthetőségi értékek sokkal inkább additívak, mint a látszólagosak. Sajnos az endogén aminosav ürítés mérésére használt módszerek eredményei nem minden tekintetben összevethetőek. Ezért elsősorban a metodikákban és az analitikai módszerekben lévő eltérések, továbbá a kísérleti állatokkal kapcsolatos különbözőségek felelősek.

	árpa	repcedara	árpa-repcedara keverék	
			mért	számított
látszólagos emészthetőség (%)				
lizin	53,7	62,6	63,6	59,0
treonin	63,7	62,4	67,7	62,9
izoleucin	65,3	73,2	78,6	70,6
valin	67,6	69,5	72,1	65,7
tényleges emészthetőség (%)				
lizin	87,1	84,6	85,8	85,8
treonin	97,0	97,8	96,6	97,5
izoleucin	95,1	99,7	100,2	97,4
valin	89,1	97,4	96,4	93,1

11. táblázat Különböző fehérjetartalmú takarmányok mért és becsült aminosav emészthetősége sertésben (Nyachoti és mtsai., 1997)

A különböző táblázatokból hozzáférhető az alapanyagok aminosav emészthetőségi értékei (CUB, 1998; NRC, 1998). Mivel a különböző táblázatokban található értékek többnyire más kísérleti metodikán alapulnak, különösen fontos, hogy a különböző táblázatok értékeit ne használjuk vegyesen.

4. A mikrobiális fermentáció hatása a sertés utóbél szakaszaiban

A sertéstakarmányok fehérje értékelésére egyre szélesebb körben használják az ileális aminosav emészthetőséget. A vastagbélbe jutó, meg nem emésztett aminosavak ugyanis jelentősen átalakulnak a mikrobiális tevékenység hatására. Az is közismert, hogy a sertés mikroflórája döntően ugyan az utóbélszakaszokban található, bakteriális aktivitás azonban a vékonybélben is van. Az ileum mikroflórája miatt az ileális emészthetőségi együtthatók sem tekinthetők teljesen pontosnak. Ez egyértelműen bizonyítható, ha az NSP anyagok különböző bélszakaszokra jellemző lebonthatóságát hasonlítjuk össze (**12. táblázat**). Bár az NSP anyagok lebontása nagyrészt a vastagbélben történik, a táblázat adataiból kiderül, hogy mintegy harmaduk már a vékonybélben lebomlik. Ez hatással van a szénhidrátok és aminosavak emészthetőségére egyaránt. A baktériumok által fermentált szénhidrátok energiatartalmának közel 30%-a veszendőbe megy. Ez nem elsősorban a rövid szénláncú illó zsírsavak képződésével áll összefüggésben, hanem a hőtermeléssel és az éghető gázok (metán, hidrogén) képződésével. Ennek eredményeképpen a fermentálódó szénhidrátok nettó energiája csupán kétharmada a felszívódó egyszerű cukrokénak. Az NSP anyagok esetében ez a veszteség elkerülhetetlen, miután csak fermentációs úton képesek hasznosulni.

NSP forrás	vékonybél emészthetőség (%)	teljes emészthetőség (%)	a vékonybélben lebomlott hányad (%)
árpa	17	44	39
árpa + burgonya	12	79	15
árpa + búza	17	61	28
répaszelet	30	91	33

12. táblázat Az NSP anyagok lebontása a sertés emésztőtraktusában (Graham és mtsai., 1986; Longland és mtsai., 1990; Zhu és mtsai., 1993; Millard és Cheeson, 1992)

A keményítő, amely a sertéstápokban a legfőbb energiaforrást jelenti, döntően glükóz formájában szívódik fel. A keményítő ileális emészthetősége a legtöbb sertéstáp esetében magas. Miután azonban az NSP anyagok egy része már a vékonybélben fermentálódik, valószínűsíthető, hogy a keményítő egy részét, különösen a rezisztens keményítőt szintén a baktériumok bontják. A keményítő fermentációjának végterméke a vékonybélben a tejsav.

A vakbelet megelőző bélszakaszok mikrobiális aktivitása az aminosavakra kétirányú. A jelentősebb NSP tartalommal rendelkező alapanyagok esetében a bél viszkozitásának növekedése miatt az aminosav emészthetőség csökken. Amennyiben a mikroflóra kellő mennyiségű energiához jut, a fermentáció végterméke bakteriális fehérje lesz. Az ileális kimuszban mérhető aminosavak mennyisége ezért nemcsak a meg nem emésztett takarmány- és endogénfehérjéből, hanem bizonyos hányadban a konstans aminosav összetételének tekinthető mikrobiális fehérjéből is származik. A vékonybél mikrobás tevékenységének további hatása, hogy a baktériumok a kimusz nitrogéntartalmú anyagaiból aminosavakat képesek szintetizálni, amelyek a vékonybélből potenciálisan még fel is szívódhatnak. Ezen a mechanizmuson keresztül a mikroflóra hozzájárulhat az állat aminosav szükségletének fedezéséhez.

5. Takarmányozás hatása a zsigeri szövetek táplálóanyag metabolizmusára

A zsigeri szövetek (a bél tartalom, máj, vese, hasnyálmirigy, szív, tüdő, ivari szervek) 15-20%-át teszik ki a növendék sertések testsúlyának, ugyanakkor az összes felvett oxigén közel 50%-át használják fel. Ez a teljes energia-felvétel mintegy egyharmadát teszi ki. Ezen túlmenően a test fehérje-anyagcseréjének közel 50%-a szintén ezekben a szövetekben zajlik. Amennyiben befolyásolni tudjuk a zsigeri szövetek energia- és aminosav forgalmát, akkor hatékonyabbá tudjuk tenni a táplálóanyag beépülését a hasznos állati termékekbe. A zsigeri szervek energiafelhasználásában mért nagy különbségek a sertések genotípusával, egészségi állapotával, a takarmányozás szintjével és a takarmány összetételével állnak összefüggésben. A szervek energiafelhasználása szoros összefüggést mutat a szerv méretével. Más szavakkal ez azt jelenti, hogy a zsigeri szervek energiafelhasználását a sejtek száma, nem pedig a sejtek energiafelhasználása határozza meg. Minden takarmányozási eljárás (takarmányozási szint, speciális alapanyagok vagy táplálóanyagok), amely hatással van az említett szervek méretére, hatással van azok energiafelhasználására is.

6. Különböző korú sertések táplálóanyag emésztése

A különböző sertésfajták, korcsoportok emésztőképességében minden bizonnyal vannak különbségek, amelyek hatással vannak a tápok összeállítására. Ezeket a különbségeket a gyakorlatban nem minden esetben vesszük figyelembe.

A fiatal süldők fekális táplálóanyag emészthetősége, a tápok rosttartalmának függvényében javul az életkor előrehaladtával. Ebben szerepet játszik, hogy az idősebb állatok utóbélszakaszaiban intenzívebb a bakteriális fermentáció, ami csökkenti a bélsárral ürített táplálóanyagok mennyiségét. Az állatok korának hatása az ileális emésztési együtthatókra lényegesen kisebb.

Az utóbbi években számos emésztési kísérletet végeztek kocákkal. Az eredmények alapján a kocákkal mért fekális emésztési együtthatók magasabbak voltak a süldőkkel történő összehasonlításban. Az eltérés mértéke a két korcsoport között takarmányonként változott. A kocák és a süldők látszólagos ileális emésztési együtthatói úgyszintén különböznek (**13. táblázat**). A különbség nagysága ez esetben is takarmányonként változott. Az ileális emésztési együtthatók különbözőségének oka lehetett, hogy a kocák esetében a kimusz hosszabb ideig tartózkodik a vékonybélben, kisebb az endogén aminosav veszteségek mértéke, továbbá nagyobb arányú a táplálóanyagok mikrobiális lebontása a vékonybélben.

	Lizin	Treonin	Triptofán	Metionin	Cisztein
kukorica					
süldő	59,3	58,7	61,4	75,8	62,3
szoptató koca	60,5	62,1	76,9*	79,7	67,3
árpa					
süldő	71,7	61,3	71,7	77,3	69,5
szoptató koca	72,3	60,3	76,0	78,1	73,1
búza					
süldő	74,1	70,4	75,9	85,3	81,4
szoptató koca	79,4	76,7*	86,1*	87,4	85,4
szójadara					
süldő	85,0	72,9	79,4	81,4	68,8
szoptató koca	85,6	76,3	86,4	82,5	72,5
repcedara					
süldő	74,3	63,6	74,1	78,8	69,1
szoptató koca	79,3	70,1	82,1	84,0	74,8

*az adott takarmányra és aminosavra vonatkozó értékek közötti különbség szignifikáns ($p < 0,05$)

13. táblázat Aminosavak süldőkkel és szoptató kocákkal mért látszólagos ileális emészthetősége (Stein és mtsai., 1998)

A különböző korú sertések emésztési különbözőségeinek oka részben a takarmányfelvétel nagysága és a táplálóanyagok emészthetősége közötti negatív korrelációval is magyarázható.

Míndezek az eredmények azt bizonyítják, hogy vannak különbségek mind az ileális, mind a fekális emészthetőségben a különböző korú és hasznosítási típusú sertések között, amelyeket indokolt lenne figyelembe venni a tápgyártás során. Az eredmények alapján célszerű lenne a sertéstakarmányok szélesebb körére vonatkozó emésztési kísérletek elvégzése különböző korú állatokkal.

7. Ellenőrző kérdések:

- Hogyan befolyásolják a különböző hidrotermikus eljárások a takarmányok táplálóanyagainak emészthetőségét?
- Említsen példát arra az esetre, amikor a takarmányok táplálóanyagai nem vehető figyelembe additív módon!
- Hogyan befolyásolja a bél mikroflórája a táplálóanyagok emészthetőségét?
- Hogyan befolyásolható a zsigeri szervek energia és fehérje-felhasználása?

Chapter 5. A baromfi fajok takarmányainak értékelése

A baromfitakarmányok tápláléértékének pontosítása az alábbi területeken került előtérbe:

1. A baromfifajok esetében széles körben ad libitum etetést alkalmazunk, ami miatt meghatározó szerepet játszik a különböző baromfi fajok, korcsoportok és hasznosítási típusok tényleges takarmányfelvételének és az ezt befolyásoló különböző tényezőknek a vizsgálata. A takarmányfelvétel változása értelemszerűen a tápok összetételének módosítását indokolja, úgy ahogyan ez egyébként a gyakorlatban is általános, például a hőstresszes időszakokban.

2. A madárfajok emésztőtraktusa rövid, a takarmány áthaladási ideje gyors. A baromfi fajok ezért koncentrált, jól emészthető takarmányokat igényelnek. A különböző ipari melléktermékek felhasználhatósága kisebb, a takarmányok antinutritív anyag tartalmának pontos ismerete és az emésztést segítő takarmánykiegészítők hatása viszont nagyobb a többi monogasztrikus állatfajhoz képest.

3. Az utóbbi években nagyszámú kutatási eredmény látott napvilágot a madárfajok bélcsatornájában lévő mikroflóra szerepéről, amely meghatározó mértékben befolyásolhatja a baromfifajok termelési eredményeit, de szerepét figyelembe kell venni a takarmányok energia- és fehérjeértékelése során is. Az antibiotikumok hozamfokozók betiltása az Európai Unióban még inkább felértékelte ezeknek a kutatásoknak a jelentőségét.

4. Kloákás állatcsoportról lévén szó, a vizelettel és a bélsárral távozó táplálóanyagok együttesen ürülnek a madárfajokban. Az ürülék mintákon alapuló emésztési vizsgálatok mellett az utóbbi években egyre szélesebb körben használják a baromfi fajokra vonatkozóan is az ileális emésztési együtthatókat.

5. A különböző fajták és hibridek teljesítménye rendkívül gyorsan változik. A szükségletek pontosítása folyamatos feladatot jelent a szakemberek számára.

6. A baromfiszektorra jellemző relatíve kis jövedelmezőségi arányból adódóan a költségek jelentős részért kitevő takarmányozási költségek csökkentése meghatározó jelentőségű. Felértékelődött ezért a takarmány alapanyagokra vonatkozó, széleskörű és folyamatosan aktualizált adatbázisok létrehozása, a gyorsvizsgálati módszerek, mint pl. a NIR alkalmazása, minőségbiztosítási rendszerek bevezetése.

1. Baromfitakarmányok energiaértékelése

A baromfi fajok esetében energiaegységként világszerte a metabolizálható energiát (ME) használják, a bélsár és a vizelet együttes ürítése miatt. A madarak emésztése során a gázképződés minimális és a különböző baromfitakarmányok hatása az állatok hőtermelésére úgyszintén állandónak tekinthető. Emiatt a metabolizálható energia használata kézenfekvő és kellően pontos egységnek tekinthető.

2. Az energiaértékelésre alkalmazott kísérleti metodikák

A gázokkal távozó energia a baromfifajok esetében elhanyagolható. Az ürülék teljes gyűjtésével legáltalánosabban a látszólagos metabolizálható energia (AME) meghatározására kerül sor. Amennyiben a kísérlet során az endogén energia-veszteségeket is figyelembe vesszük, akkor a takarmányok tényleges metabolizálható energiatartalmát (TME) is meghatározhatjuk.

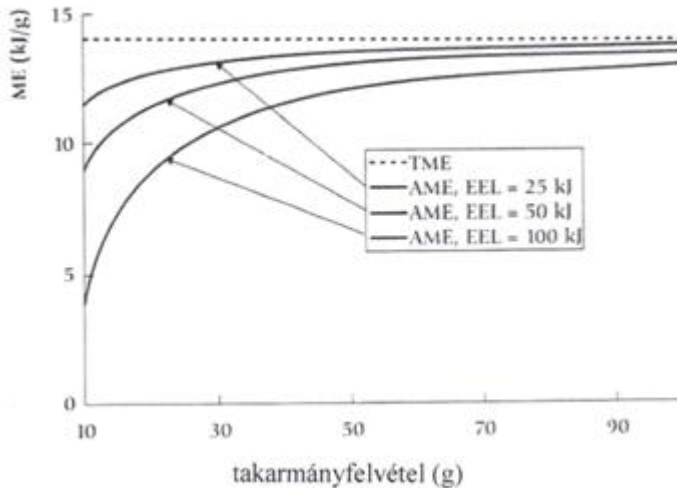
A takarmányok energiatartalmának meghatározására a módszerek széles körét alkalmazzuk. A legtöbb esetben teljes gyűjtést (takarmányfogyasztás, ürülék) végzünk, de a kísérletek során jelzőanyagok használata is gyakori. Ez utóbbiak közül leggyakrabban a krómoxidot, és a titánoxidot használjuk. A jelzőanyagok, más szóval indikátorok használatával nem szükséges a takarmányfogyasztás és az ürülék mennyiségének pontos mérése, elegendő csupán reprezentatív minták vétele az analitikai vizsgálatokhoz.

A különböző módszerek között azok egyszerűségében és költségességében is nagy különbségek vannak. Miután a kísérletek során pontosan kell mérni a takarmányfogyasztást és az ürülék mennyiségét, az anyagcsereketrecek minősége, a takarmányszóródás, a takarmány ivóvízzel történő keveredése, az ürülék kiszóródása, takarmánnyal

való keveredése, az illékony anyagok eltűnése, továbbá a madarak emésztőtraktusának teltsége a kísérlet megkezdésekor és befejezésekor, jelentik a legfontosabb hibaforrásokat. Annak érdekében, hogy az emésztőtraktus a kísérlet elején és végén azonos mennyiségű kimuszt tartalmazzon, az állatokat a gyűjtést megelőzően, ill. a kísérlet zárásakor éheztetik.

A kísérletek során az állatok nitrogén-anyagcseréjében lévő különbségek ugyancsak hibaforrást jelentenek. Emiatt általánosan használatos a zéró N-retencióra történő korrekció, ami azt jelenti, hogy az állatok fehérjeterencióját úgy vesszük figyelembe, mintha annak N-tartalma is kiürült volna a kísérlet alatt. A korrekció alapján a húgsav égéshője jelenti, amely 34,4 kJ/g N.

A **3. ábrán** látható, hogy az AME nagyságát befolyásolja a takarmányfelvétel. Nagyobb takarmányfelvétel esetén az endogén energiaveszteség mennyisége relatíve kisebb, ezért az AME egyre inkább közelíti a TME-t.

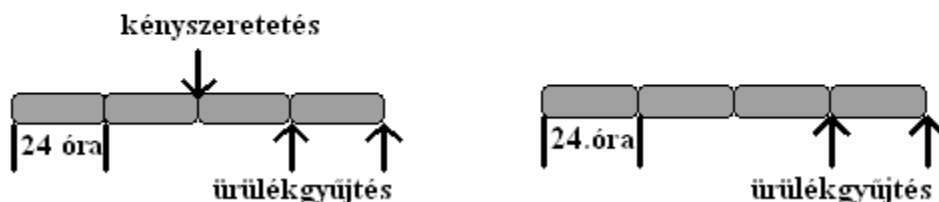


3. ábra A takarmányfelvétel hatása a kísérletek során mért AME- és TME-tartalomra

Sibbald (1976) olyan metodikát fejlesztett ki (**4. ábra**), melynek során előzetesen éheztetett kakasok begyébe kényszeretetéssel kis mennyiségű takarmányt adagoltak. Ez a módszer lecsökkentette a különböző veszteségforrások méréséből adódó hibákat. Az éheztetett állatok használatával maga a kísérlet hossza is lerövidült, a gyűjtési időszak mindössze 24-48 órás. A módszer további előnye, hogy az alapanyagokat önmagukban lehet tesztelni. Ezáltal a helyettesítési módszerekből adódó statisztikai hibákat is el lehet kerülni. Praktikumossági szempontból tehát jó módszerről van szó, de a kis mennyiségű takarmányfelvétel miatt az endogén energiaveszteségek szerepe felértékelődik. Emiatt ennél a módszernél az endogén energiát is meg kell határozni és végeredményül TME értéket megadni. A módszert széles körben használták, mint „TME-módszert”.

a. Az AME mérése

b. Az endogén energia ürítés mérése



4. ábra A baromfitakarmányok energia-tartalmának meghatározására kifejlesztett „Sibbald” módszer

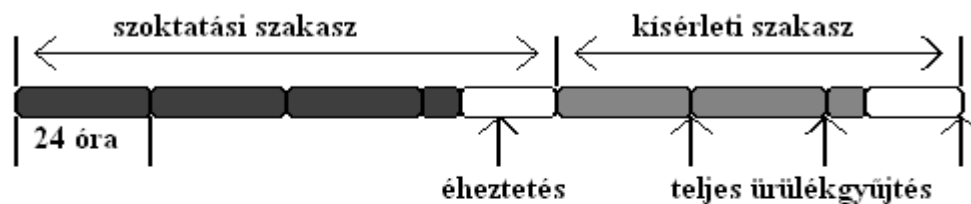
A kísérleti metodika szempontjából további három módszer terjedt el világszerte.

1. A Sibbald módszerhez hasonló előzőleg éheztetett kifejlett kakasok kényszeretetésével a különbséggel, hogy az állatokkal a koplaltatás során glükóz-oldatot itatnak, az energiaveszteségek csökkentése érdekében (McNab, 1990).

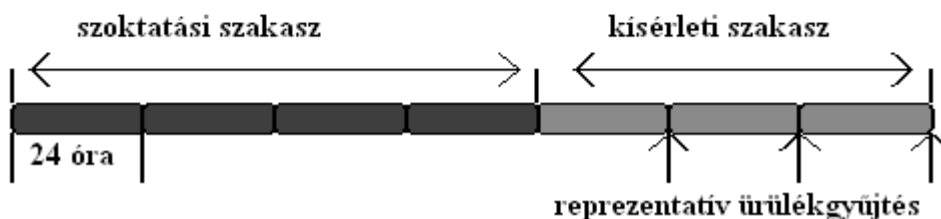
2. Az un. gyorseszteszt úgyszintén előzőleg éheztetett állatokat használ, de ez esetben nem kényszeretetésről, hanem normál takarmányfelvételtől van szó (Farrell, 1981). A módszer kiiktatta a kényszeretetésből és a takarmány kis mennyiségéből adódó hibalehetőségeket. A módszer alkalmazása során azonban az alapanyagokat többnyire referenciához keverten lehet csak tesztelni.

3. Hagyományos, ad libitum vagy adagolt etetési feltételek alkalmazása olyan egyedi kihasználási ketrecekben, amelyek lehetővé teszik a takarmányfogyasztás és az ürített ürülék mennyiségének pontos mérését (5. ábra). Ezek a kísérletek a legbonyolultabbak és legdrágábbak. Az esetek többségében szintén a helyettesítési módszert kell alkalmazni.

a. teljes ürülékgyűjtést végezve:



b. indikátor használata esetén:



5. ábra A takarmány emészthetőség és metabolizálható energia-tartalom meghatározásának klasszikus módszerei

3. A baromfitápok és az alapanyagok ME tartalmának becslése

Az energiatartalom becslésére általában a kémiai analitikai paramétereket és ezek kombinációját használjuk. Ebből a szempontból a tápok és az alapanyagok energiatartalmának becslése elkülönül. A tápok esetében a táplálóanyagok emészthetősége ugyanis aránylag szűk határértékek között változik és a becselő egyenletek pontossága lényegesen nagyobb. Az alapanyagok esetében azonban az emészthetőségi értékek nagymértékben változhatnak, ami rontja a becselő egyenletek hatékonyságát. Emiatt az alapanyagokra külön-külön vagy alapanyag-csoportonként célszerű becselő egyenleteket kifejleszteni. A tápok esetében az Európai Unió országaiban, így hazánkban is az un. „EEC” egyenletet (Fischer és McNab, 1987) használjuk, amely a tápok zsír-, fehérje-, keményítő- és cukortartalmán alapul.

$$\text{AMEn (MJ/kg)} = 0,3431 \times \text{ny.zsír \%} + 0,1551 \times \text{ny.fehérje} + 0,1669 \times \text{keményítő \%} + 0,1301 \times \text{össz. cukor \%}$$

4. Az alapanyagok energiatartalmának becslése

A baromfitakarmányok energiatartalmát bemutató európai táblázat (European Table of Energy Values for Poultry Feedstuffs, 1989) tartalmazza legrészletesebben a publikált táplálóanyag-tartalomnak megfelelő energia értékeket és a különböző becselő egyenleteket. A táblázat ugyancsak tartalmazza a takarmányok nyersfehérje, nyerszsír és Nmka-tartalmának emészthetőségét. A szerzők 3 különböző módszert javasolnak az alapanyagok energiatartalmának becslésére.

Többtényezős lineáris regressziós egyenleteket javasolnak azon alapanyagok esetében, ahol a rendelkezésre álló mérési eredmények és állatkísérletek eredményei alapján az ME pontosan becsülhető az analitikai paraméterekből. A becsléshez használt faktorok a szárazanyag, a hamu, a nyersfehérje, a nyerszsír, nyersrost és a keményítő. Speciális egyenletek használatát javasolják az extrém összetételű alapanyagok esetében (földimogyoró, gyapotmag, napraforgó melléktermék). Ebben az esetben a számítási faktorok a takarmányok szárazanyag-, nyersrost- és a nyerszsír-tartalma. A harmadik módszer a táplálóanyagok emészthető táplálóanyag-tartalmának számításán alapul a következő energiaértékekkel: emészthető zsír: 38,8 kJ/g; emészthető nyersfehérje: 18,3 kJ/g; emészthető Nmka: 17,32 kJ/g.

5. A zsírok energiatartalmának becslése

A takarmányzsírok energiatartalma több tényezővel összefüggésben nagymértékben változhat, emiatt a gyakorlatban is sokszor pontatlanságot okoz. A linolsav kivételével a többi zsírsav mennyiségét általában nem vizsgálják a baromfifajok takarmányozásakor. Energiatartalmuk meghatározása metodikai szempontból meglehetősen problematikus. Ez azzal magyarázható, hogy csak kis mennyiségben keverhetők be a referenciátápokba, ami miatt az extrapolálás relatíve nagy hibával terhelt. A zsírok továbbá szinergens hatással vannak az emésztési folyamatokra. Ez azt jelenti, hogy a hozzáadott zsír és az alaptáp energiatartalma nem additív módon összegződik, hanem a zsír javítja az alaptáp táplálóanyagainak emészthetőségét is. Kölcsönhatás van a tápok zsírtartalma és az egyéb táplálóanyagok, de a különböző összetételű zsírforrások között is. A témában publikált számos kutatási eredmény ellenére nem áll rendelkezésre teljesen megnyugtató módszer a zsírok energia-tartalmának pontos meghatározására.

6. A takarmányok energia-tartalmát befolyásoló egyéb tényezők

A takarmányok energiatartalmának meghatározása során és a tápgyártás szempontjából is alapvető feltétel, hogy az alapanyagok energiatartalma a keverékben összegződik. Néhány esetben azonban ez nem így van. Erre vonatkozóan egyik példa az előzőekben említett takarmányzsírok kölcsönhatása a táp többi táplálóanyagával, de a takarmányok különböző antinutritív anyagai úgyszintén hatással vannak az emésztési folyamatokra és ezeken keresztül az energiaértékesülésre.

A különböző búzamintákkal végzett kísérletek megerősítették, hogy a tápok nem-keményítő szénhidrát (NSP) tartalma hatással van a többi táplálóanyag felszívódására. A legfontosabb ilyen irányú kölcsönhatás az NSP-k és a zsírok emészthetősége között áll fenn. Ez jól bizonyítható, amikor búzatartalmú alaptáphoz keverjük a zsírokat és határozzuk meg azok energiatartalmát.

Az NSP-k felvételét követően nő a béltartalom viszkozitása, felszaporodik a bél mikroflóra és nagyobb arányú lesz a mikrobás fermentáció. A megnövekedett víztartalom hatására felgyorsul a béltartalom továbbhaladása a bélben, a bélhámsejtek felszínét körülvevő nyákréteg megvastagszik, ami által csökken a felszívódás. A fentiek hatására gyengébb hatékonyságú lesz a zsírok oldódása, feltételezhetően hidrolízise is. A bél nyálkahártyáján keresztül kisebb lesz a felszívódó táplálóanyagok mennyisége, a felszaporodó baktériumflóra következtében pedig megváltozik a bélbolyhok és mikrobolyhok morfológiája. A mikrobás tevékenység hatására az epesavak nagyobb mértékben ürülnek, ami miatt lecsökken az epesavak májba történő visszaáramlása. Végezetül az NSP-anyagok megnövelik az endogén tápanyagvesztéségek mértékét is.

7. Az energiahasznosulás javítása enzimekkel

A takarmány energiatartalmának jobb hasznosulása érdekében többfajta takarmány-kiegészítőt alkalmaz a takarmányipar. Ugyancsak kedvező hatásúak, elsősorban a keményítő energiájának jobb értékesülését eredményezik a különböző hidrotermikus eljárások.

A takarmányhoz adott enzimek, különösen a szénhidrátbontók fontos szerepet játszanak több állatfaj takarmányozásában. Használatuk a búza- és az árpaalapú tápok esetén a broilerekénél és a pulykáknál többé-kevésbé általános. A kukorica-szója alapú tápokra kifejlesztett enzimek úgyszintén fontos kutatási területet képviselnek.

A takarmány-kiegészítőként alkalmazott enzimek hatását a takarmányértékelésben figyelembe kell venni. Ezek közül az aminosavak és energiaszolgáltató vegyületek emészthetőségének javítása a legjelentősebb. A búzaalapú tápokban a zsír emészthetősége javítható, ha a bél viszkozitását csökkentő, NSP bontó enzimeket használunk.

Az enzimek készítmények valószínűleg a bél mikroflórájára is kedvező hatással vannak. Az enzimek pozitív hatását a gyakorlati takarmánygyártásban többféle módon veszik figyelembe. Minden paramétert változtatlanul hagynak, csupán a táp minimális energia korlátját csökkentik. Egy másik alternatívát jelenthet, ha az alapanyagok energiaszintjét emelik meg az enzim-kiegészítésekkel összefüggésben. Az említett két módszer közül a második tűnik pontosabbnak, mert ilyenkor figyelembe tudjuk venni az enzimek alapanyagokként eltérő hatását is.

8. Fehérjeértékelési módszerek

A baromfifajok aminosav- és nitrogénellátottsága sokkal pontosabban biztosítható, mint a madarak energiaszükséglete. A takarmányok fehérjeértékelésének pontosítása érdekében az alábbi szempontokat célszerű figyelembe venni:

- Az adott alapanyag vagy táp esetében az elvégzett hőkezelési eljárások figyelembevétele. Ez a különböző hőlabilis antinutritív anyagok inaktiválása és a túlzott hőkezelés hatására bekövetkezett esetleges aminosav károsodás miatt egyaránt fontos.

- A tényleges aminosav-tartalom ismerete, amelyek közül 5-7 aminosav szerepeljen a receptúra összeállításakor. A hagyományos, csupán a lizin és a kéntartalmú aminosav szintek alapján történő optimalizálás során ugyanis más egyéb aminosavak is limitálhatják a takarmányfehérje értékesülését. Jelenleg 4 aminosav áll rendelkezésre kristályos formában. Ezek a metionin, a lizin, a treonin és a triptofán. Ezeknek az aminosavaknak a használatával a tápok aminosav-összetétele komplettálható, a táp fehérjeszintje pedig csökkenthető. A csökkentés azonban csupán egy bizonyos szintig lehetséges, mivel a nem-esszenciális aminosavak megfelelő szintű biztosítása is elengedhetetlen. A kristályos aminosavak használata olcsóbbá teszi a tápokot, de napjainkban környezetvédelmi szempontból is egyre fontosabb az ürülék nitrogéntartalmának csökkentése.

- Amennyiben analízis adatok nem állnak rendelkezésre, az aminosav-tartalom becsülhető a fehérjetartalomról. Ez pontosabb megoldás a táblázati aminosav értékek használatánál.

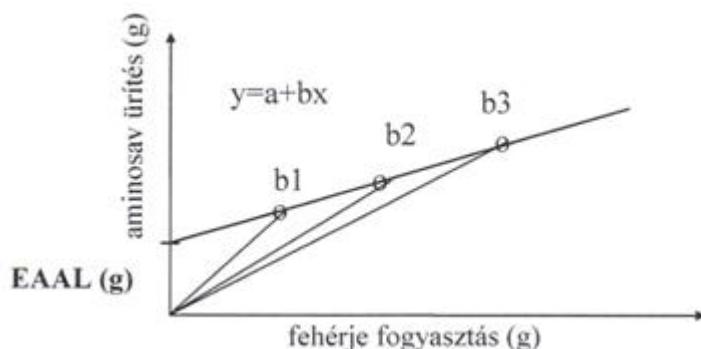
- A takarmányok minél szélesebb körére vonatkozó, állatkísérletekkel meghatározott aminosav emészthetőségi értékek használata. A gyakorlati tápgyártás során az emészthető aminosav szintek figyelembevétele a szükségletek megadásánál is.

Az említett tényezőkkel kapcsolatban pontatlanságot jelent, hogy az aminosav analízis módszere nem egységes, a kapott eredmények nem minden tekintetben összevethetők. Az aminosav emésztési együtthatók ugyanazon alapanyag esetében is változhatnak, amely különbségeket nehezen lehet becsülni. A jövőben a baromfi esetében is pontosabb eredményre vezetne, ha az ürülminták helyett az ileum végéből vett mintákat használnánk az aminosav emészthetőség számításához.

9. Az aminosav emészthetőség meghatározása

Az aminosav emészthetőség meghatározására az előzőekben bemutatott metodikákat használjuk. A publikált értékek döntően ürülminták aminosav vizsgálatán alapulnak. Az endogén aminosav ürítéssel történő korrekció figyelembevételének függvényében az aminosav emészthetőség esetében is látszólagos vagy tényleges emésztési együtthatókról beszélhetünk.

Az aminosavak emészthetőségének állatkísérletekkel történő mérésekor attól függően, hogy látszólagos vagy tényleges emészthetőség meghatározását végezzük, ismernünk kell az elfogyasztott takarmány mennyiségét, annak aminosav-tartalmát, az ürülék mennyiségét és annak aminosav-tartalmát. A tényleges emészthetőség mérésekor az előzőeken túl az endogén aminosav hányadot meg kell határozni. A fehérjefogyasztás aminosav ürítésre gyakorolt hatása a **6. ábrán** látható.



6. ábra A fehérjefogyasztás hatása baromfi fajok aminosav ürítésére

A függőleges tengelyen az egyenes metszéspontja a zero takarmány-felvételi szintre vonatkozó ürítést, azaz az endogén hányadot (EAAL) jelenti, míg az egyenes meredekségét meghatározó együttható (b) az aminosavak tényleges emészthetőségére vonatkozóan hordoz információt:

Tényleges emészthetőség = aminosav felvétel x (1-b)

A látszólagos emészthetőség becslése szintén lehetséges a regressziós egyenes segítségével, ebben az esetben viszont az egyenesek meredeksége (b1 , b2, b3) az aminosav felvételi szint függvényében változik.

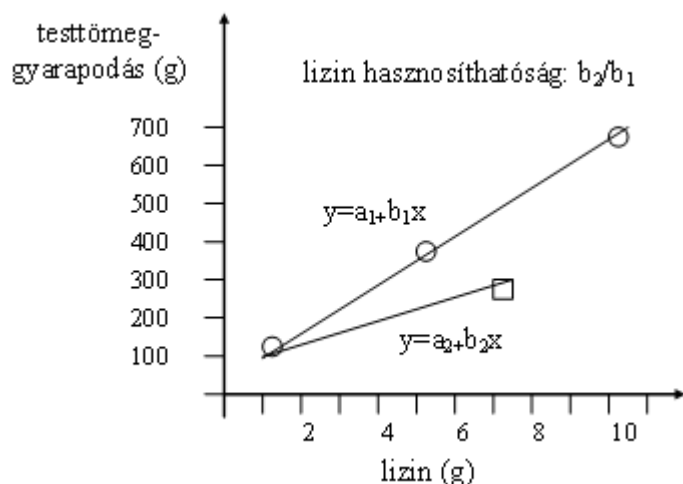
Látszólagos emészthetőség = aminosav felvétel x (1- b1 vagy b2 vagy b3)

9.1. Fehérje és aminosav emészthetőségi értékek

A baromfitakarmányok energiatartalmának európai táblázata (WPSA, 1989) tartalmazza a fehérje emészthetőségi értékeket. Az aminosavak emészthetőségével kapcsolatban feltételezhetően a Degussa AG táblázatai a legteljesebb körűek. Ez a táblázat becsülő egyenleteket is tartalmaz, amelyek segítségével a takarmányok fehérjetartalmából lehet számítani az aminosav összetételt. A táblázat adatai tényleges bélsár emésztési együtthatók. Úgyisintén hasznos táblázatokat publikált több más cég (Eurolysine, ADM, Rhone Poulenc Nutrition). 1992-ben publikálta a WPSA az európai aminosav táblázatot. Ebben a különböző európai laboratóriumokban mért aminosav értékeket találhatjuk.

10. A hasznosítható aminosav-tartalom meghatározása

A takarmányok hasznosítható aminosav-tartalmának meghatározásakor az állatkísérleteket csaknem kizárólag az ún. "slope-ratio" növekedési teszttel végzik. A módszer lényege, hogy egy a vizsgált aminosavra nézve hiányos, de az összes egyéb aminosav és táplálóanyag tekintetében teljes értékű alaptakarmányt a vizsgálandó szintetikus aminosavval és a kérdéses takarmánnyal egészítenek ki. Az így nyert kísérleti tápokot fiatal csirkékkel etetik, majd megméri azok testtömeg-gyarapodását. A vizsgált takarmány aminosavának hasznosíthatóságát, a szintetikus aminosavat tartalmazó tápokkal, illetve a tesztakarmányt tartalmazó táppal elért testtömeg-gyarapodást leíró lineáris regressziós egyenletek regressziós együtthatóinak arányából lehet számítani (7. ábra).



7. ábra Takarmányok hasznosítható aminosav-tartalmának meghatározása a "slope-ratio" módszerrel

A módszer feltételezi, hogy a szintetikus aminosav kiegészítés hasznosulása 100 %-os és a kísérleti tápokkal mérhető testtömeggyarapodás lineárisan változik. A mérés előnye, hogy az aminosavak emészthetőségén túl, a tényleges fehérjeszintézisre fordítódó aminosav szint mérésére is lehetőséget ad. Hátránya viszont, hogy egy teszttel csupán egy aminosav hasznosítható hányadának mérésére van lehetőség. A csirkék növekedését befolyásolhatja továbbá a tesztakarmányt tartalmazó táp szélsőséges táplálóanyag- vagy, antinutritív anyag tartalma, illetve az egyéb aminosavak tekintetében fellépő aránytalanság, esetenként antagonizmus. Ezen túl a növekedési teszteken alapuló vizsgálatok meglehetősen hosszadalmasak és speciálisan felszerelt állatházat igényelnek.

Nem valószínű ezért, hogy a közeljövőben a gyakorlati tápgyártás igényeit kielégítő, megbízható adatbázissal rendelkezünk a baromfitakarmányok hasznosítható aminosavairól.

11. Ásványi anyagok

Annak ellenére, hogy a baromfitakarmányok értékelése elsősorban az energiára és fehérjére irányult, napjainkban néhány ásványi anyag is a kutatások fókuszába került. Hollandiában például számos kutatást végeztek a környezeti terhelés csökkentése érdekében a foszfor hasznosíthatóság javítására. Ugyanezen célból a fitáz enzim használata egyre szélesebb körű. Ez az enzim segíti a fitát foszforból a foszfor felszabadulását, amelynek eredményeképpen csökkenthető a tápok foszfortartalma.

A baromfi nem termel fitáz enzimet, bárminemű bontás csupán a bélbaktériumok és a takarmányok fitáz aktivitásán keresztül lehetséges. Néhány alapanyagban, pl. a búzában, megtalálható az enzim. Mind a növényi, mind a kiegészítőként használt enzim azonban hőlabilis, amit figyelembe kell venni a granulálás és egyéb hőkezelési eljárások alkalmával.

Jelenleg Európában a döntően vegetáriánus tápok etetése miatt a fitin kötésben lévő ásványi anyagok jelenléte a takarmányokban nagymértékű.

A tápokban az ásványi foszfor-kiegészítők foszfor hasznosíthatóságának figyelembevétele is fontos. Célszerű meggyőződni a különböző kiegészítők hatékonyságáról, mert ugyanannak a kiegészítőnek lényegesen eltérhet a hasznosítható foszfor-tartalma az aktuális kémiai forma függvényében.

11.1. A foszfor hasznosíthatóság figyelembevétele a gyakorlatban

1. A klasszikus megközelítés azon alapul, hogy a foszfor a növényekből 30%-ban hasznosul, míg az állati és ásványi forrásokból teljes egészében.

2. Olyan rendszer használata célszerű, amely a takarmányok hasznosítható foszfor-tartalmának állatkísérletekkel történő meghatározásán alapul. Ezekben a kísérletekben általában a csirkék ujjperc hamutartalmának foszfortartalmát mérik.

3. Olyan kísérleti eredményeken alapuló rendszer használata, amely a foszfor hasznosíthatóságát kihasználási kísérletekkel határozza meg (metabolizálható vagy visszatartott foszfor).

4. Analitikai méréseken alapuló rendszer, amely a takarmányok fitin foszfor-tartalmának meghatározásán alapul.

12. Ellenőrző kérdések:

- Mi a különbség az AME és a TME között? Ismertesse a meghatározásukra alkalmas metodikák előnyeit és hátrányait!
- Miért pontosabb a tápok összetételének emészthető aminosav alapon történő összeállítása?
- Milyen módszerek állnak rendelkezésre az emésztési kísérletek során az endogén aminosav ürítés mérésére?
- Milyen előnyei vannak a hasznosítható foszfor alapú tápgyártásnak?

Chapter 6. A kedvtelésből tartott állatok takarmányainak értékelése

A modern társadalmak legnépszerűbb kedvtelésből tartott állatai a kutya és a macska. A kutyák nagy segítséget jelentenek a vak és a fogyatékos emberek számára, fontos szerepet játszanak a különböző mentések alkalmával, továbbá a kábítószeres és a robbanóanyagok felkutatásában. A mezőgazdaságban a kutyák a háziállatok őrzésében is nagy segítséget jelentenek.

A kutya házasítása időszámításunk előtt 9000, míg a macskáé időszámításunk előtt 3000 környékén történhetett. Azóta számos kutya- és macskafajta jött létre. Jelenleg mintegy 150 kutya- és 100 macskafajta tartanak számon. Manapság a kutya és a macska gyakran olyan környezetben él, hogy természetes úton nem tud gondoskodni táplálékáról, ezért a tulajdonosnak kell takarmánnyal ellátni. Ezért nagyon fontos, hogy a részükre készített tápok minden tekintetben fedezzék az állatok szükségletét. Ha a táp összetétele hiányos és esszenciális táplálóanyagokból kevesebbet tartalmaz, akkor ez hiánytünetekhez, betegséghez, végső esetben az állat elhullásához vezethet.

1. A kutya és a macska emésztőtraktusának felépítése

A kutya és a macska emésztőtraktusa a házasítást követően morfológiájában is alkalmazkodott a megváltozott körülményekhez. Az emésztőtraktus egyes részeinek hossza nem különbözik lényegesen a sertésétől. A vékonybél hossza a teljes bélszakasz kb. 80%-át teszi ki, a vakbél 1-2%-ot, a vastagbél pedig 19-20%-ot. A macska annyiban különbözik a többi állatfajtól, hogy nem rendelkezik jól elkülönülő vakbéllel. A húsevők emésztőtraktusának hossza ugyanakkor a teljes testmérethez képest egyértelműen rövidebb, mint a mindenevő sertésé.

2. A kutya és a macska metabolikus adaptációja

Az emésztőtraktus morfológiai változása mellett különböző metabolikus változások is bekövetkeztek a kutya és a macska táplálkozási sajátosságainak változásából adódóan. Ez különösen a macskára igaz. A macska táplálékainak aránylag konstans az összetétele és kiegyensúlyozott a táplálóanyag-tartalma. A macska jelenleg is döntően ilyen jellegű takarmányokat igényel. A kutya húsevő jellege már nem annyira nyilvánvaló, mivel egyedfejlődése során lényegesen több növényi eredetű takarmányt is elfogyasztott.

3. Fehérje és aminosav metabolizmus

Az aminosavak metabolizmusa tekintetében mindkét faj rendelkezik néhány sajátossággal. A kilenc jól ismert esszenciális aminosav mellett, amelyeket az emlősök igényelnek, a növendék és a felnőtt kutyák, valamint a macskák részére az arginin is esszenciális (NRC, 1985., 1986). Arginin-hiányos tápok etetésekor mindkét fajban megjelennek az ammónia-toxicitás tünetei. Az aminosavak lebontása során ammónium képződik, amely arginin hiányában nem tud átalakulni karbamiddá. Ebből adódóan arginin nélkül a vérben megemelkedik az ammóniaszint.

A taurin, amely szintén egy aminosav, a macska számára esszenciális. A taurin normális körülmények között az emlősök májában ciszteinből képződik. Ez a folyamat azonban a macskáknál meglehetősen limitált. A legújabb kutatások alapján a ciszteinsav taurinprekursoraként tud működni a macska esetében. Amellett, hogy a macskában a taurinszintézis limitált, az epesavakhoz is lekötődik és ezért rendszeresen nagy mennyiségben ürül ki a szervezetből. A taurin a kutya szempontjából nem esszenciális.

A macska a kutyától eltérően különböző kéntartalmú aminosavakat is ürít a vizeletében. Ilyenek a felinin, izovalthin és az izobutein. Az utóbbi kettő aminosavról nem sokat tudunk, de a felinin napi 95, ill. 19 milligrammos kiválasztása a hím- és nőivarú macskákban már számottevő. Ez a macskák esetében jelentősen megnöveli a kéntartalmú aminosav szükségletet. A felinin és a másik kettő aminosav biológiai szerepe az állatok szempontjából teljes körűen nem ismert.

Az aminosav metabolizmussal kapcsolatban úgyszintén a macska sajátossága, hogy a többi állatfajnál lényegesen nagyobb a fehérjeszükséglete. A **14. táblázat** azt mutatja be, hogy hogyan alakul a kutya, a macska

és a patkány fehérje- és esszenciális aminosav igénye. A kifejlett macska fehérjeszükséglete 40-60%-kal magasabb, mint a növedék vagy a kifejlett kutyaé, ill. patkányé. A táblázat adataiból az is kiderül, hogy a magasabb fehérjeszükséglet nem elsősorban az esszenciális aminosavak nagyobb igényével áll összefüggésben, hanem a nem esszenciális aminosavakkal.

	Növedék			Kifejlett		
	macska	kutya	patkány	macska	kutya	patkány
nyersfehérje	12,00	7,57	8,41	2,77	1,98	1,40
esszenciális aminosavak						
szabad aminosavak	3,43	4,11	3,09	0,56	0,60	0,44
fehérjében kötött aminosavak	2,98	3,59	2,69	0,49	0,52	0,38

14. táblázat Minimális nyersfehérje és esszenciális aminosav szükségleti értékek a macska, a kutya és a patkány számára (g/kg^{0,75}/nap)

4. Esszenciális zsírsavak

Az arachidonsav a macska számára esszenciális, de nem az a kutya, a patkány vagy a sertés szempontjából. Ennek a zsírsavnak a szükségletét az határozza meg, hogy a macskában az arachidonsav szintéziséhez szükséges enzimrendszer egyik tagjának, a $\Delta 6$ -deszaturáz enzimnek az aktivitása rendkívül alacsony és ez korlátozza az arachidonsav szintézisét.

5. Vitamin metabolizmus

A legtöbb emlős a β -karotint át tudja alakítani A vitaminná. A dioxigenáz enzim aktivitása azonban a macskában rendkívül alacsony, ami gátolja ezt a folyamatot. A macskáknak ezért készen kell megkapniuk az A vitamint, a hiánytünetek megelőzése érdekében. A legtöbb emlős a niacint (nikotinsavat) a triptofánból elő tudja állítani. A macska azonban erre az átalakításra sem képes. How és mtsai. (1994) azt bizonyították, hogy a kutyák és a macskák nem képesek elegendő D vitamint sem szintetizálni. A macskák és a kutyák bőrében a 7-dehidrokoleszterol mennyisége nagyon alacsony, ami miatt a vitaminszintézis korlátozott.

6. Ásványi anyag metabolizmus

Már régebb óta ismert, hogy az ásványi anyagok a macskák esetében számos rendellenességért, pl. a húgykőképződésért felelősek. A képződő húgykővek magnézium-ammónium foszfátból, kalcium oxalátból, ammóniumfoszfátból, kalciumfoszfátból, cisztinből és xanthinből jönnek létre. A kőképződés megelőzésének egyik lehetősége a vizelet pH-jának megváltoztatása, a másik pedig a vizelettel ürülő magnézium mennyiségének csökkentése. A vizelet pH-jának 6,0-6,4-re történő csökkentése különböző savasítók segítségével a leghatékonyabb megelőzési módja a húgykő képződésének és a hétköznapi takarmányozásban is alkalmazott gyakorlat. A szárazeledelek, amelyek különösen hajlamosítanak húgykőképződésre, savasító anyagként foszforsavat, ammónium kloridot, kalcium kloridot és metionint tartalmaznak. A kész tápok magnéziumtartalmát is a lehetséges legalacsonyabb szintre célszerű beállítani.

A fenti, emésztőtraktusra vonatkozó és metabolikus sajátosságok alapján kijelenthető, hogy a kutya közelebb áll a mindenevőkhöz, mint a macska. A macska ugyanakkor teljesen megőrizte ragadozó mivoltát. Mindazok a táplálóanyagok, amelyeket a macska nem tud előállítani (taurin, arginin, arachidonsav, A-vitamin, niacin) az állati eredetű takarmányokban található meg.

7. A tápgyártás kritériumrendszere

Az ember számára számos táplálék áll rendelkezésre, amelyből fedezheti táplálóanyag szükségletét. A különböző gazdasági haszonállatok részére úgyszintén olyan tápokot gyártunk, amelyek természetes körülmények között segítik a különböző állati termékek előállítását. A macskák és a kutyák esetében az emberhez hasonlóan a cél inkább csak a betegségmentes, a lehetőségekhez képest leghosszabb élet. A kutyát és a macskát leggyakrabban olyan környezetben tartják, ahol nem tud gondoskodni a számára szükséges takarmányokról. A kedvtelésből tartott állatok részére gyártott tápok esetében fontos minősítő tényező az ízletesség, az állattartók véleménye és olyan tápok gyártása, amelyek az állatok táplálóanyag-szükségletét

kiegyensúlyozottan biztosítják. A tápgyártó cégek hatalmas összegeket költenek a tápok ízletességének kutatására. Ha a kutya vagy a macska szereti a számára vásárolt tápot, akkor ez jó érzéssel tölti el a gazdáját, és újra ugyanazt a tápot fogja vásárolni. Az adott márka elismertsége úgyszintén meghatározó a vásárlási szokások kialakulásában. A táp formátuma, színe, szaga, a doboz megjelenése, mind-mind fontos szempontnak minősül.

A gazda szempontjából fontos jelzés a bélsár minősége. Mivel egyes takarmánykomponensek jelentősen befolyásolják a bélsár víztartalmát, különösen a kutyatápok esetében, erre a korlátozó tényezőre is tekintettel kell lenni. A tápok eladhatósága szempontjából az adott cég marketingstratégiájának is komoly jelentősége van. Különböző olyan állati eledeleket gyártanak, amelyek több variációban is rendelkezésre állnak (hal, bárány, marha, csirke, nyúl stb.). A különböző tápok váltogatása csökkenti annak a kockázatát, hogy az egyoldalú táphasználat miatt hiánybetegségek léphetnek fel. A macskák esetében pl. E vitamin hiánytünetet tapasztaltak haltartalmú tápok hosszabb idejű etetését követően (Koutinas és mtsai., 1993). A kutatási költségek egy jelentős részét napjainkban egyre inkább a tápok tesztelésére fordítják a gyártók.

8. Ízletességi tesztek

Az ízletesség fontosságát nem kell hangsúlyozni, hiszen hiába adunk teljes értékű tápot a kutyának vagy a macskának, ha azt az állatok nem fogyasztják szívesen. Az ízletességet több tényező is befolyásolja, ilyenek pl. a táp állaga, a felhasznált alapanyagok minősége, az alkalmazott hőkezelési eljárások, a szag, az íz, a hőmérséklet, az állat esetleges korábbi tapasztalata az adott tápról stb.

A különböző ízletességi tesztről aránylag kevés információ áll rendelkezésre az irodalomban. A leggyakrabban alkalmazott módszer az úgynevezett „kétédényes-szabadválasztásos” módszer. Ennek során az állatoknak két különböző edényben a napi szükségletüket meghaladó takarmányt adnak. A tesztelési időszak végén megméri a takarmányfogyasztást és értékeli a kétfajta tápot. A vizsgálati időszak 2 órától 24 óráig terjedhet. A legtöbb takarmánygyártó cég saját táptestet metodikával rendelkezik, amely cégenként különböző. A tesztelés gyakran kiegészül a kutya- és macskatartóknál történő „otthoni” ízletességi vizsgálatokkal. Ennek tipikus formája, amikor több száz állattartót keresnek meg és látnak el különböző tesztelésre kijelölt kutya- és macskatáppal. A gazdákat megkérlik, hogy határozzák meg a kutya és a macska preferenciáját és más egyéb paramétereket, pl. a szint, a szagot, az állagot, ami a takarmánygyártó szempontjából fontos lehet. Ezek a tesztek általában egyhetesek. Eredményeiket összehasonlítják a tápgyártók által végzett preferenciatesztek eredményeivel, majd ezt követően döntenek az értékesítésről.

9. A kész tápok tesztelése kémiai vizsgálatokkal

Egy kutya- vagy macskatáp takarmányértékét az határozza meg, hogy a benne lévő táplálóanyagok milyen mértékben felelnek meg az állatok szükségletének. Ha az analitikai vizsgálatok során bizonyos táplálóanyagok hiányára derül fény, akkor a táp nem nevezhető teljes értékűnek. A kutya és a macska növekedéséhez és életfenntartásához szükséges tápanyagszükségleteket legrészletesebben az NRC (1985, 1986) tartalmazza.

A kémiai vizsgálatok és a tápok beltartalmi paramétereinek feltüntetése nem veszi figyelembe a táplálóanyagok hasznosulását. A kutya és a macska szükségleteit publikáló NRC táblázatok a szükségleteket hasznosítható táplálóanyag formában adják meg. Ezért a kémiai vizsgálatok eredménye nem összevethető ezekkel az adatokkal. A kutyára és a macskára vonatkozó emészthetőségi vizsgálatokat ezekkel az állatokkal is ugyanúgy el lehet végezni, mint ahogyan az a gazdasági haszonállatokkal történik. A kutya-macskatápok előállításához használt különböző melléktermékekre vonatkozóan azonban kevés információ áll rendelkezésre és ezeknek a melléktermékeknek a táplálóanyag-tartalma is lényegesen nagyobb a szórást mutat. A kutya- és macskatápok gyártása során alkalmazott hőkezelés úgyszintén befolyásolja a tápanyagok kémiai struktúráját, amelyet a kizárólag analitikai paramétereken alapuló tápgyártás során nem tudunk figyelembe venni.

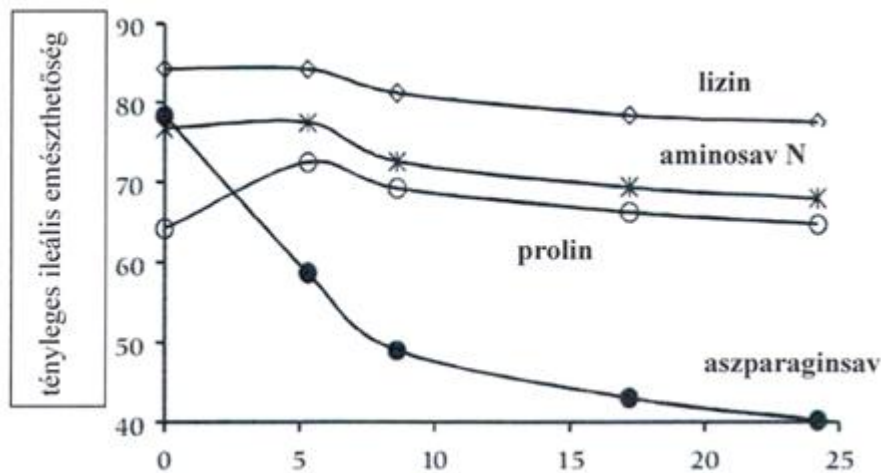
10. Egyéb tesztek, speciális tápok

Ilyen rutinszerűen alkalmazott vizsgálat a tápgyártók részéről a vizelet pH-tartalmának és a táplálóanyagok emészthetőségének vizsgálata. A vizelet pH-jának a már korábban említett húgykőképződés miatt van jelentősége. A kutya és a macska számára különböző terápiás célra készített tápokot is gyártanak a különböző betegségek kezelése érdekében. Ezeket a tápokot gyakran állatorvosok árusítják. Jelenleg ilyen tápok vannak forgalomban a krónikus veseelégtelenség, az elhízás, az allergiák, a magas vérnyomás és a hasmenés kezelésére. Ezeknek a tápoknak a tesztelését a törvény nem írja elő, ez teljes egészében a gyártók felelőssége.

11. Kutya és macska készítapok

A különböző vágóhídi termékekből (marha, hal, baromfi, szarvas, bárány stb.), gabona magvakból, húsipari melléktermékekből, zsírokból, olajokból, növényi fehérje koncentrátumokból, cukorból, továbbá víz, emulzióképzők, színezékek, vitaminok és ásványi anyagok felhasználásával száraz, fűszár és nedves tápok gyártanak. Az eltarthatóság javítása, a kívánt fizikai formátum és az ízletesség javítása érdekében a tápok általában extrudálják, főzik, pasztórozzák vagy sterilizálják. Számos információ áll rendelkezésre a sertés- és baromfitápok hőkezelésének hatásairól. A kedvtelésből tartott állatok tápjaira vonatkozóan azonban kevés az irodalmi adat. A hőkezelés általában negatívan befolyásolja a tápok táplálóanyag tartalmát (NRC, 1986). A tápgyártás során bekövetkező vitaminvesztés részletesen dokumentált (Roche, 1981.). A tiamin különösen érzékeny a hőkezelésekre, ami miatt a hőkezeléseket követően gyakran még tiammal egészítik ki a végterméket. A dobozos macskaeledelek hőkezelése befolyásolja a macskák taurin ellátottságát, mivel növeli a taurin epesavakhoz való kötődését a vékonybélben. A takarmányérték változásán túl a hőkezelés a macskaeledelek ízletességét is negatívan befolyásolja. A hőkezelés a tápok fehérjetartamára is hatással van. Backus és mtsai (1995) eredményei alapján a dobozos macskatápok hősterilizálását követően megnőtt a nitrogén fekális emészthetősége, ami viszont a hőkezelés pozitív hatását bizonyítja. A szabad lizin meghatározása a hőkezelést megelőzően és azt követően jól használható in vitro módszer a fehérjék hőkárosodásának vizsgálatakor. Rutherford és Moughan (1997) nedves és száraz macskaeledelek összes és szabad lizin tartalmának emészthetőségét határozták meg. Az extrudálással gyártott száraz táp esetében nem volt különbség az összes emészthető és a hasznosítható lizin tartalomban. A nedves táp tényleges emészthetősége azonban 10%-kal csökkent a hőkezelés és a lizinkárosodás miatt.

Az aminosavak tényleges ileális emészthetősége általában csökken a hőkezelésből adódóan, ami a fehérjék hőkárosodására utal (8. ábra). A táp aminosav eredetű nitrogén és prolin emészthetősége a kismértékű hőkezelés hatására kezdetben növekedett, majd csökkent a hőkezelés hosszának függvényében. A hőkezelésből adódóan az aszparaginsav esetében tapasztalták a legdrasztikusabb emészthetőség csökkenést.



8. ábra Macskakonzerv 121 °C-os hőkezelésének hatása aminosavak és az aminosav N emészthetőségére

Irodalmi adatok alapján a kutyák hatékonyabban tudják emészteni a takarmányok táplálóanyagait, mint a macskák. Kendall és mtsai (1982) többfajta táp táplálóanyagainak emészthetőségét határozták meg kutyákkal és macskákkal. A szárazanyag, a nyersfehérje, a nyerszsír, a nitrogénmentes kivonható anyag és a bruttó energia látszólagos fekális emészthetősége szignifikánsan magasabb volt a kutyáknál.

12. Ellenőrző kérdések:

- Jellemezze a kutya és a macska emésztőtraktusának felépítését!
- Miben tér el a két faj táplálóanyag metabolizmusa?
- Melyek a kutya és macska tápok minőségét meghatározó legfőbb kritériumok

Chapter 7. A táp receptúra összeállítás pontosításának lehetőségei

A pontos és költséghatékony takarmány-előállítás a különböző gazdasági állatfajok részére akkor lehetséges, ha pontos ismeretekkel rendelkezünk az állatok szükségletéről és takarmányaik táplálóanyag tartalmáról, azok hasznosulásáról. Mindezek mellett a takarmányozási szakemberek számos egyéb tényezőt, korábbi tapasztalataikat, a táp formátumára, az ízletességre, az állatok és az állattartók igényeire vonatkozó szempontokat egyaránt figyelembe vesznek.

1. A tápgyártás gyakorlati lépései a következők:

1. Az adott állatfaj növekedésének és termelésének becslése.
2. Az állati termeléshez szükséges táplálóanyag szükségleti értékeket meghatározása.
3. A szükségleti értékek takarmány táplálóanyag-tartalomra való átszámítása.
4. A tápgyártáshoz rendelkezésre álló alapanyagok táplálóanyag-tartalmának és a táplálóanyagok emészthetőségének meghatározása.
5. Az egyes alapanyagok minimális és maximális bekeverhetőségi szintjének meghatározása.
6. A rendelkezésre álló komponensekből a legolcsóbb keverék összetételének meghatározása.
7. A receptúrának megfelelő táp legyártása.

2. Az állatok növekedése és termelési paraméterei

Az adott állatfaj, fajta, hasznosítási típus növekedését, termelési paramétereit és termelési célját pontosan meg kell határozni a táplálóanyag-szükségleti értékek meghatározása előtt. A különböző állatfajok esetében rendelkezésre állnak azok a módszerek, amelyekkel becsülni lehet a különböző takarmányozási tényezők fehérje- és energiabeépülésre, valamint a takarmányfelvételre gyakorolt hatását. Rendelkezésre állnak azok az információk is, amelyek segítségével a sertések és a madarak esetében becsülni lehet a bőr, a szőr és a toll formájában beépülő fehérje mennyiségét. Ezeket az információkat a testfehérje, és a testzsír beépülésével kombinálva fel lehet használni arra, hogy különböző számítógépes szimulációs modellekkel becsüljük az adott állatfajta, csoport növekedését és táplálóanyag-hasznosítását. A vemhes vagy szoptató koca esetében pl. információ szükséges a magzat növekedéséről, kémiai összetételéről, a tejmirigyek és a méh nagyságáról, a tejtermelés mértékéről, a tej összetételéről. A tojótyúk esetében hasonlóan fontos a tojástermelés szintjének, a tojás méretének és összetételének ismerete.

A testszövetek összetételét a növendék, vemhes és szoptató állatokban nagymértékben befolyásolja az energiafelvétel. A sertés esetében pl. az energiatartalmának növelése egy szintig növeli a fehérjebeépítést. Az e feletti további energia felvétel azonban már csak zsír formájában épül be a sertés szervezetébe. Emiatt a takarmány energiatartalmára vagy szárazanyag-tartalmára vonatkoztatott aminosav szükségleti értékek csökkennek a maximális fehérjebeépülést meghaladó energiaszinteken. Emiatt a tápgyártást megelőzően pontosan kell ismerni az adott állatcsoport várható takarmányfelvételét. Az állatokat korlátozottan vagy ad libitum takarmányozhatjuk. Ez utóbbi esetben fontos tudnunk, hogy a takarmányfelvételt befolyásolják-e a tápgyártáshoz felhasznált alapanyagok, a környezeti tényezők, például a hőstressz vagy különböző betegségek.

Az állatok növekedését és testösszetételét a táp aminosav-tartalma úgyszintén jelentősen befolyásolja. Az aminosav hiány a normál fehérjetartalmú tápokhoz képest csökkent mértékű fehérjeszintézist, kisebb növekedést és nagyobb arányú zsírbeépülést eredményez. Bizonyos piacok és állati termékek esetében azonban a zsírosabb állatok előállítása lehet a cél, amelyeknek kedvez a fehérjehiány. Nyilvánvaló tehát, hogy az állatok növekedését és termelési paramétereit számos tényező befolyásolja. Ezeket pontosítani kell az állatok szükségleti értékeinek megállapításakor.

3. A különböző szövetek táplálóanyag szükségleti értékei

Ha ismerjük az adott állatsoport termelési és növekedési jellemzőit, meg kell határozni a különböző szövetek beépülésének táplálóanyag szükségletét, majd ezeket a szükségleti értékeket egyszerűen összegezzük. A fehérje és az egyedi aminosav szükségleti értékek, pl. a testfehérjék beépülésének, a vizelet endogén nitrogénvesztésének, a bélből származó fehérje- és aminosav-vesztéseknek, a bőr, a szőr és a toll szintéziséhez szükséges fehérjének, a tenyészállatok esetében pedig a magzat, a tejmirigyek és a méh növekedésének szükségletéből, a tej- és tojástermelő állatoknál pedig a tej- és a tojásfehérje szükségletéből adódnak. A növedék állatokra vonatkozóan a különböző testszövetek nitrogén-szükségletét határozzák meg elsőként, majd az adott szövet aminosav-összetételével korrigálva határozhatjuk meg az aminosav-szükségeket. Ez a megközelítés vezetett az ún. ideális fehérje koncepció kidolgozásához. Ugyanakkor az is ismert, hogy a testfehérje aminosav-összetétele különbözik az endogén fehérjevesztések és ezáltal a létfenntartás aminosav-igényétől. Emiatt nem egyfajta aminosav-összetételt használunk az ideális fehérje koncepció során, hanem eltérőt a testfehérje beépülésére és a létfenntartásra vonatkozóan.

Az állatok energiaszükségletét hasonló módon, az egyes funkciók energiaszükségletének összegéből számítjuk. Az energiaszükséglet magában foglalja a bőr, a szőr képződéséhez és a létfenntartáshoz szükséges energiamennyiséget, továbbá a mozgás, a hőszabályozás, a magzati beépülés, a tejmirigyek, a méh, a tojás és a tej képződéséhez szükséges energia mennyiségét.

A szövetek ásványi anyag- és vitamínszükségletét úgyszintén figyelembe kell venni. Az ásványi anyagok szükségletét döntően a csontnövekedés és az egyéb metabolikus funkciókban betöltött szerepük indokolja.

Az állatok szükségleti értékeit hagyományosan a faktoriális és a „dose response” módszer kombinációjával határozzák meg, amelynek során az adott funkció szükségletének meghatározása úgy történik, hogy az állatokkal az adott táplálóanyag növekvő dózisait etetik és meghatározzák, hogy az állatok termelése mely táplálóanyagszintnél éri el a maximumát. Ezzel a módszerrel, a különböző egyéb paramétereket is figyelembe véve ki tudjuk számítani az állat teljes szükségletét. Ezek az eredmények azonban természetesen teljes körűen nem tudják figyelembe venni az állatsoport genotípusából, ivarából és a környezeti tényezők változásából adódó eltéréseket. Ez indokolja, hogy egyre szélesebb körben különböző számítógépes szimulációs módszerek alkalmaznak a tápanyagszükségleti értékek becslése, a korrekciós faktorok figyelembe vétele érdekében.

4. A szükségleti értékek figyelembevétele

A szükségleti értékek megfelelő dimenzióban történő megadása a takarmánygyártás egyik legnehezebb feladata, amelynek során számos a termelésre, a tartásra vonatkozó döntést kell meghozni. El kell dönteni pl., hogy az adott genotípusnak várhatóan milyen lesz a takarmányfelvétele, a teljesítménye és hogy a szükségleti értékeket várhatóan befolyásolják-e klimatikus tényezők, az állatok mozgása, betegségek vagy egyéb faktorok. Korábban az adott állatsoport sajátosságaival és a környezeti tényezőkkel kapcsolatos tényezőket általában figyelmen kívül hagyták. A számítógépes szimulációs modellek alkalmasak arra, hogy a szükségletek pontosításakor ezekre is figyelemmel legyünk.

A szükségleti értékek mértékegységének megadásakor tisztázni kell például az aminosavak vonatkozásában, hogy a szükségleti értékeket ténylegesen emészthető, látszólagosan emészthető, ileális, ill. fekális mérések eredményei alapján adjuk meg. Amint ezt a döntést meghoztuk, el kell dönteni, hogy az aminosav-szükségletet pl. g/nap, g/MJ DE vagy g/kg táp egységben szerepeltetjük. Ugyancsak döntést igényel, hogy az esszenciális aminosavak mindegyikét ugyanabban a dimenzióban fejezzük ki vagy a lizin százalékában. Ha az aminosavakat az energiához viszonyítjuk, el kell dönteni, hogy melyik energiaformát, az emészthető, a metabolizálható vagy a nettó energiát használjuk. Ha mindez eldőlt, akkor azt kell megállapítani, hogy ezeket az egységeket milyen élőtmeg intervallumban vagy élettani stádiumban használjuk. Ez a gyakorlatban annak eldöntését jelenti, hogy pl. a növedék állatoknál hány fajta tápok etetünk a választástól a hizlalás befejezéséig.

Az aminosav szükségletek megadásának leghatékonyabb formája, ha a táp energia szintjéhez viszonyítjuk azokat. Ebben az esetben azonban a takarmány aminosav-tartalma és az állat szükséglete esetében ugyanazt a mértékegységet kell használnunk. Nagyon kevés információ áll jelenleg rendelkezésre a takarmányok hasznosítható aminosav-tartalmáról, sok ugyanakkor a publikált eredmény a tényleges és a látszólagos ileális emészthetőségről. Mivel az endogén aminosav-ürítést nagymértékben befolyásolja a takarmányfelvétel nagysága, a takarmány rost-, fehérje- és antinutritív anyag-tartalma, továbbá az állatok testtömege, gyakorlati

szempontból a legjobb kifejezési módot az ileálisan emészthető aminosav-tartalom egységnyi energiára vonatkozó része jelentheti. A leggyakrabban használt energiaformák a sertés esetében az emészthető energia (DE), a baromfifajok esetében pedig a látszólagos metabolizálható energia (AME). A takarmány aminosav-tartalmát ezért a sertés esetében g ileális emészthető aminosav/MJ DE, a baromfi esetében pedig g ileális emészthető aminosav/MJ AME formában adhatjuk meg. Ideális esetben így kell szerepeltetni a receptúra összeállításakor az esszenciális aminosavak mindegyikét, továbbá a metionin+cisztin és a fenilalanin+tirozin együttes mennyiségét.

5. A takarmány alapanyagok táplálóanyag-tartalma

A takarmányokban potenciálisan rendelkezésre álló táplálóanyagok mennyiségét pontosan kell ismerni a receptúrákésztés előtt. A különböző alapanyagok táplálóanyag-tartalmára vonatkozóan a különböző optimalizáló szoftverek saját adatbázissal rendelkeznek. Ezeket a szakemberek rendszeresen frissítik. Döntést igényel, hogy milyen alapanyagokat vonjunk be az optimalizálásba az adott táp elkészítése során. Az alapanyagok köre természetesen országonként és régióként is változhat a takarmányok rendelkezésre állásának függvényében. Az USA-ban pl. hagyományosan kukorica és szója alapon készítik a tápokot, míg Európában és Ausztráliában a gabonák, a malomipari melléktermékek, a pillangósok, az extrahált darák és az egyéb ipari melléktermékek széles körét használjuk.

Az alapanyagokként figyelembe vett táplálóanyag köre is változó. A lényeg ezzel kapcsolatban az, hogy lehetőség szerint minden olyan táplálóanyagot figyelembe vegyünk, amelyeket az állatok szükségletének kifejezésekor is fontosnak tartunk. Pl. ha a sertés esetében az egységnyi energiára jutó aminosav-szükségleti értékeket adjuk meg, akkor ugyanezt a dimenziót kell használni a takarmányok aminosav-tartalmának kifejezésére is. Az adatbázisnak természetesen tartalmaznia kell az alapanyagok aktuális árát is.

Bár a gyakorlatban használt optimalizáló szoftverek adatbázisában több száz táplálóanyag szerepel, a takarmánygyártás során ennél lényegesen kevesebbet veszünk figyelembe. Ennek is megvannak a kockázatai. Ha ugyanis pl. csupán csak néhány aminosavat szerepeltetünk, felmerülhet annak a lehetősége, hogy a figyelembe nem vett esszenciális aminosavak valamelyike fogja limitálni az állatok termelését.

6. A táplálóanyagok és takarmányok minimum és maximum korlátai

A gyártás megkezdése előtt fontos meghatározni az egyes takarmányok és táplálóanyagok minimális és maximális szintjét. A legtöbb táplálóanyag esetében minimális korlátot használunk. Ez vonatkozik pl. az aminosavakra, ásványi anyagokra, vitaminokra. A legtöbb esetben a mikroelemeket és vitaminokat a receptúra számítása során nem vesszük figyelembe, hanem premixekkel gondoskodunk a kiegészítésükről. Az energia vonatkozásában gyakran minimum és maximum korlátot egyaránt szerepeltetünk.

Maximum korlátot szerepeltetünk néhány olyan táplálóanyagnál, pl. az ásványi anyagoknál, amelyek nagyobb dózisban toxikusak vagy anyagcserezavart eredményezhetnek. Ugyancsak maximális korlátot adunk meg a zsíroknál és a rostoknál, amelyek befolyásolják a többi táplálóanyag emészthetőségét. Azoknál a tápanyagoknál, amelyek kölcsönhatásban vannak egymással, pl. a kalcium és a foszfor, az aminosavak vagy a telített és telítetlen zsírsavak, úgyszintén célszerű minimum és maximum korlátot is megadunk. Környezetvédelmi megfontolásokból a nitrogénre és a foszforra vonatkozóan úgyszintén egyre szélesebb körben adhatunk meg maximum korlátot.

Maximum korlátokat szerepeltetünk bizonyos ízletességet befolyásoló, toxicitást eredményező, az állat emésztését befolyásoló anyagokra, pl. a penészekre, mikotoxinokra, gyommagvakra és különböző szermaradványokra vonatkozóan is. Minimum bekeverhetőségi korlátot alkalmazhatunk néhány alapanyag esetében, amelyek javítják az ízletességet vagy hozamfokozó hatással bírnak. Maximum vagy minimum korlátokat használunk azoknál az alapanyagoknál is, amelyek befolyásolják a késztermék struktúráját, granulálhatóságát. Erre példa hazai viszonyok között például a búza szerepeltetése a tápokban, a pelletminőség javítása miatt.

7. A legolcsóbb keverék összeállítása

A takarmányipar a lineáris programozáson alapuló, költségoptimalizáló szoftvereket széles körben használja. Az optimalizálás során úgy tudjuk kielégíteni az állatok táplálóanyag igényét, hogy az a rendelkezésre álló legolcsóbb alapanyag lehető legnagyobb arányú felhasználásán alapul. Az optimalizálás feltétele, hogy az állat szükségletét és a takarmány táplálóanyag-tartalmát ugyanabban a mértékegységben adjuk meg.

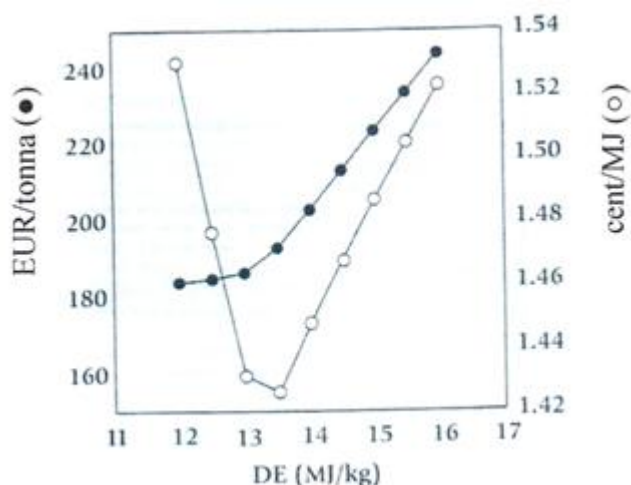
A lineáris programozás alapfeltétele, hogy a különböző alapanyagok között a táplálóanyagok hasznosulására vonatkozóan ne legyen kölcsönhatás. A receptúra készítés során azt feltételezzük, hogy a takarmányok táplálóanyagai additíven összegződnek. Ez többnyire így van, de néhány speciális esetben, pl. a nagy zsír, rost vagy antinutritív anyagokat tartalmazó alapanyagok esetében ez nem mindig igaz.

A receptúra készítés során fontos cél, hogy a keverék egységnyi mennyiségének ára minimális legyen. Ebből a szempontból bizonytalansági tényezőt jelent, hogy a takarmányok táplálóanyagainak ára is jelentősen változhat. A sertéstápok esetében pl. az emészthető energia fontos paraméter, mert ennek arányában adják meg az aminosavak és egyéb táplálóanyagok mennyiségét is. Ha a legkisebb költségre optimalizálunk, akkor a DE-tartalom 12-ről 13 MJ/kg-ra növelésekor, az energia szint növekedése kis mértékben növeli a táp árát. Amennyiben az energiaszintet 16 MJ/kg-ra növeljük, ez már meredek tápár növekedést okoz. Ha azonban a költségeket egységnyi energiára vetítjük, akkor ez a költség 12 MJ felett kezdetben csökken 13,5 MJ/kg-ig, majd ezt követően meredeken emelkedik (9. ábra). Ha a receptúra készítés során az egységnyi tömegről vonatkozó költséget vesszük figyelembe, akkor a 12 MJ/kg-os tápot kell választani, ha az egységnyi energiára jutó költséggel számolunk, akkor viszont a 13,5 MJ/kg-os érték adódik a legoptimálisabbnak.

8. Tápgyártás

A gazdasági állatok táplálóanyag-ellátása az elkészített tápokkal addig nem tekinthető lezártnak, amíg az állatok a megfelelő mennyiségű takarmányt el nem fogyasztották. Számos tényező, pl. a toxikus és az ízhatást befolyásoló kellemetlen anyagok csökkenthetik a takarmányfelvételt és ezáltal teljes értékű tápok etetésekor is előfordulhat táplálóanyag-hiány.

A táp gyártása során három fontos tényezőt kell figyelembe venni. Az első az alapanyagok kémiai összetételének pontos ismerete. A legtöbb tápgyártó cég manapság rendelkezik közeli infravörös spektroszkópián alapuló készülékkel (NIR), amelynek segítségével előzetes kalibrálást követően gyorsan lehet becsülni a komponensek víz-, fehérje-, zsír- és rosttartalmát. Emellett meg kell határozni a takarmányok különböző szennyezőanyagainak szintjét, a mikotoxinok, a mérgező gyommagvak és egyéb olyan anyagoknak a mennyiségét, amelyek a táp ízletességén keresztül az állatok teljesítményét befolyásolják.



9. ábra Az egységnyi mennyiségre és az egységnyi energiára jutó költségek alakulása sertéstápok optimalizálásakor

A második fontos faktor, hogy a komponenseket a receptúrának megfelelően pontosan mérjük be és keverjük őket össze. Számos olyan tényező van, amely ennek a pontosságát befolyásolja. Ilyenek pl. a keverők túltöltése, az elavult technológiák alkalmazása, a nem megfelelő keverési idő, a túlkeverésből adódó osztályozódás.

A harmadik fontos tényező, hogy a kész tápot olyan formában gyártsuk le, amely az adott állatfaj, korcsoport igényeihez igazodik és megfelel az állattartó telep takarmánykiosztó technológiájának. A táp fizikai formátuma komoly hatással van a veszteségekre (**15. táblázat**).

	dercés	granulált
takarmányfelvétel (g/nap)	1551	1640
testtömeggyarapodás (g/nap)	771	789
takarmányértékesítés (g/g)	2,48	2,13
takarmány kiszóródás (g/nap)	388	26
veszteség (%)	18,7	1,5

15. táblázat A táp formátumának hatása sertések teljesítményére és a takarmányvesztésre (Hutson, 1998)

Amikor 25 kg-os hízóknak 4 héten keresztül ugyanazt a tápot adták, dercés vagy granulált formában, azt tapasztalták, hogy a testtömeg-gyarapodást a táp fizikai formátuma nem befolyásolta számottevően, a takarmányvesztés viszont lényegesen nagyobb volt a dercés tápot fogyasztó csoportban. A tápgyártás sikerességét jelentősen meghatározó tényező a kész táp minőségének ellenőrzése. Ebből a szempontból lényeges, hogy a tápgyártás folyamatában meglegyenek azok a kritikus ellenőrzési pontok, amelyek mentén az ellenőrző méréseket az üzemben a normál gyakorlat közepette, rutinszerűen elvégzik.

9. Ellenőrző kérdések:

- Milyen módon lehet meghatározni egy állat energia és fehérje szükségletét?
- Milyen információkra van szükség a takarmány alapanyagokról a receptúra készítés megkezdése előtt?
- Mi befolyásolhatja adott takarmány minimális vagy maximális bekeverhetőségét?

Chapter 8. Takarmánykiegészítők

Takarmány-kiegészítőknek azokat az anyagokat nevezzük, amelyeket annak érdekében kevernek a takarmányokhoz, hogy javítsák a táplálóanyagok hasznosulását, a bél mikroflórájának stabilitását és ezáltal javítsák a gazdasági állatok teljesítményét, fajlagos mutatóit, az állatok immunrendszerét és egészségi állapotát.

1. Antibiotikumok

Az antibiotikumokat kis dózisban etetve csökkentik a gazdasági állatok emésztőtraktusában a mikrobák szaporodását. Mikroorganizmusok, gombák termelik, de szintetikus úton is előállíthatók. Szubterápiás dózisban az antibiotikumok hozamfokozó hatásúak. A bél mikroflórájának összetételét befolyásolják, javítva ezáltal a táplálóanyagok hasznosulását. Ez döntően azzal áll összefüggésben, hogy:

- csökkentik a patogén baktériumok aktivitását, ezáltal kisebb lesz az esély a betegségek kialakulására,
- csökkentik a toxintermelő baktériumok számát, amelyek kifejezetten teljesítménycsökkentő hatásúak,
- csökkentik a teljes baktériumszámot, melynek eredményeképpen a táplálóanyagok kisebb hányada fog fermentálódni, nagyobb hányad áll rendelkezésre az állat számára,
- növelik az emészthetőséget a vékonybélben, a bélhám vastagságának csökkentésén keresztül.

Az antibiotikus hozamfokozókat többnyire a sertés- és baromfitápokban használták, amelyek 4-16%-ban javították az állatok növekedését, 2-7%-ban pedig a takarmányhasznosítást. A kedvező hatás a fiatal és a döntően növényi fehérjéket tartalmazó tápok esetében volt nagyobb. Használatuk kedvezőbbé tette az elhullási mutatókat.

Az antibiotikumok széles körű alkalmazása felvetette annak a lehetőségét, hogy az ún. keresztrezisztencia kialakulása révén több baktériumtörzs a gyógyászatban alkalmazott antibiotikumokra is rezisztenssé válhat. Ez nagymértékben lecsökkentené az antibiotikumok hatékonyságát számos betegség esetében. Emiatt az Európai Unióban 2000-től kezdődően csökkentették a hozamfokozó antibiotikumok felhasználási lehetőségét. Ezt követően csupán 4 készítmény használatát engedélyezték, ezek a flavophospholipol, az avilamycin, a salinomycin nátrium, és monensin nátrium. A sertéstakarmányozásban a rezet is alkalmazták, mint antibakteriális kiegészítőt. Ha a szükségesnél lényegesen magasabb rézkiegészítést alkalmaztak (200 mg/kg), a sertések növekedése javult. Az utóbbi időben azonban a környezetvédelmi megfontolások és a szerves trágyák réztartalmának növekedése miatt az Európai Unió korlátozta a réz ilyen irányú felhasználási lehetőségeit.

2. Probiotikumok

Az antibiotikumokkal ellentétben a probiotikumok használatának célja, hogy a bélben bizonyos, kedvezőnek ítélt baktériumok túlsúlyba kerüljenek. A probiotikum tulajdonképpen élő mikroflóras készítmény, amely stabilizálja az állat bélflóráját. A kedvező mikroorganizmusok olyan enzimeket termelnek, amelyek segítik a gazdasági állatok emésztési folyamatait és gátat szabnak a patogéneknek. A választáskori stressz a fiatal malacok esetében például gyakran okoz emésztési problémákat, melyeket sikeresen lehet kezelni probiotikumokkal, pl. laktobacilusokkal.

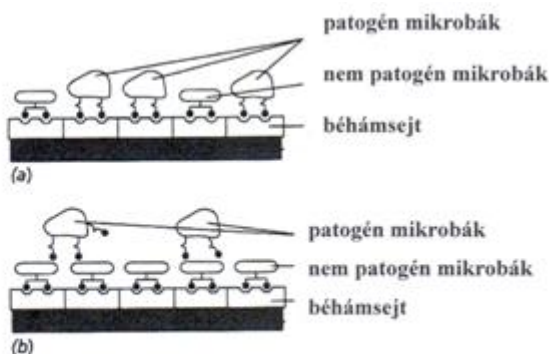
A kedvezőnek ítélt baktériumok hatásaikat a következő módokon fejtik ki:

- A bélnyálkahártyához kötődően megakadályozzák a patogén mikrobák megkötődését. Számos baktérium, pl. az *Escherichia coli*, ahhoz, hogy felszaporodjon a bélben kapcsolatba kell, hogy kerüljön a bélhámmal. A kapcsolódást a bélhámsejtekhez a mikroorganizmusok a fehérjetermészetű lektinjeik révén tudják megvalósítani, amelyek a sejtek speciális oligoszacharid receptoraihoz tudnak kötődni. A laktobacillusok ezektől a kapcsolódási pontokból tudják kiszorítani a kórokozókat (**10. ábra**).
- A patogén baktériumok által termelt enterotoxinokat semlegesítik.
- Baktericid hatásúak, ami azt jelenti, hogy a tejsavtermelők a tejcukorból tejsavat állítanak elő, amelynek révén a bél pH-ja olyan alacsony szintre süllyed, hogy azt a káros mikrobák nem képesek tolerálni. A fermentáció

során hidrogén-peroxid is képződik, amely csökkenti a Gram-negatív baktériumok szaporodását. Néhány tejsavtermelő baktérium, pl. a streptococcusok és lactobacillusok antibiotikumokat is termelnek.

- Csökkenti az aminosav képződését. A coliform baktériumok ugyanis dekarboxilezik az aminosavakat, amelynek eredményeképpen aminosavak jönnek létre. Ezek irritálják a bélműködést, toxikusak és gyakran hasmenést okoznak.

- Javítják az állatok immunstátusát. Ha fiatal malacokkal probiotikumokat etetünk, akkor ez növeli a vérérték fehérje-tartalmát és a fehérvérsejt számát. Ez az immunrendszer stimulálásával és a nagyobb antitest termelődésével áll összefüggésben.



a = normál állapot; b = probiotikumok etetését követően

10. ábra Patogén mikrobák kompetitív kizárása (Ewing és Cole, 1994)

Egyéb kedvező hatásai a probiotikumoknak, hogy növelik az emésztőenzim termelést, javítják a táplálékanyagok felszívódását és a vitaminok képződését. Amennyiben hatásukat különböző korú sertésekre vonatkozóan hasonlítjuk össze, a fiatal malacok esetében a probiotikumok hatékonyabbak, mint a már kiegyensúlyozott mikroflórával rendelkező kifejlett sertésekben.

A monogasztrikus állatok tápjaiban általában lactobacillusokat, Bacillus subtilist és streptococcusokat használnak probiotikumként. A kérődző állatokban különböző élő élesztőkultúrák, pl. a Saccharomyces cerevisiae, ill. élesztő sejtkivonatok hatékonyan képesek módosítani a bendőfermentációt. Az élesztők növelik a kérődzők takarmányfelvételét és javítják a rostemésztést a bendőben. Ez azzal áll összefüggésben, hogy módosítják a bendő mikroba-összetételét.

Feltételezhető, hogy az élesztők különböző metabolitjai (B-vitaminok, elágazó lánccú zsírsavak, aminosavak és peptidek) stimulálják a Megasphaera elsdenii baktérium szaporodását. Ez a mikroba a tejsavat használja fel, amely a nagy keményítő- és cukortartalmú takarmányok fermentációjakor képződik. Az élesztők hatására csökken a tejsavtermelők számára rendelkezésre álló cukor mennyisége, ezáltal javul a bendő pH-stabilitása és csökken az acidózis kialakulásának veszélye. Az élő élesztőkultúrák oxigént is felhasználnak a bendőben, amely javítja az anaerob cellulóz-bontó baktériumok életfeltételeit.

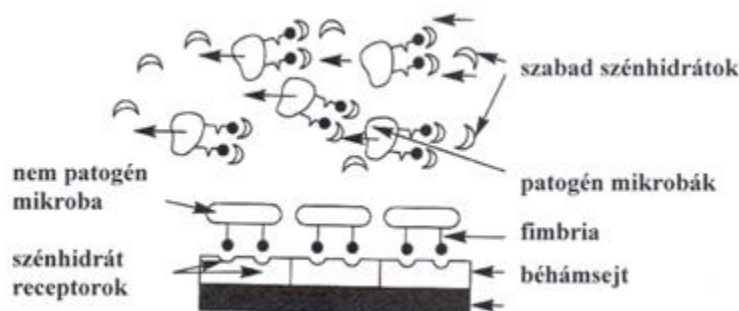
3. Prebiotikumok

A 2 és 20 szénhidrát egységből álló oligoszacharidok úgyszintén kedvezően befolyásolják a monogasztrikus állatok teljesítményét. Ezeket az oligoszacharidokat prebiotikumoknak is nevezik, amelyek elősegítik a kedvezőnek ítélt baktériumok szaporodását. Ilyen oligoszacharidokat tartalmaz pl. a szójadara, a repce és különböző pillangós magvak (alfa-galaktooligoszacharidok, GOS), a gabonamagvak (fruktooligoszacharidok, FOS) tejtermékek (transz-galaktooligoszacharidok, TIOS) és az élesztősejtfal kivonatok (mannán oligoszacharidok, MOS).

Kedvező hatásukat két módon fejtik ki. Egyrészt miután az állatok emésztő enzimjei csak gyengén képesek őket bontani, a kedvező hatású baktériumok tápanyagként hasznosítják őket, felszaporodnak, kiszorítva ezzel a patogéneket.

Másodsorban olyan módon is megváltoztathatják a bél mikrobapopulációját, hogy képesek megkötni a károsnak ítélt baktériumok egy részét. Amint az előző fejezetben szerepelt, a patogének olyan lektinokkal rendelkeznek, amelyek segítségével képesek a sejthártyához tapadni. A kötődést követően a baktériumok gyorsan

szaporodásnak indulnak. A szalmonella fajok és az E. coli mannóz-specifikus lektinekkal rendelkeznek. Ha nagyobb mennyiségű mannóz-tartalmú szénhidrát kerül a bélbe, pl. a MOS felhasználásakor, a káros baktériumok a bélben ezekhez a szénhidrátokhoz kötődnek, kevesebb kerül közülük kapcsolatba a sejthártyával (**11. ábra**). Az élesztőkben található mannánok hasonló elven működnek.



11. ábra Oligoszacharidok hatása patogén kórokozókra a bélben (Ewing és Cole, 1994)

Az oligoszacharidok működési mechanizmusának pontosabb megismerése és hatékonyságuk vizsgálata érdekében számos kutatást végeztek az elmúlt években. Ezek az eredmények azt bizonyítják, hogy például az E. coli-val történő fertőzést követően a GOS csökkentette az ileális kimusz pH-ját és a coliform baktériumok számát. Az FOS és TOS kiegészítések csökkentették az aerob baktériumok számát a választott malacok bélcsatornájában és ennek eredményeképpen az állományban kisebb arányban fordult elő hasmenés. Gyakorlati körülmények között prebiotikumokkal a testtömeg-gyarapodásban és a takarmányértékesítésben 4-6%-os javulást lehet elérni. Más kísérletekben csupán a béltartalom pH-jának csökkenését tapasztalták a mikroflóra összetételének változása és a termelési eredmények javulása nélkül. Az eredményekben rejlő ellentmondások oka részben az lehet, hogy a kísérleti tápok eleve tartalmazhatnak oligoszacharidokat, ami miatt a különböző kísérletek eredményei eltérhetnek. Az állatok tartási körülményei és az ezzel kapcsolatos stressz tényezők szintén befolyásolhatják a kapott eredményeket.

4. Enzimek

A takarmányokból nem minden potenciálisan emészthető táplálóanyag tud felszívódni. A növényi rostok és a különböző antinutritív anyagok akadályozhatják a táplálóanyagok felszívódását a bélcsatornából. A biotechnológia fejlődésével az enzimek hatékonysága jelentősen javult és a készítmények ára is csökkent. Emiatt a takarmányozás gyakorlatában egyre szélesebb körben használjuk az enzimeket.

Az enzimek, mint takarmány-kiegészítők, különböző módon hatnak. Egyrészt javítják a növényi sejtfaalkotók által elzárt szénhidrátok, zsírok és fehérjék hozzáférhetőségét. A takarmányhoz kevert celluláz enzim például lebontja a cellulózt és ezáltal javítja a többi táplálóanyag emészthetőségét. A kérődző állatok bendőjében a mikrobák ugyan termelnek cellulázt, a rostbontó enzimek adagolásával tovább lehet javítani a mikrobás rostbontás hatékonyságát. Az enzim-kiegészítések hatására sertésben és baromfiban 5-10%-os élőtömeg növekedést, 10%-os takarmányértékesítés javulást lehet elérni. A malomipari melléktermékeket nagyobb arányban tartalmazó táp celluláz kiegészítését követően az NSP anyagok ileális emészthetősége 19,2-ről 35,9%-ra, a fehérjéé 65-ről 71%-ra javult sertésekben.

Az enzimek egy másik csoportja azokat az antinutritív anyagokat, sejtfaalkotókat, pl. a β -glükánt és arabinoxilánt bontja le, amelyeket az emésztőenzimek nem tudnak bontani. Ezek a komponensek megnövelik a béltartalom viszkozitását és csökkentik a táplálóanyagok felszívódását. Baromfi esetében a nagyobb viszkozitású kimusz rontja a termelési paramétereket, az ürülék ragacsossá válik, az alom minősége romlik. Árpaaalapú tápok β -glükánáz enzimmel történő kiegészítése a búza- és kukoricaalapú tápokhoz hasonlóan javította a bojlerek növekedését és takarmányértékesítését (**16. táblázat**). A β -glükánáz csökkentette az alomproblémákat és növelte a táp metabolizálható energiatartalmát.

	takarmányfelvétel (g)	testtömeg (g)	tak. értékesítés (g/g)
kukorica	1002	756	1,32
árpa	987	593	1,66
árpa + enzim	1001	746	1,34

16. táblázat Az árpa β -glükánáz enzim kiegészítésének hatása 3 hetes broilerek termelési eredményeire (Rotter és mtsai., 1989)

Sertésekben mind az ileális, mind a fekális emészthetőséget javították az említett enzimek. A béltartalom víztartalmának csökkenésén keresztül sertésben is javul az emésztőenzimek hozzáférési lehetősége és a táplálóanyagok felszívódása.

A gabona és olajos magvakban található foszfor nagy része fitin-kötésben található, amelyet a monogasztrikus állatok nem tudnak bontani. Fitáz enzim alkalmazásával javítható a foszfor felszabadulása, továbbá csökkenthető az ásványi foszfor kiegészítés. Ez egyúttal a környezet kisebb terhelését is eredményezi. Az enzimek felhasználásának harmadik nagy területe a fiatal állatok tápjainak enzim kiegészítése. A fiatalon választott malacok bélcsatornájában az α -amiláz, a proteázok és a lipáz aktivitása még nem kielégítő, ezért ezeknek az enzimeknek az exogén adagolásával segíthetjük a táplálóanyagok jobb emésztését. A jobb emésztés következtében a vastagbélbe jutó emésztetlen táplálóanyagok mennyisége kisebb lesz, csökken az utóbél szakaszokban folyó fermentáció és ennek eredményeképpen a hasmenés kialakulásának kockázata.

Az enzim-kiegészítők felhasználásánál különös gondot kell fordítani a tápok tárolási idejére, a környezeti hőmérsékletre, a takarmányiparban alkalmazott különböző hőkezelési eljárásokra, a bélcsatornában a pH-viszonyok változására, amelyek mind-mind befolyásolják az enzimek hatékonyságát. Az enzimeket kifejezetten adott szubsztrát bontására fejlesztik ki. Előállításuk számos gombafajjal lehetséges (*Trichoderma longibrachiatum*, *Aspergillus niger*, *Humicola insolens* stb.).

5. Szerves savak

A fiatal malacok hatékony gyomoremésztésének feltétele a megfelelő mértékű sósav szekréció. A különböző savkiegészítők a fiatal választott malacok esetében segítik a szilárd táplálékból a fehérje emésztését és a bélcsatorna pH-jának csökkentését. A választott malacok esetében a rövid szénláncú zsírsavak is kedvező hatással vannak, a vékonybélben ugyanis csökkentik a választást követően a szilárd takarmányokra történő áttérés okozta bélhámérózió mértékét.

Savkiegészítők hatására javul az aminosavak ileális emészthetősége a fiatal malacokban. A hatás a felhasznált sav koncentrációjától, fajtájától, a malacok életkorától és a táp összetételétől függ. Az ásványi anyagok esetében a kalcium és a foszfor vonatkozásában bizonyítottan javul a felszívódás a különböző savanyítók etetése után. Az is bizonyítást nyert, hogy a hangyasav, a fűmársav és a citromsav etetését követően javult az intermedier anyagcserében szerepet játszó enzimek aktivitása.

Bár a pontos hatásmechanizmust teljes egészében nem ismerjük, a savanyítók etetését követően javult a sertések táplálóanyag emésztése, testtömeg gyarapodása és takarmányértékesítése (17. táblázat). Ez a kedvező hatás a fiatalabb malacok esetében még kifejezettebb. A hangyasav és a propionsav hatékonyabbak, mint a fűmársav és a citromsav, mivel az előzőknek kisebb a molekulatömege. A javasolt bekeverési szintek: hangyasav 6-8, propionsav 8-10, fűmársav 12-15, citromsav 20-25 g/kg.

	fűmársav (%)				
	0	1	2	3	4
a táp pH-ja	5,96	4,77	4,33	3,98	3,80
testtömeggyarapodás, (g/nap)	261	261	257	296	297
takarmányfelvétel, (g/nap)	501	484	445	493	493
takarmányértékesítés (kg/kg)	1,91	1,85	1,73	1,66	1,66

17. táblázat növekvő dózisu fumsarsav etetésének hatása fiatal malacok teljesítményére (Easter, 1988)

A szerves savak azon túl, hogy a környezetük pH-ját befolyásolják, gyorsan át tudnak jutni a mikroorganizmusok sejthártyáján. A mikrobákba jutva disszociálnak, csökkentik a pH-t és gátolják a sejten belüli enzim- és transzportrendszerek működését.

6. A bendőfermentációt módosító kiegészítők

A bendő működésének módosítása egyszerre több tényezőre is kihatással van. Az előzőekben említett antibiotikumokon és probiotikumokon kívül a bendő működését módosítani lehet különböző pufferekkel, a metánképződést gátló inhibitorokkal és habosodást gátló anyagokkal egyaránt. A pufferek a bendő pH-ját befolyásolják, emelve a pH-t segítve a cellulózbontó mikrobák működését. A nátrium-bikarbonát, a nátrium-karbonát, a kalcium-karbonát és a magnézium-oxid használható ilyen puffer anyagként. Használatuk javítja a mikrobás fehérjeszintézis hatékonyságát, lerövidül a bendőfermentáció ideje és megnő a bypass keményítő és fehérje aránya. Az USA-ban a nagy termelésű tehéneknek takarmányaihoz a laktáció kezdeti, intenzív szakaszában naponta 200 g NaHCO₃-ot, néha MgO-t adagolnak.

A bendőben a metán termelődése, ami a bruttó energia akár 10%-át is kiteheti, gyakorlatilag veszteségforrás, emellett üvegházhatást kiváltó hatása miatt is fontos. Ismertek olyan vegyületek, pl. bromidok, kloridok, amelyek toxikusak a metántermelő baktériumok számára. A hosszú szénláncú telítetlen zsírsavak úgyszintén csökkentik a metántermelést.

A bendő-fermentáció során habosodás kezdődik meg, ha a képződő gázok nem tudnak elválni a folyadékfázisból. Az acidózis is előidézheti, de gyakoribb a nagyarányú pillangósok etetését követően a szaponinok hatására kialakuló habos erjedés. Miután a gáz nem tud elválni a folyadék fázistól, a bendőben a nyomás folyamatosan növekszik. A habosodást eredményező fermentáció csökkentése érdekében antibiotikumokat lehet alkalmazni. Ezek csökkentik a bendőfolyadék felületi feszültségét és ezáltal a habosodást. Habosodást csökkentő hatása van a különböző növényi olajoknak, a lecitinnek és az állati zsíroknak is. Ezekkel a készítményekkel a legnagyobb probléma, hogy nem tartózkodnak kellően hosszú ideig a bendőben. Felfűvódás veszélye esetén takarmány szárazanyag-kilogrammonként 40 g nátrium klorid adagolása úgyszintén jótékony hatású lehet, mivel a só növeli a bendőtartalom áthaladási sebességét, de sajnos csökkenti a takarmányfelvételt is.

7. Ellenőrző kérdések:

- Hogyan fejtik ki pozitív hatásukat a probiotikumok és a prebiotikumok?
- Mondjon példát az enzimekészítmények gyakorlati alkalmazására!
- Milyen pozitív hatásai vannak a kristályos aminosav-kiegészítők használatának?
- Milyen antioxidánsokat ismer? Mikor indokolt a használatuk?

Chapter 9. Az állati termékek táplálkozásban betöltött szerepe

Az állati termékek, a hús, a tej, a tejtermékek és a tojás elsődlegesen humán táplálékok, de takarmányozási célra is felhasználhatók. A fejlett országokban a húsipari melléktermékeket például széles körben felhasználják a kutya- és macskatápok gyártása során, de a hús- és hallisztek az egyéb állatfajok takarmányozásában is széles körben használatosak. A tejipari melléktermékek a választott fiatal állatok takarmányozásában játszanak fontos szerepet.

1. Az állati termékek táplálkozási szerepe

Az állati termékeknek a világ élelmezésében betöltött szerepét a **18. táblázat** mutatja be. Összességében az energiaforrások egy hatodát, a fehérjeforrások egyharmadát teszik ki. Nagyságrendileg a hús képviseli a legnagyobb volument, amelyet a tej- és tejtermékek követnek.

	Energia (%)	fehérje (%)
gabonafélék	49	43
gyökgyümölcsök és pillangós magvak	10	10
olajos magvak, olajok, zsírok	8	4
cukrok, cukoripari termékek	9	2
zöldségek és gyümölcsök	8	7
növényi táplálékok összesen	84	66
húsok	7	15
tojás	1	2
hal	1	5
tej, tejtermék	5	11
egyéb	2	1
állati eredetű táplálékok összesen	16	34

18. táblázat Különböző táplálékok aránya a Föld lakosságának energia- és fehérjeellátásában (FAO, 1998)

Az egyes országok és a világ különböző régiói lényegesen eltérnek az átlagos értékektől (**19. táblázat**). Európában és Észak-Amerikában a húsfogyasztás 30-40-szer nagyobb, mint például Indiában annak ellenére, hogy a tejfogyasztásban nincs nagy különbség.

	hús	tej
USA	115.5	247.0
Argentína	91.1	179.5
Európa	83.1	228.7
UK	71.6	232.7
Burundi	3.7	7.8
Banglades	2.4	11.9
India	3.6	54.2
Sri Lanka	2.4	31.3

19. táblázat Hús és tejfogyasztás a világ különböző országaiban

Ha az előző táblázatokban található értékeket táplálóanyagra számítjuk át, az állati termékek minden egyes személy esetében átlagosan 1,9 MJ energiát és 28 g fehérjét biztosítanak naponta. Ez az ember energiaszükségletének kb. 16%-át, fehérjeigényének 34%-át teszi ki. Indiában az állati termékek az energiának csak 7, a fehérjének pedig csupán 15%-át teszi ki. Ezzel szemben az USA-ban ezek az értékek 28, ill. 64%. A

fentiekből következik, hogy az állati termékeknek az ember fehérjeszükségletében van nagyobb szerepe. Ez az érték Európában a világ átlagára jellemző 28 g/napos értékkel szemben 50 g/nap, Afrikában viszont kevesebb, mint 10 g/nap. Az egyes országok közötti különbségek még ennél is nagyobbak, 3,4 g/nap Burundiban és Mozambikban, 75,1 g Franciaországban.

Az állati termékek fogyasztását döntően az adott ország gazdagsága határozza meg, de egyéb tényezők is szerepet játszanak, mint pl. az egyéb alternatív fehérjeforrások rendelkezésre állása, a különböző vallások befolyásoló hatása és az országok tradícióiból eredő eltérések. Vannak a világnak olyan részei, pl. a sarkvidékek és a sivatagok, ahol nem lehet növényt termeszteni. Emiatt az itt élő népek döntően állati fehérjét fogyasztanak. A sarkvidéki eszközök hallal és hlevő állatok húásával táplálkoznak, míg a sivatagok nomád népei körében a tevé hús dominál.

Bizonyos vallások esetében a sertéshús fogyasztása tilos. Ezzel szemben a juh és a csirke hús fogyasztását nem tiltja vallás. A tej- és tejtermékek, valamint a tojás is ritkán esnek vallási vagy egyéb korlátozás alá, bár a vegetáriánusok egy csoportja, a vegánok ezeket az állati termékek sem fogyasztják. A világ bizonyos részein a felnőtt lakosság nem fogyaszt friss tejet, mert szervezetükben nem termelődik megfelelő mennyiségben a laktózt lebontó laktáz enzim. Őket laktóz intoleránsoknak nevezik és ha laktóz tartalmú ételt fogyasztanak, ez emésztési problémát, hasmenést okoz.

A különböző korlátozások egyértelműen befolyásolják az állati termékek adott nemzetre vonatkozó fogyasztását. Indiában pl., ahol nagyon kevés sertés- és marhahúst esznek, az állati termékek között a tej, a tejtermékek és a tojás dominálnak. Az USA-ban ezzel szemben, ahol a lakosság relatíve gazdag és a vallási szokások különösebben nem befolyásolják a táplálkozási szokásokat, mind a húst, mind pedig a tejet és tejtermékeket nagy mennyiségben fogyasztják. A fejlett legeltetési állattartással rendelkező országokban, mint pl. Ausztráliában és Argentínában szintén jelentős a húsfogyasztás. Az európai országok úgyszintén sok állati terméket fogyasztanak.

A világ legszegényebb fejlődő országaiban a népességben belül is lényeges eltérések vannak. A szegény rétegek fogyasztása minimális, a gazdagabb rétegeké megközelíti a fejlődő országokra vonatkozó szintet. Ez a különbség a fejlett országokra nem annyira jellemző, mivel azokban a szegényebb emberek számára is megfizethetők a hús és a tejtermékek. A szegényebb és gazdagabb emberek között inkább a különböző állati termékek összetételében van különbség. A gazdagabbak például több színhúst és kevesebb zsíros terméket fogyasztanak. Ebből a szempontból a tejtermékek tekintetében nincs lényeges eltérés.

A fejlett országokban az állati termékek fogyasztását az utóbbi időben egyre inkább befolyásolja ezeknek a termékeknek az ember egészségére gyakorolt hatása. Emellett a fejlett országok lakosságán belül is egyre nagyobb a vegetáriánusok száma, akik egyáltalán nem esznek ilyen termékeket (vegánok), a húsközül esetleg csupán a baromfit és a halat (szemivegetáriánusok), vagy akik csak tejtermékeket és tojást fogyasztanak (laktoovovegetáriánusok). Mások nem szívesen fogyasztják az intenzív körülmények között tartott és hizlalt állatok húsát. Az ember egészsége szempontjából a leglényegesebb táplálkozási tényező az állati termékek telített zsírsav-tartalma.

Világviszonylatban, ahogy az emberek és az egyes országok gazdagodnak, ennek megfelelően az állati termékfogyasztásuk is növekszik, majd idővel eléri a maximális szintet. Ez a plafonérték nem mindenhol ugyanaz, Angliában pl. 70 kg/fő/év, míg az európai átlag 80 kg, az USA átlaga pedig 115 kg. A vásárlók preferenciáját az állati termékekkel szemben azok táplálóértéke és a különböző organoleptikus tulajdonságok határozzák meg. A növényi eredetű táplálékok nem elég ízletesek és táplálkozási szempontból egyoldalúbbak. Az állati termékekből változatosabb és ízletesebb ételeket lehet készíteni. A tartósítási módszerek fejlődésével a fagyasztókészülékek, a vákuumtechnológiák, a különböző hőkezelések és a konzervgyártás nagymértékben megkönnyítette az eltarthatóságukat. Az állati termékekkel kapcsolatosan felvetődik az a kérdés, hogy ténylegesen szükségünk van-e rájuk vagy csak szeretjük őket. Mivel a vegetáriánusok többsége is egészségesen tud élni, az állati termékek nem feltétlenül jelentenek létszükségletet az ember számára. Ugyanakkor számos előnyük van az ember táplálékanyag-szükségletének biztosítása szempontjából a növényekkel szemben. Az állati termékek táplálékanyag-összetétele nagyon hasonlít az ember igényéhez. Ezt legjobban esszenciális aminosav-összetételük bizonyítja. Egy kisgyerek naponta 2 g lizint és 45 g fehérjét igényel, amely 4,4 g/100 g fehérjének felel meg. A rizs vagy a búzafehérje esetében az említett arány 2,8, ill. 3,1 g/100 g fehérje, ami miatt ezeket még ki kell egészíteni valamilyen lizinben gazdag táplálékkal. Az állati fehérjék kiválóan alkalmasak arra, hogy a növényi fehérjéket velük kiegészítsük és aminosav-tartalmukat komplettáljuk. Ez főleg a kisgyerekek szempontjából fontos. Ha csak növényi fehérjével próbálnánk az ő szükségletüket kielégíteni, akkor rendkívül nagy mennyiségű táplálékot kellene elfogyasztaniuk.

Vannak olyan táplálóanyagok, pl. a B12 vitamin, amelyet mikrobák állítanak elő és csak az állati termékekben található, a növényekből hiányoznak. A vegetáriánusoknak különösen oda kell figyelni erre a vitaminnra, amelyet különböző élesztőkészítményekkel pótolhatnak. Az állati termékek egyéb vitaminokban is, pl. A-vitaminban, tiaminban, riboflavinban és niacinban is gazdagabbak a növényeknél.

Az állati termékeknek az is előnye, hogy sokkal jobban emészthetők, mint a növényi táplálékok. A növényi sejtfalalkotók gátolják a vékonybélben az emésztési folyamatokat. A növényekben számos ásványi anyag kötött formában van jelen, mint pl. a foszfor, amelynek hasznosulása gyenge. Az állati termékek a foszfor mellett vasból, kalciumból és cinkből is kiváló forrásnak tekinthetők.

2. Etikai és környezetvédelmi megfontolások az állati termékekkel kapcsolatosan

Vannak olyan álláspontok, melyek szerint az embernek nincs joga megölni az állatokat. Ez a megfontolás nem annyira kifejezett, ha a termék-előállításához nem kell az állatokat levágni (tej- és tojástermelés), felerősödik ugyanakkor a fogasztók ellenérzése, ha az állatokat természetellenes, rossz körülmények közötti tartják.

A másik ilyen jellegű megfontolás, hogy szabad-e a növényi eredetű terményeket takarmányozási célra felhasználni akkor, amikor rengeteg embernek nincs elég tápláléka. Ennek az érvelésnek napjainkig nem igazán lett gyakorlati következménye, hiszen a legtöbb országban az állati termékek is végül emberi táplálék formájában jelennek meg. Az állatokkal emellett számos olyan melléktermék is hatékonyan hasznosítható, amelyek egyébként veszendőbe menne. A különböző humán célra is használt magvak, búza, kukorica felhasználása az állatok takarmányozásában azonban továbbra is vita tárgya a világ különböző részein. A fejlett országokban termesztett gabonafélék kb. 70%-a takarmányozási célra kerül felhasználásra, de a fejlődő országokban, még az éhező országokban is, jelentős területeket használnak takarmányok előállítására. A világ átlagában takarmányozási célra egy főre vetítve 115 kg takarmányt használnak fel. Ez az érték nagy szórást mutat, Indiában pl. 4 kg, míg az USA-ban 600 kg.

Az állati termékek előállítása számos környezetvédelmi megfontolást is felvet. A túl intenzív legeltetés ugyanis tönkretetheti a különböző növényi társulásokat, erdőirtásokat eredményezhet, az intenzíven tartott állatok trágyája környezetszennyezést okozhat, a kérődzők bendőjéből felszabaduló metán pedig az üvegházhatást okozó gázok közé sorolható. Az állati termékek táplálkozási megítélését további két fontos tényező befolyásolja. Az egyik, hogy a gazdasági állatok emésztőtraktusában található patogén mikrobák az állati termékek elfogyasztását követően az embert is megbetegíthetik. A másik fontos tényező, hogy az állatok különböző táplálóanyagai, különösen a zsírok, jelentős szerepet játszanak a szív- és érrendszeri betegségek kialakulásában.

3. A táplálkozás és az ember egészsége közötti kapcsolat

Mintegy 150 olyan betegséget írtak le, amely különböző zoonózisok révén az állatokról az emberre átkerülve az ember egészségét veszélyeztetik (Merck Veterinary Manual, 1998). Ezek többsége azonban különböző rágcsálókkal és vadon élő állatokkal hozható összefüggésbe. A gazdasági állatfajokkal kapcsolatban felmerülő ilyen jellegű betegségek száma csekély, de jelentőségük mégis nagy. Ezeket foglalja össze a **20. táblázat**. Ezen betegségek előfordulási arányát különböző módokon lehet csökkenteni. Ilyen lehetőségek pl. a különböző kórokozó mentesítési programok vagy a fertőzés kockázatainak különböző módon való csökkentése. Erre jó példa az Európai Unióban és hazánkban folyó szalmonella-mentesítés és az egyéb vágóhídi technikák fejlesztése, a fertőzési kockázatok minimálisra csökkentése érdekében. A zoonózisok kontrolljában a vágóhídi higiéné, az ételek tárolása, a húsok megfelelő hőkezelése egyaránt fontos tényező.

	kórokozó	érintett állatfajok
Baktériumok		
Brucellosis	<i>Brucella abortus</i> <i>B. melitensis</i>	szarvasmarha kecske, juh
Campylobacter fertőzések	<i>Campylobacter spp.</i>	minden gazdasági állatfaj
Clostridium-ok okozta fertőzések	<i>Clostridium botulinum</i> <i>C. perfringens</i>	háziállatok
Coliformok okozta fertőzések	<i>Escherichia coli</i>	baromfi, sertés, marha
Listeriosis	<i>Listeria monocytogenes</i>	minden gazdasági állatfaj
Salmonellosis	<i>Salmonella spp.</i>	baromfi, sertés, marha, ló
Tuberculosis	<i>Mycobacterium bovis</i>	marha
Protozoák		
Sarcocystosis	<i>Sarcocystis suihominis</i>	sertés, szarvasmarha
Cryptosporidiosis	<i>Cryptosporidium parvum</i>	szarvasmarha
Galandférgek, bélférgek és fonálférgek		
Májmetely	<i>Fasciola hepatica</i>	szarvasmarha, juh
Galandférgesség	<i>Echinococcus and Taenia spp.</i>	szarvasmarha, juh, sertés
Trichinellosis	<i>Trichinella spiralis</i>	sertés

20. táblázat Az állati termékek fogyasztásával összefüggő néhány betegség

Az antibiotikumokat széles körben használják az intenzív állattenyésztésben a különböző betegségek megelőzése és hozamfokozás céljából egyaránt. Ez utóbbi felhasználási területet az elmúlt időszakban az Európai Unió országaiban jelentősen korlátozták a mikrobás keresztrezisztencia kialakulásának kockázata miatt.

A fejlett országokban az előzőekben említett fertőző kórokozók közül a Campylobacter, az E coli és Salmonella fajok a legfontosabbak.

A közelmúlt egyik jelentős állatokat érintő betegsége a szarvasmarhák szivacsos agyvelőgyulladás (BSE) volt. Bár nem bizonyított, hogy ez a betegség emberre is áterjedhet, a Creutzfeld-Jacob betegség új típusainak megjelenése felvetette ennek a lehetőségét. Ennek az lett a következménye, hogy a fertőzött szarvasmarha állományok tízezreit kellett megsemmisíteni, majd azóta rutinszerűen monitorozni a kórokozó jelenlétét.

Ahogy a korábbiakban már utalás történt rá, az állati termékek ember egészségére gyakorolt legfontosabb táplálóanyagai a telített zsírsavak. A zsírsavakkal összefüggő keringési rendellenességek, az érfalak beszűkülésére (érelmeszesedés) és vérrögök képződésére (trombózis) vezethető vissza. Az artériák szűkülésével zsírtartalmú lerakódások, ún. plakkok képződnek az ér falában, amelyek elzárhatják a vérrögök útját. Ha az érelzáródás a szív koszorúereiben történik, akkor infarktusról, ha az agy szöveteit érinti, akkor stroke-ról, ha a tüdő ereire vonatkozik, akkor pedig tüdőembóliáról beszélünk. Ezek az ereket érintő elváltozások gyakran végzetesek, de ha az illető túl is éli az érelzáródások okozta szövetelhalásokat, azoknak többnyire maradandó károsodásai vannak. Hasonlóan végzetes kimenetelűek az elzsírosodott és elmeszesedett erek felszakadásából adódó belső szöveti vérzések.

Az elfogyasztott táplálékzsírokat a vérben ún. lipoproteinek szállítják. A különböző lipoproteineket sűrűségük alapján csoportosítjuk és koncentrációjuk a vérben szoros összefüggést mutat a szív- és érrendszeri megbetegedésekkel. Ha valakinek a vérében magas az LDL és a VLDL koncentráció, akkor ez potenciális rizikótényezőt jelent. Ezzel szemben, ha valakinek a HDL lipoprotein koncentrációja magasabb, ez védőfaktor jelent, csökkenti a szív- és érrendszeri betegségek kockázatát. A lipoproteinek koleszterin-tartalma úgyszintén rizikótényező.

A különböző állati eredetű élelmiszerekben található telített zsírsavak közül elsősorban a sztearinsav, a mirisztinsav, valamint a transzszírsavak a legkárosabbak. A telített zsírsavak nagyobb arányú fogyasztásával a vér koleszterin- és LDL-szintje egyaránt megemelkedik. Ezzel szemben a telítetlen zsírsavak (PUFA) kedvező hatásának tekinthetők. A telítetlen zsírsavakon belül további két csoportot különítünk el, az ún. omega-6-os zsírsavak csoportját, amelyek csökkentik a vér LDL-szintjét és az omega-3-as döntően halakból, halolajból származó zsírsavakat, amelyek a plazma VLDL-szintjét csökkentik. Az egyszerűen telítetlen (MUFA) olajsav táplálkozási szempontból semlegesnek tekinthető.

Miután fény derült a különböző lipidek fogyasztása és a szív- és érrendszeri betegségek közötti összefüggésekre, számos országban vezettek be javaslatokat arra vonatkozóan, hogy az emberek csökkentsék a zsír, különösen a telített zsírsavak fogyasztását. Több országban javasolt, hogy az összes zsírfogyasztás ne legyen több, mint a teljes energiaszükséglet 30%-a. A többszörösen telítetlen és a telített zsírsavak optimális arányát 50 és 80% között adják meg.

Magyarországon a zsírfogyasztás jelenleg túl magas, az energia-felvétel 45-50%-át teszi ki. Az USA-ban a különböző kampányok eredményeképpen ezt az értéket már 33%-ra sikerült csökkenteni. A teljes zsírfogyasztás csökkentése aránylag könnyen megoldható, de a különböző zsírsav csoportokra irányuló ajánlások gyakorlati megvalósítása már nehezebb. Mindenesetre azoknak, akik a javaslatokat figyelembe akarják venni, csökkenteniük kell az állati zsírfogyasztásukat. Más formában kifejezve, amennyiben a jövőben is hasonló mennyiségű húst és tejterméket fogyasztanak, akkor ezek közül a zsírszegényeket preferálják. Ennek egyik lehetősége, hogy a magas zsír- és telített zsírsav-tartalmú húsok helyett inkább a baromfihúsból együnk többet. A tej- és tejtermékek esetében a csökkentett zsírtartalmú alternatívák már rendelkezésre állnak.

Az állattenyésztőknek és a takarmányozási szakembereknek az elmúlt években több állati termék zsírsav-összetételét sikerült úgy módosítani, hogy az kedvezőbb legyen az ember egészsége szempontjából. A tenyésztési célkitűzések között például meghatározó jelentőségű volt az állatok elzsírosodásának csökkentése. Ebből adódóan rövidült le a hizlalási idő, és került előtérbe a még kisebb zsírtartalommal rendelkező fiatalabb állatok levágása.

A sertés- és a madárfajok esetében lehetőség van arra, hogy takarmányozással módosítsuk a hús n-3-as és n-6-os zsírsavainak arányát. A kérődzők termékeiben több telített zsírsav található, miután a bendőbaktériumok hidrogénezik a telítetlen zsírsavakat. A kérődzők húsának és tejének a telítetlen zsírsav-tartalmát emiatt un. védett zsírkészítményekkel lehet növelni. Azt is szem előtt kell tartani, hogy a telítetlen zsírsavak növekedése rontja a termékek eltarthatóságát és oxidatív stabilitását. A tej zsírtartalmát egyébként a takarmányadag rosttartalmának csökkentésével is módosítani lehet. Ez azonban felveti a kérdést, hogy morálisan elfogadható-e, hogy a fogyasztó érdekében az állat számára kedvezőtlen összetételű takarmányt etetünk. A minimális zsírtartalomra és az intenzívebb növekedésre irányuló szelektálás egyébként a baromfi fajok és a sertés esetében is több metabolikus zavart és hőszabályozási problémát eredményezett.

A különböző népességcsoportok összehasonlításakor kapcsolat feltételezhető a húsfogyasztás, különösen a vörös húsok, a marha- és a birkahús, valamint a különböző daganatos megbetegedések, a vastagbél-, a mell- és a prosztatarák kialakulása között is.

A közelmúltban bizonyították, hogy a kérődző állatok termékeiben található konjugált linolsav (CLA; cisz-9, transz-11, C18:2), kedvező hatású az ember egészsége szempontjából. Ez a zsírsav csökkenti az érlelmeszesedést, az antikarcinogén hatású, csökkenti az elhízást és stimulálja az immunrendszert. A CLA a kérődzők bendőjében képződik a telítetlen zsírsavak hidrogénezésének köztes termékeként. Emiatt megtalálható a tejben és a húsban egyaránt. Ha a kérődző takarmányok több telítetlen zsírsavat tartalmaznak, pl. ha nagy a legelőfű és a zöldtakarmányok aránya, akkor a képződő termékekben megnő a CLA mennyisége.

4. Új trendek az állati termékfogyasztással kapcsolatosan

Annak ellenére, hogy a húsfogyasztásnak számos etikai, környezetvédelmi és egészségügyi kockázata van, az elkövetkező 20 évben és azt követően is várhatóan folyamatosan növekszik majd a világ lakosságának húsigénye. A fejlett országok lakosságára vonatkozóan szerény mértékű, 0,2%-os éves növekedés prognosztizálható. A fejlődő országokban ez az érték várhatóan 1,6%-os lesz. Vannak bizonyos előrejelzések az egyes állatfajokkal kapcsolatosan is, pl. a sertéshús iránti igény a fejlett országokban várhatóan kisebb mértékben növekszik majd, mint a baromfihús fogyasztás.

5. Ellenőrző kérdések:

- Milyen tényezők befolyásolják adott ország, régió népességének állati termék fogyasztását?
- Mely esetekben ellenjavallt a szigorú vegetáriánus táplálkozás?
- Milyen állati termékekkel összefüggő zoonózisokat ismer?

- Az állati termékek fogyasztása mely táplálóanyagok vonatkozásában befolyásolja leginkább az ember egészségét?
- Milyen módszerek állnak rendelkezésre az állati termékek táplálóanyag-tartalmának befolyásolására? Említsen konkrét példákat!

Chapter 10. Takarmányozás hatása az állati termékek minőségére

1. A kérődzőhúsok táplálkozási értékének befolyásolási lehetőségei

A kérődzőhúsokat elsősorban az ember egészsége szempontjából kedvezőtlen zsírsavtartalmuk, zsírsavaik telítettsége miatt éri kritika. A kérődzőtermékek magas telített zsírsavhányada abból fakad, hogy az előgyomrokban folyó mikrobiális fermentáció során a baktériumok telítik, hidrogénezik a zsírsavakat. Eltérő takarmányozási módszerekkel ugyanakkor a hidrogénezés mértéke hatékonyan befolyásolható, ami a kérődzőhúsok zsírsavösszetételének módosításához nagyon jó lehetőségeket kínál.

A gabonamagvakra alapozott takarmányozás nagyobb arányú n-6-os PUFA (többszörösen telítetlen zsírsavak), különösen a linolsav beépülést eredményez a hízóbikák szöveti lipidjeibe, ugyanakkor csökkenti a telített zsírsavak hányadát (Enser és mtsai, 1998). A bennük levő telítetlen zsírsavak kiemelkedő mennyisége miatt az olajosmagvak etetése úgyszintén kedvező lehetőségeket kínál a telített zsírsavak arányának csökkentésére kérődzőhúsokban. A fullfat repce etetése például szignifikánsan csökkentette a szöveti lipidekben a palmitinsav arányát, az intramuszkuláris lipidekben pedig növelte az olajsav és a linolsav mennyiségét (Flachowsky és mtsai., 1994). A repcemag jelentős mértékben emelte a szöveti zsírok E-vitamin koncentrációját, ami nagymértékben javítja a zsírsavak oxidatív stabilitását.

A bendőfermentáció ellen védett zsírok takarmányozása szintén jó lehetőségeket kínál a kérődzők által előállított élelmiszerforrások zsírsavösszetételének módosítására. A linolsavban gazdag gyapot és canola repce mag formaldehiddel történő kezelését követően a növendékbikák zsírszövetében a linolsav mennyisége 2,5-6,5-szeresére növekedett, amellyel párhuzamosan a palmitinsav és az olajsav aránya csökkent (Scott és Ashes, 1993). A linolsav-beépülés elsősorban az izmokban volt nagyobb.

Az abrakhoz adagolt 4% szójaolaj és 4% napraforgóolaj csak kismértékű eltéréseket eredményezett hízóbárányok izomzatának telített és többszörösen telítetlen zsírsavainak arányaiban (Husvéth és Szöllőskei, 2006). Ugyanakkor, abban az esetben, ha az abrak mellett a bárányok fűszilázs kiegészítést is kaptak, csökkent a telített zsírsavak aránya és növekedett a többszörösen telítetlen (PUFA) n-3 zsírsavak mennyisége.

A kérődzők előgyomraiban folyó mikrobiális tevékenység eredményeképpen transz ket-tőskötésekkel rendelkező zsírsavak is képződnek. Pariza és Hargraves (1985) bizonyították, hogy a sült marhahúsból származó kivonat antikarcinogén hatással rendelkezik. A későbbiekben igazolták, hogy ez az antikarcinogén aktivitás a marhahús zsírájában lévő transz kettős kötésekkel tartalmazó zsírsavakból, a konjugált linolsavból (CLA, cisz-9, transz-11 C18:2) ered. Különböző takarmányozási technikák segítségével befolyásolni lehet azt, hogy a bendőben képződő CLA minél nagyobb hányada szívódik fel a vékonybélből és kerüljön be a kérődzőtermékekbe. A bendőben termelődő CLA mennyisége jelentős mértékben függ az elfogyasztott takarmány összetételétől, elsősorban a takarmányban lévő lipidek többszörösen telítetlen zsírsav-tartalmától. Az ilyen zsírsavakban gazdag olajosmagvak, vagy a különböző növényi olajok növelik a CLA képződését kérődzőkben. Mir és mtsai. (2004) a hizlalás befejező szakaszában adagolt 6% napraforgóolaj kiegészítéssel a marhahús CLA tartalmát közel kétszeresére növelte (21. táblázat).

	A napraforgó olaj aránya (%)		
	0%	3%	6%
A hús zsírtartalma (%)	15,0	16,8	15,9
CLA (mg/g zsír)	2,0	2,6	3,5
CLA (mg/100g hús)	10,5	15,3	19,5

21. táblázat A hizlalás utolsó szakaszában etetett napraforgóolaj kiegészítés hatása a marhahús konjugált linolsav-tartalmára (Mir és mtsai., 2004)

A legelőfü úgyszintén növeli a marhahús CLA tartalmát a gabonamag darára alapozott hizlaláshoz képest (Rule és mtsai., 2002). A vad kérődzőfajok húsa ugyancsak jó CLA forrásnak számít (Husvéth és mtsai., 2006).

A hús színe, pigmentációja jelentős mértékben növekszik a kor előrehaladásával. Ezt a folyamatot ugyanakkor a takarmányozás szignifikáns mértékben befolyásolja. Ennek az egyik gyakorlati megnyilvánulása a halvány színű borjúhús előállítása, amely során speciális tartási és takarmányozási körülményeket alkalmazva mesterséges anémiát váltunk ki. Idősebb kérődzők húsában kifejezettebb pigmentációt és intenzívebb színt (sötétebb) figyeltek meg legelőn tartott állatokban, mint azokéban, amelyeket a hizlalás végső szakaszában gabona és egyéb magvakra alapozott abraktakarmányozásban részesítettek (Priolo és mtsai, 2001).

2. Szaghatások és íz

A szaghatás a húsban lévő kis molekulású illó vegyületekből származik, amelyeket az orrüregben lévő szagló receptorok érzékelnek. A hús ízét általában vízdoldható, nagyobb molekulájú vegyületek eredményezik. Ehhez hozzájárul néhány olyan vegyület (pl. glutaminsav, mononátrium-glutamát, inozinsav), amelyek különösebben nem ízképzők, de erősítik más íz- és illatképző anyagok hatását (Geay és mtsai, 2001). A nyers hús a véres ízén kívül nem rendelkezik különösebb ízzel, kevés aroma-anyagot tartalmaz, csak a főzés során alakul ki az a tipikus íz, ami az egyes húsfélésekre jellemző.

Azok az aromaképző vegyületek, amelyek a főtt hús ízének kialakulásáért felelősek, két fő reakciócsoport eredményeként jönnek létre a különböző konyhatechnikai hatásokra. Ezek a reakciók nagyszámú illó komponens képződését generálják. A heterociklusos vegyületek közül különösen, a N-tartalmúak (pirazinok, piridinek) és a kéntartalmú vegyületek (tiazolok, tiofének és szulfidok) felelősek a tipikus húsz kialakításáért. A vízdoldható ízprekurzorok között a cisztein, a tiamin és a ribóz játszanak fontos szerepet.

A kísérleti adatok azt bizonyítják, hogy a legelőn tartott állatok húsában, jelentős mértékben csökken a kellemetlen ízt képező anyagok koncentrációja, abban az esetben, ha a vágás előtt a legelőt abrakos hizlalásra váltják.

3. Porhanyósság

A porhanyósság a fogyasztó szempontjából a egyik legmeghatározóbb tulajdonsága a húsfélésegeknek. Az elmúlt időszakban jelentős erőfeszítések történtek világszerte a húsipari termékek ilyen irányú fejlesztése érdekében. A befolyásoló faktorok széleskörű volta és nagyfokú változatossága miatt a hús porhanyóssága csak nehezen befolyásolható. A vágásra kerülő állat tápláltsági állapota, az izomrostok típusa, az izmokban raktározott glikogén és zsír mennyisége és stabilitása jelentik a porhanyósságot leginkább befolyásoló tényezőket. Számos szerző igazolta, hogy a takarmányozás intenzitásának vágás előtti csökkentése károsan hat a hús érzékszervi tulajdonságaira, közöttük a porhanyósságára (Miller és mtsai., 1987). Az előzőeken kívül a takarmánykorlátozás csökkenti a hasított test zsírtartalmát és az intramuszkuláris zsír mennyiségét is. Az intramuszkuláris zsírnak akkor kedvező a hatása a marhahús vágási tulajdonságainak javítása szempontjából, ha a mennyisége a 60 g/kg értéket meghaladja.

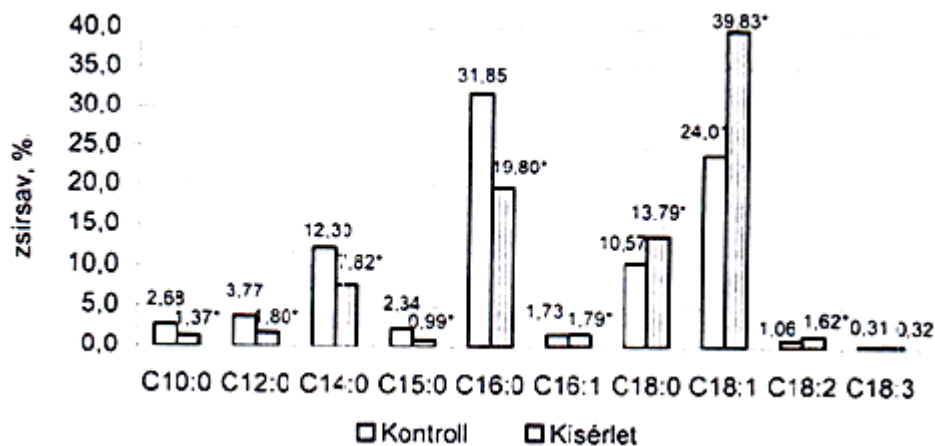
Kérődzőkben, ugyanúgy mint más állatfajokban, a takarmány összetétele hatással van az emésztési folyamatokra, amelyek meghatározzák a felszívódó táplálékanyagok mennyiségét és összetételét, ezen keresztül befolyást gyakorolnak a hús porhanyósságára. A nagyobb hánnyadú szálatakarmányon tartott hizómarhák húsa kevésbé porhanyós, mint az abrakkeveréken tartottaké, bár egy ilyen összehasonlítást tekintve, a takarmányozás színvonala meglehetősen elfedi a takarmány összetételéből adódó különbséget.

A húskorhanyósságát az izmokban lévő intracelluláris proteolitikus enzimek vágást követő aktivitása jelentős mértékben befolyásolja. Ebből a szempontból kiemelkedő jelentőséggel bírnak a kalpainok. Ezek az enzimek a sejtmembránon keresztül bejutó Ca hatására aktiválódnak és gyorsan bontják a sejtfehérjéket és a mitokondriumokat. A D-vitamin stimulálja a Ca metabolizmust és fokozza annak bejutását az izomsejtekbe azon keresztül, hogy kalcium csatornákat aktivál. Swanek és mtsai (1999) 550 kg élősúlyú hizóbikák izmában kb. 50%-kal növelte a Ca mennyiségét a vágás előtti 10 napon keresztül alkalmazott D3 vitamin adagolásával. Az izom kalciumtartalmának növelése együtt járt a porhanyósság növekedésével.

4. Takarmányozás hatása a tej minőségére

Tejelő tehenekkel számos kísérletet végeztek a tej zsírsavösszetételének módosítására. A kísérleteket az motiválta, hogy a tejszír zsírsavösszetétele a lehetőségekhez képest jobban közelítsen a legújabb táplálkozási ajánlásokhoz. A tejszír zsírsavainak a tehenek takarmányozásától függően 66-72%-a telített zsírsav. Többszörösen telítetlen zsírsavból kevesebbet tartalmaz. A tej kis PUFA-tartalma a bendőben zajló mikrobás

biohidrogénezéssel áll összefüggésben. A takarmánnyal a bendőbe jutó trigliceridek ugyanis először hidrolizálódnak, majd a szabad zsírsavak telítődnek. Ezért, ha a tejsír telítetlen zsírsav hányadát takarmányozás útján érdemben növelni kívánjuk, úgy a zsírokat ettől a folyamattól meg kell védeni. Ezt védett zsírok, például Ca-szappanok takarmányokhoz keverésével tudjuk megtenni. Az **12. ábra** azt igazolja, hogy Ca-szappan etetésével érdemben növelhető a tejsír telítetlen zsírsav hányada. Az adatok azonban arra is felhívják a figyelmet, hogy a tej PUFA tartalmának jelentős növelése még Ca-szappan etetésével sem lehetséges.



12. ábra Napraforgó olaj alapú Ca-szappan etetésének hatása a tejsír fontosabb zsírsavainak alakulására (Schmidt és mtsai., 2006)

A különböző transz-C18:1 izomereknek az emberi egészségre gyakorolt hatása ma még vitatott kérdés. Mensink és Zock (1998) véleménye szerint a napi táplálékok transz zsírsavtartalmának 1 energia %-kal történő növekedésekor 1 mg/dl értékkel nő a vérben az LDL- koleszterin mennyisége. Ugyancsak valószínűsíthető, hogy a növényi eredetű olajokból származó transz izomerek fogyasztásakor nő a koszorúér megbetegedések száma, ami miatt a tej transz zsírsavtartalmát sok országban maximálják.

Az utóbbi évtizedben kerültek az érdeklődés középpontjába a konjugált linolsavak, amelyek a természetben csak a kérődző állatok bendőjében keletkeznek, és ebből következően, csak a kérődzők termékeiből készült élelmiszerekben fordulnak elő érdemleges mennyiségben. A különböző konjugált linolsav izomereket a kérődzők bendőjében élő egyik baktérium, a *Butyrivibrio fibrisolvens* állítja elő a takarmányokkal a bendőbe jutó linolsav biohidrogénezésével.

A konjugált linolsavak közül a legnagyobb mennyiségben a cisz9, transz11-C18:2 izomer keletkezik a bendőben, ennek megfelelően ez a változat fordul elő a legnagyobb mennyiségben a tejben is. Ugyancsak ez az izomer rendelkezik a legkifejezettebb antikarcinogén hatással.

A konjugált linolsav említett kedvező hatásainak ismeretében számos kísérletet végeztek annak megállapítására, hogy lehet-e a tej konjugált linolsav-tartalmát takarmányozással érdemben növelni. Dhiman és mtsai. (1996) azt találták vizsgálataik során, hogy a legeltetett tehének tejének konjugált linolsav-tartalma szignifikánsan nagyobb a szilázt és szénát fogyasztó tehének tejének cisz9, transz11-C18:2 tartalmánál. Precht és Molketin (2000) 12 EU országból származó tejminták vizsgálata során arra a megállapításra jutottak, hogy jelentős különbség áll fenn a nyári és a téli takarmányozási körülmények között termelt tej c9, t11-C18:2 tartalma között. A legeltetési időnyben termelt tej konjugált linolsavtartalma (1,4 g/100 g zsír) számottevő mértékben meghaladta a télen fejt tej c9, t11-C18:2 tartalmát (0,4 g/100 g zsír). Ugyanezt tapasztalták Schmidt és mtsai. (2006). A **22. táblázat** adataiból látható, hogy zöldlucerna etetésekor több konjugált linolsavat tartalmazott a tej, mint téli a takarmányadag etetésekor. Ezek az említett eredmények a zöldtakarmányok jelentős linolsav-tartalmával magyarázhatók. Növelhető a tej konjugált linolsavtartalma a sok linolsavat tartalmazó fullfat szója, fullfat gyapotmag és napraforgóolaj etetésével is.

	Téli takarmányadag	Zöldlucerna etetése
Tejtermelés (kg/nap)	39,2	41,5*
Tejzsír (%)	3,73	3,81*
A termelt tejzsír mennyisége (g/nap)	1456,5	1583,7*
c9, t11-C18:2 (mg/g tejzsír)	3,49	5,49*
c9, t11-C18:2 (g/tehén/nap)	130,0	209,3*

* az adott paraméter tekintetében mért különbségek szignifikánsak ($p < 0,05$)

22. táblázat Zöldlucerna etetésének hatása a tej konjugált linolsav-tartalmára (Schmidt és mtsai., 2006)

A tej konjugált linolsav-tartalmának növelése céljából végzett kísérletek azzal a tanulsággal jártak, hogy a konjugált linolsav növekedésével párhuzamosan nőtt a tej transz- C18:1 zsírsavtartalma is (Lavillonnière és mtsai, 1998). A két zsírsav közötti összefüggés abból adódik, hogy a konjugált linolsav c9, t11 változata a t11-C18:1 zsírsav fontos prekürzora.

5. Takarmányozás hatása a sertéshús minőségére

5.1. A húsmínőség komplex értelmezése

A húsmínőség komplex kategória, amely számos módon, a termelő, a feldolgozó, a kereskedő és végül a fogyasztó szempontjából is értelmezhető. Szoros értelemben vett húsmínőségen, az izomban a post mortem kialakuló biokémiai változások eredményeképpen létrejövő azon fiziko-kémiai tulajdonságok összességét értik, amelyek befolyásolják az élvezeti értéket éppúgy, mint a veszteségeket, a mikrobiológiai stabilitást, valamint egyes technológiai szempontból lényeges tulajdonságokat. A vágást megelőző és követő műveletek, valamint a feldolgozás technológiája a sertés esetében esetenként lényeges változásokat idéznek elő.

A technológiai műveleteknek, illetve ezek nem szakszerű végrehajtásának jelentős szerepe van a hús mikrobiológiai minősége szempontjából is, mivel a bakteriális kontamináció jelentős része nem a termelés során, hanem a vágóüzemben bekövetkező kereszt-kontamináció eredménye. A termelő és a feldolgozó számára is kiemelt fontossággal bír az ún. étkezési minőség. Ebből a szempontból a sertés esetében meghatározó lehet a szalonna vastagsága, vagy a hús márványozottsága, a hús színe, a szín intenzitása, valamint a hús porhanyóssága és lédúsága is. A hús színét is befolyásoló, a sertés esetében fontos különböző húshibák, így a PSE vagy DM jelleg, összefüggnek a hús víztartó képességével, amelynek hátterében a vágást követően bekövetkező pH változások állnak (Ábrahám, 2004). A hús kémhatásának hatása van a húsok táplálkozási, élelmiszerbiztonsági és technológiai tulajdonságaira is. Táplálkozási szempontból a pH érték hirtelen változása (általában csökkenése) csökkentheti egyes biológiailag aktív anyagok mennyiségét, befolyásolhatja a potenciálisan patogén baktériumok szaporodásának intenzitását éppúgy, mint a hús víztartalmát a vízkötő képességen keresztül (Gasztonyi és Lásztzyi, 1993).

5.2. A takarmányozás hatása a húsmínőségre

A hústermelés mennyiségének optimalizálása, illetve a húsok minőségi tulajdonságainak kedvező irányú befolyásolása megvalósítható takarmányozással is. A hústermelés és a húsmínőség szempontjából az egyes táplálóanyagok közül kiemelt fontosságú a fehérje és ezen belül a megfelelő aminosav ellátás. A sertés takarmányozásban az állati eredetű fehérjehordozók felhasználásának korlátozása, a növényi eredetű fehérjehordozók részleges aminosav hiánya, illetve az egyes esszenciális aminosavak aránytalansága miatt általános gyakorlat a kristályos aminosav kiegészítés.

A hústermelő állatok fehérje, illetve aminosav hiányát azonban nem csak a takarmány abszolút fehérje, illetve aminosav hiánya idézheti elő, de arra, különösen a sertés esetében hatással van a fehérje emészthetősége is. A nyersfehérje emészthetőségének javítása érdekében gyakran alkalmazott hidrotermikus eljárásokkal kettős hatás érhető el. Részben javul a fehérje emésztés hatékonysága, másrészt az ilyen kezelések egyúttal jelentősen javítják a takarmányok mikrobiológiai állapotát is, mivel sterilizáló hatásúak. Így például a takarmányok *Salmonella* fertőzöttsége is csökkenthető ilyen módon.

A nyersfehérje mennyisége és emészthetősége mellett annak beépülése az állati termékbe szintén lényeges kérdés. Ez oly módon javítható, hogy az aktuális szükségletnek megfelelő ellátás mellett a fehérje/energia arányt

is optimalizáljuk. A fehérje/energia arányának módosításával tehát a fehérje beépülés mértéke, ezzel a hús táplálkozási minősége is befolyásolható.

Az energia-kiegészítésnek számos módja terjedt el, ebbe beletartoznak a közepes energiatartalmú gabona magvak éppúgy, mint a koncentráltabb állati zsírok, illetve növényi olajok. Az EU rendelkezések értelmében utóbbiak alkalmazása terjed. A telített és telítetlen zsírsavak emészthetőségének mértéke eltér. A telítetlen zsírsavak felszívódásának aránya meghaladja a telített zsírsavakét.

A táplálóanyag felvétel és a sertések zsírbeépítése közötti összefüggésről szóló szakirodalom bőséges. Régóta ismert, hogy a zsírbeépülés mértékét elsősorban az energia-felvétel határozza meg. A napi emészthető energia (DE) felvétel és a zsírbeépülés közötti lineáris összefüggést már sok szerző leírta. A közelmúltban az is világossá vált, hogy a sertések napi zsírbeépülését az aminosav, elsősorban a lizin ellátás, valamint a takarmány emészthető lizin/DE aránya befolyásolja.

Ismeretes, hogy a különböző energiaforrások, a fehérje, a zsír, a keményítő és az NSP különböző transzformációs hatékonysággal alakul át testzsírrá, ami azt jelenti, hogy a zsírbeépülés mértékét az etetett energiaforrás is befolyásolja.

Viszonylag kevés kutatás foglalkozott az eddigiekben azzal, hogy a testzsír megoszlása hogyan befolyásolható takarmányozással. Witte és mtsai. (2000) eredményei alapján a takarmány lizin/energia arányának növelése csökkentette az intramuszkuláris zsírtartalmat, nem okozott ugyanakkor számottevő változást a hátszalonna vastagságban.

Korábbi kutatások eredményei arról számolnak be, hogy a különböző takarmánykomponensek úgyszintén befolyásolják a zsírbeépülést a sertés szöveteibe. Azonos energia és fehérje-ellátottság esetén nagyobb hátszalonna vastagságot és zsírbeépülést eredményez, ha a keményítő helyett az energia nagyobb hányada zsírokból származik. A rostús takarmánykomponensek etetésével elkerülhető a sertések túlzott mértékű elzsírosodása.

Halas és Babinszky (2004) eredményei alapján (23. táblázat) a nagyobb energiaellátásban részesülő sertéseknél a naponta beépített zsír mennyisége, a szalonna vastagsága nagyobb volt, mint az alacsonyabb energiaellátásban részesülő csoportban. A különböző energiaforrások eltérő aránya a tápokban azonban szignifikáns különbséget nem eredményezett a különböző szövetek zsírtartalmában.

	Energiaellátás		Energiaforrás		
	alacsony	magas	bontható NSP	keményítő	olaj
karaj zsír %	2,9	3,3	2,9	3,5	3,0
comb zsír %	2,3	2,5	2,6	2,4	2,1
hátszalonna vastagság (mm)	17,3 ^a	20,1 ^b	19,1	18,0	19,0

a, b = az eltérő betűvel jelölt átlagok szignifikánsan különböznek

23. táblázat Az energiaellátás és az energiaforrás hatása sertések zsírbeépítésére (45-105 kg) (Halas és Babinszky, 2004)

A rostban gazdag takarmány-komponensek zsírbeépítésre gyakorolt depresszív hatása döntően a rost és az NSP anyagok emészthetőséget csökkentő hatásával magyarázható.

A takarmányozás intenzitása szintén befolyásolja a húsok zsírsav összetételét, mégpedig úgy, hogy az extenzív módon takarmányozott állatok húsának eltérő összetételű és általában nagyobb volt a telítetlen zsírsav tartalma a sertések esetében (Gundel és mtsai, 2005). A funkcionális ételkészítés koncepciójában az ilyen takarmányozással kedvező irányban növelhető a húsok n-3-as, főként az EPA (C20:5 n-3) és DHA (C22:6 n-3) zsírsav-tartalma, amely humán egészségvédelem szempontjából kiemelt jelentőségű (Bourre, 2005).

Az ásványianyag-ellátás, ezen belül a mikroelemek javasolt szintje a sertés takarmányozásban folyamatos korrekciókon ment át az elmúlt évtizedekben, mivel azok szintjének meghatározása ma már tekintetbe veszi az állat korát, ivarát, termelési szintjét, valamint az ásványi anyag forrását és biológiai hozzáférhetőségét is. Az Európai Unió ugyanakkor környezetvédelmi és humán egészségügyi szempontokat figyelembe véve

maximalizálta néhány mikroelem sertés takarmányokban megengedhető szintjét. A serteshús minőségét egyéb tényezők mellett, a takarmányok mikroelem-tartalma is befolyásolja. Ezek közül a szelén csökkenti a csepegési veszteséget, valamint kedvezően befolyásolja a húсок színét és oxidatív stabilitását is (Close, 2002). Emellett növelhető a húсок szeléntartalma is, amelynek révén funkcionális élelmiszer állítható elő (Surai és mtsai, 2005). A króm hatására ugyanakkor megnő a hús márványozottsága (Mézes, 2002).

6. Takarmányozás hatása a baromfi termékek minőségére

A tápok fehérje:energia arányának zsírképződést befolyásoló hatásáról nagyszámú kutatási eredmény áll rendelkezésre. A magasabb fehérje /aminosav : energia arányú tápokon hizlalt csirkék kevesebb zsírt tartalmaznak, míg az arány csökkenése zsírosabb csirkék előállítását eredményezi. A nagyobb mértékű elzsírosodás azzal magyarázható, hogy a csirkék az alacsony fehérjetartalmú tápból többet fogyasztanak annak érdekében, hogy fehérje igényüket kielégítsék, ami energia túlfogyasztást eredményez. A magas fehérjetartalom ugyanakkor a fehérjeszintézis energiagénye és a felesleges aminosavak lebontása, a húgysavszintézis energiaszükséglete miatt csökkenti a zsírképződést.

A zsír beépülését nem csak a fehérje mennyisége és annak az energiatartalomhoz viszonyított aránya befolyásolja, hanem az egyes aminosavak aktuális szintje is. Rosebrough (1982) a kéntartalmú aminosavak in vitro zsírsavszintézist csökkentő hatását tapasztalta pulyka szövetek esetében. Számos kutató megerősítette ezt az eredményt in vivo mérésekkel is. Ezzel szemben a tápok treonin szintje nem befolyásolja lényegesen az abdominális zsír mennyiségét (Kidd és mtsai., 1999).

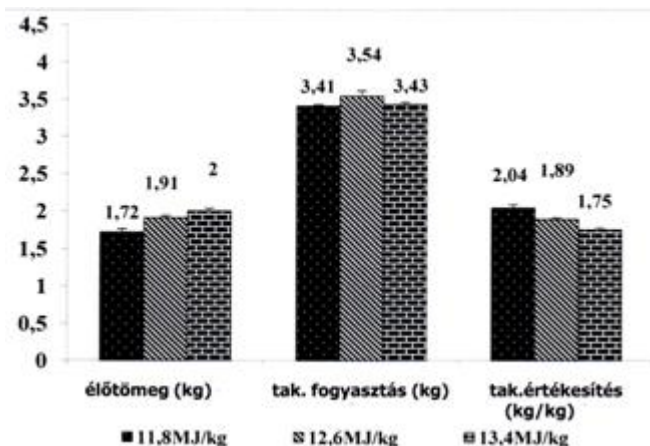
A lizin vonatkozásában Rosebrough és mtsai. (1982) ugyan a növekvő lizin szintek in vitro lipogenetikus hatásáról számoltak be. Az in vivo kísérletek eredményei szerint a táp lizin-tartalmának növekedése csökkentette az elzsírosodást (Kidd és mtsai., 1998) Saját kísérletünk eredményei azt bizonyítják, hogy az elégtelen fehérjetartalom növeli, míg a szükségletet meghaladó lizin szint csökkenti a broilerek hasúri zsírtartalmát (Dublecz és mtsai., 1999).

Részben környezetvédelmi megfontolásokból kifolyólag, a tápok fehérjetartalmát és ezáltal a környezet N-terhelését csökkenteni lehet az esszenciális aminosav szintek emelésével. Lippens és mtsai. (1997) eredményei alapján a táp fehérjetartalma kristályos aminosav-kiegészítéssel 17%-ra csökkenthető úgy, hogy ez a csirkék teljesítményét nem befolyásolja.

6.1. Energia szint, zsírtartalom

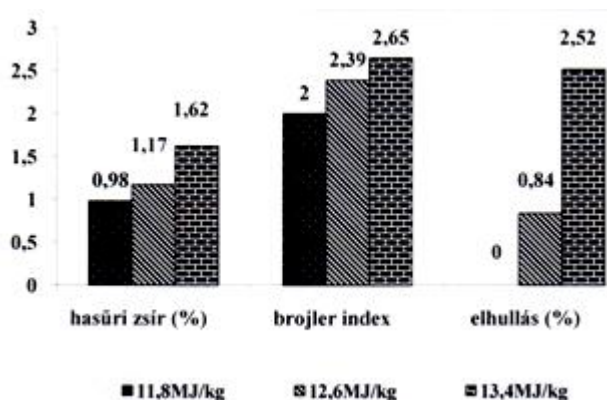
A legnagyobb növekedési erély és a legkedvezőbb takarmányértékesítés nagy energiatartalmú tápok etetésével érhető el. Ez részben azzal áll összefüggésben, hogy kevesebb takarmány elegendő az energiaszükséglet fedezésére, másrészt a növekedés energiaszükséglete garantáltan biztosított A tápok energiaszintjének növelése ugyanakkor zsírkiegészítéssel lehetséges, ami növeli a csirke test zsírtartalmát.

Különböző energiatartalmú, minden más táplálóanyag tekintetében azonos tápok etetését követően az energia szintekkel párhuzamosan javult a csirkék testtömeg-gyarapodása (**13. ábra**). Érdekes ugyanakkor, hogy a kisebb energia szintű tápokból a csirkék nem voltak képesek többet elfogyasztani, ami arra utal, hogy a broilerek ilyen irányú kompenzációs képessége limitált. A tápok energia szintje a fajlagos takarmány-értékesítésre volt a legnagyobb hatással (Dublecz és mtsai., 1999).



13. ábra Eltérő energiatartalmú tápok etetésének hatása broilercsirkék teljesítményére

A 14. ábrán látható, hogy a magasabb energiatartalmú tápok növelik a hasúri zsír mennyiségét, javítják ugyanakkor a termelés gazdaságosságát kifejező komplex mutató, a broiler index értékét. A csirkék növekedésének intenzívebbé válásával nő az elhullások aránya (Dublecz és mtsai., 1999).



14. ábra Eltérő energiatartalmú tápok etetésének hatása broilercsirkék hasúri zsírtartalmára, a broiler indexek alakulására és az elhullásra

Abban az esetben ugyanakkor, ha úgy növelték a tápok energiaszintjét, hogy az aminosav : energia arány konstans maradt, akkor a csirkék elzsírosodásában nem tapasztaltak szignifikáns különbséget (Plavnik és mtsai., 1997). Hasonlóan, konstans fehérje : energia arány esetében sem növeli a tápok energia dúsítása az elzsírosodást, bár az abdominális zsír mennyisége növekvő tendenciát mutatott a zsírtartalom emelkedésével (Donaldson, 1985).

A zsírkiegészítés formája, a zsírok zsírsavösszetétele úgyszintén zsírbeépülést befolyásoló tényező. A telített zsírsavakban gazdag zsírok jobban növelik a madarak elzsírosodását, mint a növényi olajok, például a napraforgó olaj. Ez azzal áll összefüggésben, hogy a telítetlen zsírsavak csökkentik a madarak májában a zsírsavszintézist.

Bár a vágóhidak többsége hazánkban nem premizálja az egyes húsrészek, például a mell arányának növelését, számos kísérletet végeztek annak megállapítására, hogy a genetikai módszereken túl takarmányozással is befolyásolható-e az egyes húsrészek aránya. A tápok fehérjetartalmának csökkenése csökkenti a mellhús nagyságát, de amennyiben a kisebb fehérje szint az esszenciális aminosavak kiegészítésével jár együtt, akkor ez a csökkenés elkerülhető (Kerr és Kidd, 1999).

A tápok aminosav-kiegészítése kapcsán több esetben tapasztalták a mellhús arányának növekedését, amiből arra lehet következtetni, hogy a maximális mellhús kihozatal aminosav szükséglete meghaladja a maximális testtömeggyarapodás, vagy a legkisebb takarmányértékesítés szükségletét. Ebből a szempontból az egyes aminosavak eltérő hatással bírnak. A lizin és a kéntartalmú aminosavak esetében a pozitív hatás bizonyított, míg

például a treonin, a valin, valamint a nem esszenciális aminosavak esetében azok mellhús növelő hatása nem volt bizonyítható.

6.2. A baromfi szövetek zsírsavösszetételének módosítása

A telítetlen zsírsavak arányának növelése mellett az utóbbi években széleskörű kutatások folytak a különböző baromfi húsok n-3-as zsírsav-, továbbá a konjugált linolsav-tartalmának növelése érdekében. Az egyes húsrészek, valamint a bőr zsírtartalma és zsírsavösszetétele lényegesen különbözik. A mellhús zsírtartalma általában 1%-nál kisebb, a combé 2-3%, míg a bőrre 30-35%. Míg a bőr zsírját döntően trigliceridek alkotják, addig a mell és comb húspan lévő zsír 55, illetve 16%-a foszfolipid (24. táblázat).

	összes zsír (%)	triglicerid (az összes zsír %-ában)	foszfolipid (az összes zsír %-ában)
mell	0,9	43	55
comb	2,2	83	16
bőr	30,3	100	nyomokban

24. táblázat Átlagos takarmányon etetett broilerek szöveteinek zsírtartalma és a zsír összetétele (Leskanich és Noble, 1997)

Mivel a többszörösen telítetlen n-6-os és n-3-as zsírsavak könnyebben épülnek be a foszfolipidekbe, a húsok zsírsavösszetétele könnyebben módosítható. A 25. táblázat a csirke mell, comb és bőr szöveteinek zsírsavösszetételét mutatja be átlagos takarmányozás esetén. Látható, hogy a csirke szöveteiben a többszörösen telítetlen zsírsavak közül az n-6-os linolsav és arachidonsav dominál. Az n-3-as zsírsavak aránya csupán 3-4%-ot tesz ki a húsookban, mennyiségük a bőrben még ennél is kisebb (Leskanich és Noble, 1997).

zsírsav	mell	comb	bőr
linolsav (C18:2 n-6)	17,8	18,3	18,2
linolénsav (C18:3 n-3)	0,5	0,7	1,0
arachidonsav (C20:4 n-6)	5,0	3,7	0,6
eikózapentaénsav (C20:5 n-3)	0,7	0,6	0,4
dokózapentaénsav (C22:5 n-3)	0,9	0,5	0,1
dokózahexaénsav (C22:6 n-3)	1,8	1,0	0,1
összes PUFA	32,0	28,5	21,4
összes n-6 PUFA	27,4	25,1	19,7
összes n-3 PUFA	4,5	3,4	1,8

25. táblázat Átlagos takarmányon etetett broilerek szöveteinek többszörösen telítetlen zsírsavösszetétele (az összes zsírsav %-ában)

A baromfi zsír zsírsavösszetételének módosítása terén már mintegy 40 éve folynak kutatások. Az utóbbi években főleg az ember egészsége szempontjából bizonyítottan kedvező hatású n-3-as PUFA zsírsavak arányának növelése terén születtek újabb eredmények. Ezek a kísérletek azt bizonyították, hogy az n-3-as zsírsavak beépülése a csirke testszöveteibe a takarmány n-3-as zsírsavtartalmától és az etetés időtartamától függ. A 26. táblázat a szövetek n-3-as zsírsavtartalmának alakulását mutatja be a tápok halliszt kiegészítését követően (Leskanich és Noble, 1997). A táblázat adataiból kiderül, hogy halliszt etetésekor a szövetek eikózapentaénsav (EPA), dokózapentaénsav (DPA) és dokózahexaénsav (DHA) tartalma növekszik az n-6-os PUFA zsírsavak rovására. Az n-3-as zsírsavak beépülésének aránya nagyobb mértékű a mellizomban, mint a combban. Mindkét izomszövetre jellemző, hogy a DHA nagyobb arányban épül be a szövetekbe, mint az EPA és a DPA.

	kontrol		4% halliszt		12% halliszt	
	mell	comb	mell	comb	mell	comb
linolsav (C18:2 n-6)	17,8	18,3	15,9	16,1	12,0	12,6
linolénsav (C18:3 n-3)	0,5	0,7	0,4	0,6	0,3	0,6
arachidonsav (C20:4 n-6)	5,0	3,7	3,3	2,6	2,2	1,7
eikózapentaénsav (C20:5 n-3)	0,7	0,6	1,4	0,7	2,3	1,2
dokózapentaénsav (C22:5 n-3)	0,9	0,5	1,3	0,7	2,3	1,1
dokózahexaénsav (C22:6 n-3)	1,8	1,0	4,0	1,9	6,0	2,5
összes PUFA	32,0	28,5	30,3	25,0	27,5	21,0
összes n-6 PUFA	27,4	25,1	22,7	20,8	16,3	15,4
összes n-3 PUFA	4,5	3,4	7,5	4,2	11,2	5,6

26. táblázat A csirke szöveteinek PUFA tartalmának alakulása átlagos, illetve hallisztet tartalmazó táp etetését követően (az összes zsírsav %-ában)

A növényi eredetű n-3-as zsírsavforrások, döntően lenmagdara, lenolaj etetésekor a szövetek zsírsavai közül döntően a linolénsav-tartalom (LNA) nő. A szövetek LNA beépülésének mértékét a hosszabb szénláncú n-3-as zsírsavakhoz hasonlóan a táp linolénsav tartalma és az etetés hossza befolyásolja (Olomu és Baracos, 1991). Az n-3-as zsírsavakban dúsított baromfitermékek előállításánál a növényi és a hal eredetű zsírsavforrásokat általában együttesen használják.

A csirke faj mellett egyéb baromfi fajok szöveteinek zsírsavösszetételét is megvizsgálták (Noble, 2001). A vizsármányosok és a fácán húsa a csirkénél lényegesen több, 4-7% zsírt, ugyanakkor több linolénsavat és kevesebb linolsavat tartalmaz (27. táblázat).

	broiler csirke	kacsa	lúd	fácán
linolénsav	18,1	15,1	15,4	18,2
linolsav	0,6	1,9	1,9	2,7
összes zsír	1,3	6,0	7,1	3,6

27. táblázat Különböző baromfi fajok izomszöveteinek linolénsav, linolsav és összes zsírtartalma (%)

A táblázatban látható különbségek a genetikai tényezők mellett azzal is magyarázhatók, hogy a vizsármányosok és a vad madarak lényegesen több n-3-as zsírsavban gazdag táplálékot, zöld növényeket, rovarokat fogyasztanak.

Az n-3-as zsírsavakban gazdag állati termékek előállítására a növényi olajok közül a nagy mennyiségű linolénsavat tartalmazó lenmagdarát, illetve a lenmagolajat alkalmazzák legszélesebb körben. A hosszú szénláncú n-3-as zsírsavak, az EPA és a DHA legkézenfekvőbb forrásai a különböző tengeri eredetű takarmánykomponensek, a halliszt és a halolaj.

6.3. A baromfi termékek konjugált linolsav-tartalmának növelése

A CLA csoporton belül a cisz-9, transz-11-linolsav bír a legnagyobb biológiai aktivitással. A 28. táblázatban néhány állati termék CLA és az aktív cisz-9, transz-11 izomer tartalmát mutatja. A táblázatból látható, hogy a kérődző állatok termékei lényegesen nagyobb mennyiséget tartalmaznak és például a csirke hús nem tekinthető a legjelentősebb forrásnak (Noble, 2001). Érdekes ugyanakkor, hogy a pulyka hús, feltételezhetően a bélben zajló intenzívebb mikrobás tevékenység miatt a csirkénél gazdagabb CLA forrás.

	tej	vaj	sajt	joghurt	marha	birka	sertés	csirke	pulyka
CLA mg/g fat	5,5	6,1	5,1	4,8	4,3	5,6	0,6	0,9	2,5
cisz-9, transz-11 izomer %	92	88	80	84	79	92	82	84	81

28. táblázat Különböző állati termékek CLA-tartalma

A baromfi esetében a hús CLA tartalmának növelése a metabolit etetése útján érhető el. A megfigyelések szerint az elfogyasztott CLA csaknem teljes egészében beépül a hús foszfolipid frakciójába. A rendelkezésre álló

irodalmi adatok alapján a baromfi fajok közül a pulyka hús CLA felvevő képessége a legnagyobb (Noble, 2001).

6.4. A hús minőség, eltarthatóság befolyásolása

A baromfi húrok tárolása során azok zsírában oxidációs folyamatok indulnak meg, amelyek elsősorban a telítetlen zsírsavak bontását, hidroperoxidok képződését jelentik. A keletkező hidroperoxidok labilis vegyületek, amelyekből a későbbiekben a hús organoleptikai tulajdonságait kedvezőtlenül befolyásoló illó anyagok, aldehidek és ketonok képződnek. A növényi eredetű, többszörösen telítetlen zsírsavakban gazdagabb olajok szélesebb körű felhasználása, a húrok n-3-as PUFA tartalmának növelése vagy az egyre szélesebb körben forgalmazott előzetesen hőkezelt termékek esetében azok eltarthatósága csökken.

A különféle bioaktív anyagok közül az E-vitamin a leghatásosabb, mint biológiai antioxidáns. A tokoferolok csoportjába tartozó különböző vegyületek közül pedig az alfa tokoferol (AT) a leghatékonyabb, amellyel a gyakorlatban alfa tokoferol-acetát formában (ATA) egészítik ki a takarmányokat. Az E-vitamin sejtmembránok védelmét látja el. A képződő szabad gyököket semlegesíti, és ezáltal megakadályozza a membránok foszfolipid és a koleszterin frakciójának a lebomlását és a későbbi további káros anyagok keletkezését. Csökkenti a húrokban a lipidek oxidációját a tárolás során vagy hőkezelést követően, javítja a zsírok és izomszövetek oxidatív stabilitását. Az E-vitamin stabilizáló hatása azonban nagyban függ a testbe beépült zsír formájától. A telítetlen zsírsavak arányának növekedése növeli az E-vitamin szükségletet.

Az E-vitamin mennyisége a takarmányban található koncentráció függvényében emelkedik az egyes szövetekben. A szívbe és a tüdőbe épül be leggyorsabban, ezt követi a máj, a comb és az agy szövetek telítődése.

A több E-vitamint tartalmazó húrok általában magasabb pontszámot érnek el a hús állagát, ízét, izhibákat magában foglaló érzékszervi minősítéskor és jobb a színtabilitással rendelkeznek.

A baromfi termékek oxidatív stabilitását egyéb takarmányok, takarmány-kiegészítők is javítják. A zab broiler tápokban történő 20%-os szerepeltetésekor például javul a hús oxidatív stabilitása.

A karnozin az izmokban természetes körülmények között jelenlévő dipeptid, amely gátolja a zsírok oxidációjával összefüggő katalitikus folyamatokat. A húrok 1,5% karnozinnal történő kiegészítése az E-vitaminnal azonos hatékonysággal javította a nyers húrok eltarthatóságát. Az E-vitamin és a karnozin hatása additívnek bizonyult (O'Neill és mtsai., 1998).

7. A tojás táplálóanyag-tartalmának befolyásolása takarmányozással.

A 80-as évek végétől kezdődően indultak kutatások az étkezési tojás n-3-as zsírsavtartalmának növelése érdekében, amelynek keretében hallisztet, illetve halolajat, a növényi források közül pedig elsősorban a linolénsavban gazdag lenmagdarát, lenolajat keverték a tojótápokba. A linolénsav kívánt beépülési szintjét 3-4 hetes etetéssel el lehet érni. A hosszabb szénláncú n-3-as zsírsavak, a DHA, EPA esetében a májban zajló enzimatis elongációs folyamatok miatt a tojás zsírsavszintjének stabilizálódásához néhány héttel több időre van szükség. Halolajból 1,5-3 %-ot tartalmazó táp 4 hétig történő etetésével 9-10mg/g tojássárgája n-3-as zsírsav beépülés érhető el. Azt is megfigyelték, hogy az EPA tojásba történő beépülése lényegesen elmarad a DHA-ra jellemző értéktől. A halolaj etetésének legfőbb korlátja, hogy 1,5% feletti koncentrációban halízt kölcsönözhet a tojásnak.

A tengeri algák nagy nehézfém- és egyéb szennyező anyag-tartalmuk miatt általában nem alkalmasak n-3-as zsírsavakban gazdag tojás előállítására. A mesterségesen előállított algakészítményekkel végzett kísérletek eredményei szerint a tojás összes n-3-as zsírsavtartalmát 10-12 mg/g sárgája szintre lehet növelni. Az algakezelés azonban csökkenti a tojástömeget (Nollet, 2001).

Az n-3-as zsírsavakban dúsított tojás előállításakor a leggyakoribb takarmány komponens a lenmagdara. Öt százalékos bekeverési aránynál a tojás linolénsav és DHA tartalma 7-9 mg/g, illetve 4-6mg/g, 15%-os bekeverési aránynál 13-20 mg/g, illetve 6-9 mg/g sárgája szintig emelkedett. A lenmagdara arányának további növelése a tojás linolénsav mennyiségét igen, a DHA koncentrációt azonban tovább nem növeli (Van Elswyk, 1997). A lenmag vagy a lenolaj etetésekor egyaránt jellemző, hogy negatívan befolyásolhatják a termelési eredményeket. Ezek a negatív hatások azzal magyarázhatók, hogy az n-3 zsírsavak csökkentik a májban a zsírok

bioszintézisét és ezáltal a vérplazma és a tojás zsírtartalmát, a tojás sárgája tömegét. Whitehead és mtsai. (1993) véleménye alapján a lenmagdara plazma ösztrogén szintet csökkentő hatása legalább részben felelős a termelési paraméterek romlásáért.

Az n-3-as zsírsavakban gazdag tojás gyakorlati előállítása általában a halolaj és a lenolaj együttes felhasználásával történik. A halolaj fokozatos kiváltása lenolajjal mintegy felére csökkenti a sárgája DHA koncentrációját (10,6mg/g – 5,2 mg/g), az LNA szintje mintegy 10 szeresére nő (1,5mg/g -16,3mg/g), az arachidonsav mennyisége pedig kis mértékben növekszik (2mg/g – 3mg/g).

A hosszú szénláncú n-3-as zsírsavak arányának növekedése a tojásban is indokoltá teszi a zsírok oxidatív stabilitásának javítását, E-vitamin tartalmának növelését. Pál és mtsai. (2002) a tojás E-vitamin-tartalmának alakulását vizsgálták a tápok különböző olajokkal és E-vitaminnal történő kiegészítését követően. Eredményeikből megállapítható, hogy az E-vitamin tojásba történő beépülését a táp zsírsavösszetétele is befolyásolja.

Az n-3-as zsírsavakban dúsított tojások fogyasztása csökkentette a vér koleszterin szintjét patkányokban és az emberben egyaránt (Jiang és Sim, 1993). Oh és mtsai. (1991) emellett az n-3-as tojások vérnyomás és plazma trigliceridcsökkentő hatásáról számoltak be.

8. Ellenőrző kérdések:

- Milyen összefüggés van a takarmányozás és a hús minősége között?
- Miben különbözik a kérődzők és a monogasztrikus állatok húsának zsírsavösszetétele, módosítási lehetősége?
- Mely zsírsavak arányának növelése kívánatos táplálkozási szempontból?
- Milyen tényezők befolyásolják az állati termékek oxidatív stabilitását?

Chapter 11. A takarmányozás élelmiszer-biztonsági aspektusai

Az elmúlt évtizedek és a közelmúlt élelmiszerbiztonságot érintő botrányai sok esetben a takarmányhoz kötődtek (szarvasmarhák szivacsos agyvelősorvadása (BSE), dioxin) és jogosan irányították a közérdeklődést és a szakemberek figyelmét az élelmiszerbiztonságra, ezen belül az állati eredetű élelmiszerek minőségére.

1. A takarmányok mikotoxin szennyezettsége

A mikotoxinok szaprofita penészgombák másodlagos anyagcsere-termékei, világszerte előfordulnak és számtalan takarmányféleiséget, élelmiszer-alapanyagot károsítanak. Egyetlen penészfajta több különböző mikotoxint is termelhet, ugyanakkor több penészfaj is termelhet azonos toxint. A penészek gyorsan növekedésnek indulnak, és akkor kezdenek toxint termelni, ha szárazság, hideg vagy más fajok versenye által okozott stresszhatás éri őket.

A mikotoxinok „biokémiai kézigránatok”-nak tekinthetők. A legtöbb nem mérgező, mert így magát a penészt is elpusztítaná, ehelyett akkor válnak veszélyessé, amikor az állat szervezete megpróbálja őket egy konjugációnak nevezett eljárással detoxikálni. A legtöbb mikotoxin rendkívül szilárd biokémiai szerkezettel rendelkezik, ami ellenállóvá teszi őket a magas hőmérséklettel és az alacsony pH értékkel szemben.

Az egyes takarmányok toxinszennyezettsége kedvezőtlenül befolyásolhatja gazdasági állataink fejlődését, ellenállóképességét és szaporodását, jelentős anyagi károkat okozva ezzel a tenyésztőknek. Több száz penészmetabolitot neveznek mikotoxinoknak. Ezek közül ökonómiai és toxikológiai szempontból néhánynak különösen nagy jelentősége van. Ezek hazai viszonylatban az aflatoxin, az ochratoxin, a trichotecének, a zearalenon, és a fumonizinek. Megkülönböztetünk a szántóföldön és tárolás során termelődő toxinokat. Az európai országokban a fuzárium toxinok általában a szántóföldön, az ochratoxin pedig a kedvezőtlen tárolási feltételek esetén jelennek meg. A leggyakrabban előforduló mikotoxinok hatásmechanizmusát a **29. táblázat** mutatja be.

A mikotoxinok és anyagcseretermékeik felszívódhatnak az emésztőtraktusból és bekerülhetnek a különböző állati szövetekbe, a belsősegekbe, a húsba, a tojásba vagy a tejbe. Felszívódásuk általában gyors, a plazmában koncentrációjuk pár óra elteltével eléri a maximális értéket.

A mikotoxin vizsgálatok fontosságára az 1960-as évek elején Angliában nagyméretű pulykaelhullás hívta fel a figyelmet, amelyet a táp alfatoxin-tartalma okozott. Azt is felfedezték, hogy az alfatoxinnal szennyezett takarmányt fogyasztó tehenek tejében toxinmetabolitok jelennek meg. Az **aflatoxinokat** *Aspergillus* gombák termelik és leginkább a meleg, párás klímájú területeken, leggyakrabban kukoricában, gyapotmagban, földimogyoróban, szójababban fordul elő. Különböző formái közül az aflatoxin B1 (AFB1) a legtoxikusabb, a sejtekben a DNS-hez kötődve mutagén, illetve karcinogén hatású.

Magyarország éghajlati viszonyai mellett az aflatoxin termelődésének nincsenek meg a feltételei, esetleg import takarmányokkal kerülhet hazánkba. Ennek ellenére, mivel magas humán- és állategészségügyi kockázatot jelent, hazánkban deklarált az egyes takarmányféleésekben megengedhető maximális szintje.

	hatásmechanizmus	élettani következmények	károsodó szerv
trichotecén toxinok (DON, DAS, T-2)	fehérjeszintézis gátlása RNS szinten	a sejtdifferenciálódás és a fehérjeszintézis gátlása	immun-szervek, máj
zearalenon	ösztrogén hatás	ösztrogén receptorokhoz kapcsolódás, ösztrogén jellegű tünetek	ivarszervek
fumonizinek	szfinganin N-aciltranszferáz gátlása	a szfingolipid metabolizmus zavara	máj
moniliformin	a tiamin függő enzimek gátlása	a piroszőlősav és az α -ketoglutársav dekarboxilezésének gátlása, energiahány	szív
aflatoxin B₁	kovalens kötést képez a sejt DNS-ével és a fehérjemolekulákkal	mutációk, rákos elváltozások, sejttoxicitás	máj
ochratoxin A	kompetíció a fenilalaninnal a t-RNS-hez való kapcsolódáskor, nő a lipidperoxidáció, csökken a mitokondriális légzés	csökken a glükoneogenezis, a fehérje szintézis, ATP hiány	vese

29. táblázat Mikotoxinok hatásmechanizmusa és azok következményei

Európai viszonyok között gyakran előfordul az *Aspergillus* és *Penicillium* fajok által termelt **ochratoxin**, melynek különböző kémiai formái közül az előfordulás gyakorisága és a takarmányokban mért koncentrációja szempontjából egyaránt az ochratoxin A (OTA) a legjelentősebb. Miután az állati eredetű élelmiszerekben, a májban, a tojásban és a tejben egyaránt kimutatható, hazai körülmények között a legfontosabb élelmiszerbiztonsági kockázatot jelenti a toxinok között. Az OTA kumulálódhat az ember szervezetében. Legnagyobb mennyiségben a májban, a vesében és a vérben található. Felezési ideje 35 nap, ami miatt a fogyasztását követően tartósan kimutatható a vérből.

Hazánkban a gabonaféléken és a tápokban legnagyobb arányban a fuzárium toxinok fordulnak elő. Az adott év éghajlati viszonyainak megfelelően ún. „fuzáriumos évekről” beszélhetünk, amikor is a takarmányok toxinszintjei a csapadékos időjárási viszonyok hatására felszaporodnak. Az elmúlt, 2010-es év is ezek közé, a fuzárium fajok szaporodásának kedvező feltételeket jelentő évek közé tartozik. A fuzárium toxinok közé tartozik a zearalenon (ZON), a fumonizinek, továbbá a trichotecén vázas T-2 toxin, a deoxynivalenol (DON), a nivalenol és diacetoxyscirpenol (DAS).

A zearalenon ösztrogén hatású toxin, az állat és az ember ösztrogén receptoraihoz kapcsolódva a petefészek és a méh működési zavarait, a spermaképződés gátlását okozza.

A fumonizinek takarmányozási és élettani szempontból egyaránt legfőbb képviselője fumonizin B1 (FB1). Ez a toxin elsősorban a gazdasági állatok és az ember immunrendszerét károsítja. Csökkenti a vakcinázások sikerességét, az ellenanyagok termelődését, valamint a fehérvérsejt képződést. Emberben szoros korrelációt mutattak ki a magas FB1-tartalmú gabonák fogyasztása és a nyelőcső rák kialakulása között. Legfőbb forrása a gabonafélék közül a kukorica.

A trichotecén típusú toxinok közül legnagyobb mennyiségben a DON található a takarmányozási és élelmiszer célra termesztett gabonákban és a belőlük készült termékekben. Az étkezési gabonák minősítése során a toxinszennyezettség mértékét elsősorban a DON koncentráció alapján végzik. A máj lipid metabolizmusának zavarát okozza, fokozza a lipidperoxidációt. Negatív hatással van az immunrendszerre, sejt szinten gátolja a fehérjeszintézist, többek között az immunglobulinok szintézisét.

A **T-2** toxin toxikózisnak tipikus jelei gazdasági állatokban a száj környéki sebesedés és a száj nyálkahártya elváltozások, a tollasodási zavarok, valamint a takarmány visszautasítása. A T-2 toxin ezen túl a májban oxidatív elváltozásokat, a vérárvadás zavarát és csökkent fehérvérsejt képződést okoz.

A természetes módon szennyeződött állati termékek mikotoxin-tartalmáról a **30. táblázat** nyújt felvilágosítást.

Mikotoxin	hatása emberre	előfordulás	maximális koncentráció	referencia
Aflatoxin B1	májdaganat	tojás sertésmáj sertéshús sertéstej	0,4 ppb 0,5 ppb 1,04 ppb 1,02 ppb	Fukal és Sova, 1988 Honstead és mtsai. 1992 Sova és mtsai. 1990 Sova és mtsai. 1990
Aflatoxin M1		tehéntej	0,33 ppb	Patterson és mtsai. 1980
Ochratoxin A	vesekárosodás	sertésmáj sertésvese kolbászfélék	98 ppb 89 ppb 3,4 ppb	Sheuer, 1989
Zearalenon	ösztrogén	sertésmáj sertéshús	10 ppb 10 ppb	Savonsky és mtsai. 1989

30. táblázat Természetes úton szennyezett állati termékek toxintartalma (FAO, 1997)

Gyakorlati körülmények között általában többféle mikotoxin fordul elő a fertőzött takarmányokban. Ezek kölcsönhatásban vannak egymással. A kölcsönhatás függ a toxinok fajtájától, a koncentrációjuktól, és a vizsgált paramétertől. Az OTA, a DON és a FB1 toxinok gyakran együttesen fordulnak elő és adott esetben nem csak additíven, hanem egymás hatását felerősítve, szinergens módon hatnak.

A Nemzetközi Rákkutató Intézet (IARC) vizsgálatai alapján a mikotoxinok közül kifejezetten karcinogénnek minősül az aflatoxin B1, de az ochratoxinnak és az FB1-nek is tulajdonítanak hasonló jellegű hatást. Nem valószínűsíthető a ZON és a T-2 toxin karcinogén volta, míg a DON-ra és a nivalenolra (NIV) vonatkozóan nem áll rendelkezésre elegendő adat.

A mikotoxinokból a bélhámsejtekben és a májban különböző metabolitok képződhetnek, amelyek néha még a kiinduló vegyületnél is toxikusabbak. Ennek egyik legegyszerűbb példája a zearalenon felszívódása közben képződő α -ZON és β -ZON, amelyek közül az α -ZON lényegesen nagyobb affinitást mutat az ösztrogén receptorokhoz való kötődés szempontjából, mint a ZON.

A toxinnal szennyezett takarmányok kezelésére több módszer kínálkozik, melyek közül a legegyszerűbb a szennyezett termék hígítása toxinmentes takarmánnyal és ezáltal a toxinkoncentráció csökkentése. A mikotoxinokra a különböző állatfajok nem azonos érzékenységgel bírnak. A madarak számos toxin hatását lényegesen jobban tolerálják, mint az emlős állatok. Lényeges különbség van a tenyészállatok és az árutermelő állományok érzékenységében is például a zearalenon szintekre vonatkozóan. A toxinokkal szennyezett takarmányok etetésekor azonban minden esetben szem előtt kell tartani, hogy a toxinok megjelenhetnek az állati termékekben akkor is, ha adott esetben a szennyezett takarmány termelés visszaesést nem okoz. E tekintetben lényeges a különbség húshasznú és tejtermelő kérődzők, a húshasznú és a tojást termelő baromfi fajok között. Az állatok életkora természetesen szintén nagy hatással van a toxin érzékenységre.

Ezzel kapcsolatban azt is fontos megemlíteni, hogy a több szempontból pozitív megítélés alá tartozó biotermékekben, a vegyszeres védekezés hiánya miatt adott esetben lényegesen megnőhet a toxinszennyezettség kockázata.

A gyakorlatban különféle toxinkötő anyagok felhasználása is elterjedt az utóbbi időben. A rendelkezésre álló irodalmi adatok alapján megállapítható, hogy ezeknek a készítményeknek általában kicsi a megkötő képessége a DON-ra (2-27%) és ZON-ra (5-55%). Más a helyzet az aflatoxin B1- el, melyet az észterezett glükomannán alapú készítmények és a nátrium-kalcium-alumínium-hidroszilikátok (HSCAS) nagy hatékonysággal, átlagosan 80-90%-ban kötnek meg. Más agyagásványok, mint a természetes zeolit és bentonit is csak részben ellensúlyozzák az akut és krónikus aflatoxikózist az állatokban.

Saját in vitro kísérletünk eredményei (Farkas és mtsai., 2009) alapján a toxinok közül valamennyi toxinkötő készítmény a hazai körülmények között is gyakran előforduló zearalenonra vonatkozóan volt a leghatékonyabb, ami 57-68%-os adszorpciós értékeket jelentett. A különböző készítmények közül esetünkben az élesztő sejtfallal alapú Mycosorb készítmény hatékonysága mintegy 10%-al, szignifikánsan jobbnak bizonyult a többinél. Az ochratoxin A, a T-2 toxin és a deoxinivalenol kötődése a toxinkötőkhöz 25 és 42% között változott.

A különféle toxinkötő anyagokkal kapcsolatban nagyon kevés információval rendelkezünk a tekintetben, hogy ezek az anyagok a toxinok mellett, milyen mértékben kötnek meg és gátolják különböző esszenciális táplálóanyagok, például a mikroelemek, vitaminok felszívódását. Kísérletünkben a premixekben általánosan szereplő 4 mikroelem in vitro vizsgálata során azt tapasztaltuk, hogy a zeolit a réz, a vas és a mangán mennyiségének jelentős hányadát megköti. A többi kötőanyagra vonatkozóan az értékek 6 és 22% között változtak (Farkas és mtsai., 2009).

A fentiek miatt a hazánkban előforduló mikotoxinok semlegesítése toxinkötő anyagokkal teljes egészében nem lehetséges. A toxinkötők csupán mérsékelni tudják a mikotoxinok káros hatásait.

Élelmiszer- és takarmánybiztonsági szempontból megnyugtató megoldást csupán az jelenthet, ha az élelmiszer alapanyagok, takarmányok toxintartalmát rendszeresen monitorozzuk, és a hatóságok betartatják az emberre és a különböző állatfajokra, korcsoportokra és hasznosítási típusokra vonatkozó megengedhetőségi határértéket.

2. Állatgyógyászati szerek a takarmányban

Ezeket a készítményeket gyakran takarmányba keverten adagolják. Így fontos, hogy a levágásra kerülő állatok szöveteiben vagy a termelt egyéb termékekben ne haladja meg az állatgyógyszerek koncentrációja vagy azok metabolitja a megengedett határértéket.

Az antibiotikumok felhasználását az Európai Unió tagországai a rezisztencia kialakulásának kockázata miatt jelentősen korlátozták 2006. január 1-t követően. Az antibiotikumok terápiás célú felhasználása természetesen továbbra is lehetséges. Ebben az esetben lényeges, hogy a kezelést követően megfelelő idő álljon rendelkezésre a végtermék árusításáig ahhoz, hogy az állati termékekben lecsökkenjen az antibiotikumok szintje. Napjainkban a hazai piacon a mézek antibiotikum tartalmának volt legnagyobb visszhangja, ami nagymértékben rontotta a hazai előállítású termékek iránti bizalmat. A hozamfokozó antibiotikumok betiltását követően több uniós országban jelentősen megnőtt a terápiás célú felhasználás aránya, ami arra enged következtetni, hogy az állattartók bizonyos esetekben preventív céllal továbbra is használják ezeket a készítményeket.

3. Dioxinok és poliklórozott bifenilek (PCB-k)

Mindkét vegyületcsoport oldódik zsírban, így előfordulásuk döntően növényi és állati zsírokhoz köthető. Stabil vegyületekről van szó, amelyek kumulálódnak az állat és az ember szervezetében. A takarmányba elsősorban az állati zsírkiegészítőkkel jutnak. A dioxin keletkezéséhez zsírokra, magas hőmérsékletre és klór jelenlétére van szükség. A PVC tartályokban magasabb hőmérsékleten tárolt zsírok, olajok így potenciálisan megteremtik a képződésének feltételeit. A használt éttermi olajok begyűjtésekor és az élelmiszeripari technológiai folyamatok során úgyszintén képződhetnek. A 2010. évi német dioxinbotrány súlyos károkat okozott a német sertés és baromfi tartóknak. A dioxinok jelentőségét növeli, hogy a különböző formái között van karcinogén hatású, továbbá kiválasztódik a különböző állati termékekkel és az anyatejjel. A **31. táblázat** adatai arra is figyelmeztetnek, hogy a kontinensek partvidékéhez közeli tengerek, óceánok tengeri élőlényei jelentős mennyiségű dioxint kumulálnak a környezetszennyezés következtében. Ez azért is figyelemre méltó, mert az egészséges táplálkozás szempontjából a tengeri halak fogyasztásának növekedése lenne kívánatos.

A takarmányok, takarmányzsírok és tápok dioxintartalmát kötelezően ellenőrizni kell az Európai Unióban. Megengedhetőségi határértéke 0,4-4 pg/g zsír.

A PCB-k a dioxinokhoz hasonlóan mindenütt jelen vannak a környezetünkben. Az állati zsírokban 20-240 ppb, a halolajban 10-500 ppb, a halak májában ppm-es koncentrációban fordulnak elő.

Halolaj	20	Anyatej	34
Marha	1,8	Sajt	1,4
Sertés	0,43	Tojás	2
Csirke	1,7	Tengeri hal	45
Birka	1,9	Édesvízi hal	2,4
Ló	14	Angolna	28
Kecske	4,2	Kagyló	79
Nyúl	20	Lazac	16
Tej	1,5	Hering	46

31. táblázat Különböző élelmiszerek dioxin koncentrációja (pg TEQ/g zsír)

4. Toxikus nehézfémek

Az ólom elsősorban az állati eredetű élelmiszerekkel, főleg a tengeri eredetű rákok, halak, belsegek révén juthat az ember szervezetébe. Amíg a gépjárművek ólomtartalmú üzemanyagot használtak, a kipufogógázokon keresztül, a forgalmasabb utak környékén a növények is szennyeződtek ólommal, majd megetetésüket követően a nehézfém megjelent az állatok szöveteiben és a tejben. Az ólommentes hajtóanyagok használatát követően ennek kockázata minimálisra csökkent.

A kadmium a környezetszennyezés, a szennyvíziszapok és a szeméttégetők füstjén keresztül kerülhet a növényekbe vagy azok felszínére. Az állati eredetű élelmiszerek közül a tej és a tojás 5, a halak 10, míg a húsok 15 ppb-s koncentrációban tartalmazzák.

A cink és a réz vegyületek hozamnövelő kiegészítőként való felhasználhatóságát az Európai Unió betiltotta és számos egyéb mikroelem vonatkozásában is maximális bekeverhetőségi korlátot léptetett érvénybe. A hazai talajok mikroelem ellátottsága nem tekinthető magasnak, műtrágya-felhasználásunk a rendszerváltást követően jelentősen csökkent. Emiatt az egyéb mikroelemek toxikus szintjének előfordulására a hazai előállítású állati termékekben minimális az esély.

5. Ivóvíz minőség

Humán és állategészségügyi szempontból a vízminőséget negatívan befolyásoló legfontosabb tényezők a következők: arzén, bakteriális szennyezés, nitrát, nitrit, klórozási melléktermékek, bór, ólom, peszticidek. A hazai lakosságot és állatállományt legszélesebb körben a vizek megengedettnél magasabb arzén tartalma érinti.

6. A takarmányok szennyeződése fertőző ágensekkel

A takarmánnyal átvihető, élelmiszerbiztonsági kockázatot jelentő legfontosabb kórokozókat a **32. táblázat** tartalmazza. A kórokozók közül a Salmonella baktériumok jelenléte a baromfitakarmányokban élelmiszerbiztonsági megítélésük mellett azért is nagy jelentőséggel bír, mert az Európai Unió határidőhöz kötötte a baromfiállományok szalmonellamentesítését. Ez a folyamat hazánkban is megkezdődött, de hatékonysága hogy kívánivalót maga után és komoly kihívást támaszt a baromfi szektor valamennyi szereplőjével szemben. A szalmonellamentesítési programok fontos részét képezi a takarmányok szalmonellamentességének fenntartása és takarmányozási módszerek felhasználása a bél szalmonellatartalmának csökkentésében.

kórokozó	élelmiszer
prion (BSE)	kérődzők agyszövetei, nyirokrendszere, húsa
Baktériumok Salmonella enteridis	nem kelően hőkezelt húsok, salátásk, tojás- és tejtermékek
Escherichia coli	nyers zöldség, pasztörözetlen tej, tejtermék, sületlen hús
Listeria monocytogenes	forralatlan tej, tejtermék, lágy sajt, sületlen hús, baromfi hús, tengeri hal
Yersinia	fertőzött hús, tojás
Staphylococcus aureus	baromfihús, sonka, tojás, fagylalt, salátásk, krémekek, mártások
Clostridium perfringens	ételmaradékok, újramelegített ételek, húsok, mártások, rahuk, levesek
Clostridium botulinum	konzervek, húsok, kolbászfélék
Bacillus anthracis	fertőzött állati termék
Bacillus cereus	főtt hús, halak, pudingok, zöldségek
Campylobacter jejuni	nyers tej, szárnyasok
Paraziták Trichinella spiralis	nem kellően megsütött sertéshús
Toxoplasma gondii	sületlen hús, baromfi, nyers hal
Taenia solium és saginata (galandféreg)	nyers sertés-, juh- és marhahús (sertés- és marhaborsóka)
Echinococcus	kutya bélsárral fertőzött élelmiszer

32. táblázat A takarmánnyal átvihető, élelmiszer-biztonsági kockázatot jelentő kórokozók és leggyakrabban érintett élelmiszerek

7. Genetikailag módosított takarmányok (GMO-k)

Genetikailag módosított növényekről akkor beszélünk, amikor a DNS módosulását nem a természetes mutációk, keresztezések, nemesítési eljárások eredményezték, hanem adott tulajdonság bevitelét célzó mesterséges géntechnikai eljárások. Hazai vonatkozásban a takarmánynövények közül elsősorban a szója és a kukorica érdemel említést. A Brazíliából és az USA-ból származó import szója jelentős hányada GMO. A hazai élelmiszeripari cégek többsége feltételként támasztja a termelőkkel szemben, hogy az állati termékek előállításánál nem használtak fel genetikailag módosított takarmányt.

Az Európai Unióban a termékeken történő feltüntetést követően engedélyezett a GMO élelmiszerek és takarmányok felhasználása, szabályozott keretek közötti termesztése. Hazánk jelenleg nem csatlakozott az engedélyező országokhoz. Magyarországon nem engedélyezett a GMO kukorica, szója vagy dohány fajták termesztése.

A GMO növények élelmiszerbiztonsági kockázatáról megoszlanak a szakmai vélemények. Fennáll ugyan annak a lehetősége, hogy a GMO takarmány vagy élelmiszer génei bejutnak a fogyasztó, illetve az állat sejtjeibe, de ennek előfordulási kockázata minimálisnak tekinthető. A GMO gének bélbaktériumokba jutása és a baktériumok tulajdonságainak módosítása már komplexebb problémakört jelent.

A takarmányipar a hagyományos GMO alapanyagok mellett széles körben használ genetikailag módosított baktériumokkal termelt enzimeket és egyéb takarmány-kiegészítőket. Ezek megítélése úgyszintén szabályozást igényel.

Végezetül az élelmiszerbiztonság vagy más szóval a biztonságos élelmiszer előállítás manapság nem nélkülözheti a „szántóföldtől az asztalig” koncepciót, azaz a talaj, a növény, az állat és az ember kapcsolatrendszerének komplex megközelítését. Ez indokolja, hogy a takarmánygyártás minőségbiztosítása semmivel sem lehet alacsonyabb színvonalú az élelmiszeriparra vonatkozó elvárásoknál. A hazai takarmánykeverő üzemek mindegyikében alapfeltétel a termék minőségét meghatározó kockázatok felismerése, a gyártási folyamatok folyamatos monitorozása, szükség esetén a folyamatokba való beavatkozás és a mindezeket rendszerbe foglaló minőségbiztosítási rendszerek alkalmazása.

8. Ellenőrző kérdések:

- Ismertesse a hazai viszonylatban legfontosabb, élelmiszerbiztonsági kockázatot is jelentő mikotoxinokat!
- Milyen lehetőségek állnak rendelkezésre a toxinszennyezett takarmányok felhasználására vonatkozóan?
- Melyek a dioxin szempontjából kritikus takarmánykomponensek?
- Melyek a legfontosabb élelmiszerbiztonsági kockázatot jelentő mikroelemek?
- Jellemezze hazánk és az Európai Unió GMO takarmányokkal kapcsolatos irányelveit!

Chapter 12. Takarmányozási módszerek az állattenyésztés nitrogén- és foszfor- kibocsátásának csökkentésére

Dr. Fébel Hedvig

Napjaink állati termék előállításában a termelés fenntarthatósága jelenti az egyik legnagyobb kihívást. Ez magában foglalja az állatok táplálóanyag-szükségletét kielégítő takarmányozást, aminek eredményeképp az állatok egészségesen és hosszú ideig a termelésben maradnak. Az állatiermék-előállítás folyamatában azonban a takarmányozásnak is alkalmazkodnia kell az új szabályozásokhoz és a jövő egyéb kihívásaihoz. Ilyen követelmény az, hogy olyan környezetvédelmi szempontokat figyelembevevő (környezetkímélő) takarmányozási technológiákat dolgozzunk ki, melyek lehetővé teszik, hogy az állatok termelése során a kiválasztott (nem emésztett vagy nem hasznosult) anyagok mennyiségét csökkentsük. Az állattartás a szén- és a nitrogénciklusban egyaránt részt vesz, mert szerves anyagból széndioxidot termel, valamint fehérjét vesz fel és reaktív nitrogént ürít.

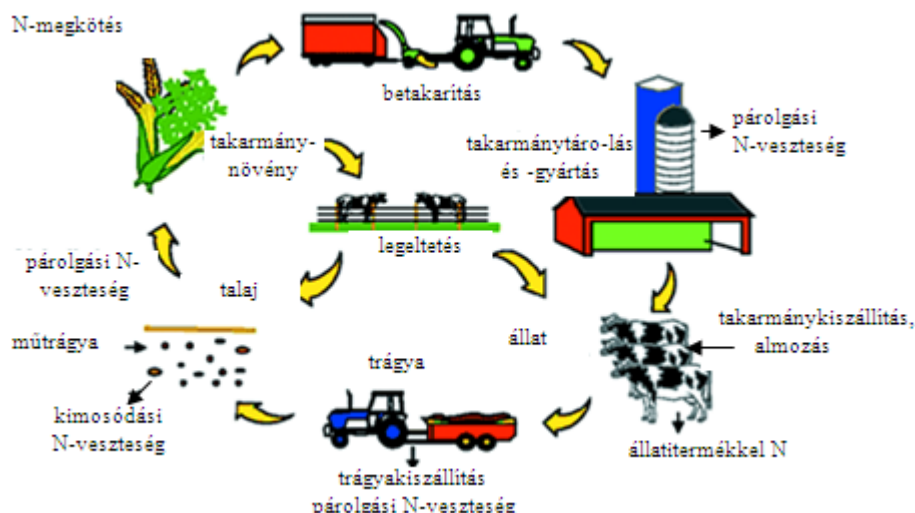
A takarmányozás tudománya sokáig arra helyezte a hangsúlyt, hogy a felvett takarmányból, az emésztési folyamatokat követően mennyi táplálóanyag hasznosul, és az fedezze az állatok szükségletét. A szervezetből kiválasztott anyagokkal, az utóbbi évekig, nem igen foglalkoztak. Erre azonban tekintettel kell lenni, hiszen a környezetbe kerülő N- és P-tartalmú vegyületek mennyisége nem lebecsülendő. Hazai kalkuláció szerint, a jelenlegi termelési szinten, a sertéságazat 35 200 tonna nitrogénnel és 7 400 tonna foszforral, a baromfi ágazat pedig 31 800 tonna nitrogénnel és 6 850 tonna foszforral terheli a környezetet. Manapság számos országban rendelkezéssel is szabályozzák, hogy a levegőbe, vízbe, talajba mekkora mennyiségű környezetet terhelő „anyag” kerülhet. Ez a kiválasztott anyag, a növények számára, megfelelő koncentrációban még hasznosítható, hiszen a N, illetve a P, a növények növekedéséhez esszenciális anyagnak tekinthető. A környezetbe kikerülő gázok kivétel nélkül olyan vegyületek, amiket egyik élőlény sem képes hasznosítani és közvetlenül károsíthatják az atmoszférát. Ilyen gáz, többek között egyes táplálóanyagok lebontása során a károsító gázok keletkezése, metán. Ugyanakkor a trágyába kerülő N-tartalmú anyagok is bekerülnek a természet N-körforgásába, ahol a mikrobiális átalakulást követően gázok vagy egyéb káros vegyületek képződnek.

A takarmányozás fő célja, hogy a haszon illetve a kedvtelésből tartott állatok igényeit (gazdasági állatok esetében az életfenntartó és termelő táplálóanyag-szükségletét) az egyes takarmányok értékének ismeretében fedezze. Mindezt úgy kell elérni, hogy a takarmányozás során etikai és minőségi kérdéseket (állatjólét, állatvédelem), egészségi szempontokat illetve a környezetvédelem elvárásait is vegye figyelembe.

Ez utóbbit tekintve, a takarmányozás és a környezetvédelem összefüggésének tárgyalásakor, a legfontosabb terület a N- és a P-kibocsátás, valamint a metánképződés csökkentésére irányuló törekvések illetve lehetőségek áttekintése. E fejezetben ennek főbb aspektusait tárgyaljuk, de emellett röviden ismertetjük a legeltetés, valamint a takarmány- (fő- és melléktermékek) gyártás, tartósítás és feldolgozás környezetre gyakorolt hatásait.

1. Takarmányozási módszerek az állattenyésztés nitrogén (N) kibocsátásának csökkentésére

Az intenzív mezőgazdaság (nagy- és kisüzem egyaránt) N-emissziójának több mint 90%-a közvetlenül vagy közvetve az állattenyésztési ágazatból származik. A N teljes körforgalmát tekintve, az állati termelés szinte minden szektorában megfigyelhető N-veszteség (15. ábra).



15. ábra A N-körforgalma, és a N-vesztés előfordulási helyei

A N, az ammonifikáció következtében, elsősorban ammónia formájában könnyen elpárolog, ami a savasodást és az eutrofizációt fokozza. Az állattenyésztési ágazatból származik a légkörbe kerülő ammónia közel 50%-a. A nitrifikáció és denitrifikáció mikrobiális folyamatai miatt, a rendkívül veszélyes üvegházgáz, a dinitrogén-oxid kerül a levegőbe. A leggyakrabban trágyával kiszórt, és a talajba került N-tartalmú vegyületek kimosódhatnak és a talajvízbe valamint a felszíni vizekbe kerülhetnek. Az utóbbi évek legnagyobb problémáját a talajvízbe bemosódó nitrátok koncentrációjának emelkedése jelenti.

Az állattenyésztésben keletkező, fentiekben felsorolt N-emissziót takarmányozási módszerekkel, illetve megfelelő telepi gyakorlattal (management) csökkenteni lehet. A N-ürítést például úgy csökkenthetjük, ha a takarmány N-tartalmának állati terméké váló transzformációjának a határfokát javítjuk. Ennek értéke az egyes háziállatokban tág határok között változik és a hasznosítási irány szerint is nagy eltérések figyelhetők meg (33. táblázat). Tejlő tehénekben például a felvett N 20–30%-a jelenik meg tejfehérje formájában, a többi, azaz közel 80% a bélsárral illetve vizelettel kiválasztódik, és a trágyába kerül. Legeltetésre alapozott marhahízlalás esetén a N-hasznosítás határfoka kevesebb, mint 15%. A sertés illetve baromfi esetében a felvett N a kérődzőknél jobb határfokkal hasznosul, általában 40% körüli, de brojlerben a 60%-ot is elérheti.

	N hasznosítás a felvett N %-ában	P hasznosítás a felvett P %-ában
Hízómarha	15	23
Tejlő tehén	24	18
Szárasonálló tehén	6	nincs adat
Tejítatásos borjú	64	nincs adat
Sportló, 500 kg, intenzív igénybevétel	44	15
Sportló, 500 kg, nincs fizikai igénybevétel	15	7
Brojlercsirke <35. nap	60	49
Pulyka	59	48
Tojótyúk	35	19
Választott malac, 12,5 kg	48	51
Hízósertés, 70 kg	34	39
Vemhes koca, 200 kg	23	27
Szoptató koca	45	26

33. táblázat A felvett N és P hasznosításának hatékonysága különböző állatfajokban

A különböző transzformációs határfok következtében nagy mennyiségű N kerül a környezetbe az állatok termelése során (34. táblázat). Ha valamilyen módszerrel az állatok vizelettel illetve bélsárral való N ürítésének

Takarmányozási módszerek az
állattenyésztés nitrogén- és foszfor-
kibocsátásának csökkentésére

mértékét csökkenteni tudjuk, akkor a N-körforgalom **15. ábrán** látható minden N-vesztéséget jelentő részében számottevő csökkenést érhetünk el. A N-ürítés mértéke elsődlegesen az állatok nyersfehérje felvételével van szoros kapcsolatban, vagyis egységnyi termék előállítását kevesebb fehérjével kellene megvalósítani. A N-ürítés csökkentéséhez két módszert lehet alkalmazni. Az egyik esetben úgy csökkentjük a takarmányadag nyersfehérje-tartalmát, hogy a fehérje minősége, azaz az aminosav-összetétel minél inkább közelítse az állat igényeit. A N-emissziót azáltal is mérsékelhetjük ha az állatok termelését fokozzuk.

	Évi N-ürítés a testsúly %-ában
Sertés	
Választott malac	22
Hízósertés	15
Szoptató koca és malacai	17
Vemhes koca	7
Tenyészkocasüldő	9
Kan	6
Baromfi	
Jérce	23
Tojóttyúk	30
Brojlercsirke	40
Húsmarha	
Hízómarha	11
Anyatehén	12
Tejelő típusú szarvasmarha	
Tehén (20 kg tej/nap)	18
Tehén (33 kg tej/nap)	22
Tehén (45 kg tej/nap)	27
Szárazonálló	11
Üsző/borjú	11

34. táblázat Az évente ürített N mennyisége a testsúly százalékában különböző állatfajokban

A tej-, a hús, vagy a tojástermelés növekedésével, a napi fehérje-szükségletnek egyre kisebb hányadát képezi az életfenntartás igénye. Jóllehet a termelés növekedésével hatékonyan csökkenthetjük a N-ürítés mértékét. A gyakorlatban azon takarmányozási eljárásoknak, valamint takarmányozás-életteni szempontoknak van inkább jelentősége, amelyekben kisebb nyersfehérje-tartalmú takarmányadagokat etetünk, figyelembe véve az állatok fehérje- és aminosav-szükségletének minél pontosabb kielégítését. Több takarmányozási eljárást is alkalmazhatunk az állatok N-vesztésének mérséklésére, illetve a N-ürítés csökkentésére. Ezen lehetőségeket foglalja össze a **35. táblázat**. Az adatokból kitűnik, hogy kérődzők esetében az emésztőtraktus letelején, azaz a bendőbéli lebontási folyamatok befolyásolásán keresztül érhetünk el valamilyen hatást. A kérődzők és monogasztrikus állatok emésztésében meglévő lényeges eltérés miatt indokolt a két csoport külön tárgyalása.

A sertés és baromfi, a takarmányfehérjével szemben, mennyiségi és minőségi igényeket támaszt. A minőséget az emészthetőség, a biológiai érték és az esetleges antinutritív anyagok egyidejű jelenléte határozza meg. Az emésztés során a fehérje lebontása után keletkező és a vékonybélből felszívódó aminosavaknak minél inkább igazodni kell a szöveti szintézis igényeihez. A szöveti fehérjeszintézis (izom- vagy tojásfehérje) határfoka mindig a legkisebb mennyiségben jelenlévő aminosavtól függ, az limitálja. Ezt veszi figyelembe az ún. ideális fehérje ellátás elve, ami egy olyan aminosav-összetételű takarmányfehérjét jelent, ami a különböző aminosavak arányának tekintetében megfelel a szöveti fehérjeszintézis aminosav-igényének. A gyakorlatban ez azt jelenti, hogy a nyersfehérje-szükségleten túlmenően, megadjuk a konkrét lizinigényt (g/MJ energia), a többi esszenciális aminosavat pedig ennek százalékában fejezzük ki. Az ideális fehérje, vagy az ideális aminosav-összetétel az állat ivara, kora, genotípusa és termelési iránya szerint különböző. Sertések fehérjeigényének még pontosabb értékelése az egyes takarmányfehérjék lizin-, metionin-, cisztin-, treonin- és triptofántartalmának látszólagos ileális emészthetőségének ismeretén alapul. Hízósertésekben a legnagyobb napi súlygyarapodás eléréséhez az ileáisan emészthető metionin+cisztin-, treonin- illetve triptofán-szükséglet az ileáisan emészthető lizin 59%-a, 60%-a, illetve 19%-a.

Takarmányozási módszerek az
állattenyésztés nitrogén- és foszfor-
kibocsátásának csökkentésére

Módszer	Kérődző	Sertés	Baromfi
A veszteségek csökkentése a bendőben			
– a lebontás csökkentése	X		
– a takarmányok (hő)kezelése	X		
– a szénhidrátok és fehérjék lebontásának összehangolása	X		
– a fejadag (TMR) <i>ad libitum</i> etetése	X		
– pontosított takarmányértékelési rendszer használata	X		
Az emészthetőség növelése			
– technológiai eljárások		X	X
– csíráztatás		X	X
Az endogén veszteségek csökkentése			
– technológiai eljárások		X	X
– csíráztatás		X	X
A hasznosulás hatékonyságának növelése			
– kristályos vagy védett aminosavkiegészítés	X	X	X
– fázisos takarmányozás		X	X
– pontosított takarmányértékelési rendszer használata	X	X	X

35. táblázat A trágya nitrogéntartalmának csökkentési lehetőségei takarmányozási eljárásokkal

Monogasztrikus állatok esetében a fehérje-ellátás jobb illesztése a táplálóanyag-szükségletükhöz ún. fázisos takarmányozási rendszerrel régóta ismert technológiai lehetőség. Az egyfázisúról a kettőre való áttérés például 10%-os csökkenést eredményezett a N-ürítésben, további fázist alkalmazva (3 fázisos takarmányozás) hízósertések N ürítését még további 6%-kal csökkenthetjük. A N-ürítés csökkentésének további módszere, amikor a kisebb nyersfehérje-tartalmú takarmányt kristályos aminosavval egészítjük ki. Brojlercsirkékben a takarmány DL-metioninnal való kiegészítése javította az állatok hizálási paramétereit. Hízósertésekben csak kukoricából és búzából valamint a szükséges vitamin és ásványianyag-kiegészítőkből álló takarmányadagot a négy limitáló aminosavval (lizin, metionin, treonin, triptofán) komplettálva az ipari abrakkeveréssel elérhető eredményeket jól megközelítő teljesítmény érhető el. Az aminosavakkal kiegészített abrak etetésekor a N-ürítés 30–40%-kal volt kisebb mint amikor 16% nyersfehérje-tartalmú tápot etettek.

Kisebb nyersfehérje-tartalmú takarmányadag aminosavval való kiegészítése a N-ürítést 3 és 62% között csökkentette. Az eredményként kapott értékek nagy eltérését az magyarázza, hogy a hatás nagymértékben függött a hízósertések korától és súlyától, az összehasonlításként szolgáló kontrolltakarmány fehérjetartalmától valamint a fehérjeszint csökkentésének mértékétől. Átlagértékként megadható, hogy a nyersfehérje-tartalom egységnyi csökkentésével a N-ürítés mértéke 8,5%-kal kisebb. Az aminosav-kiegészítés és a háromfázisos takarmányozási rendszer együttes alkalmazásakor a N-kibocsátás több mint 30%-kal kisebb. Baromfi esetében a kisebb nyersfehérje-tartalmú takarmányadag aminosavval való kiegészítése a N-ürítést csirkékben 10% és 27%, tojtyúkban 18% és 35% között csökkentette.

A takarmánygyártás egyes lépései, mint a darálás, és a granulálás, a takarmány-felvételt, az emészthetőséget illetve a N-ürítést befolyásolhatják. A darálás különös fontos tényező, mivel a megfelelő szemcseméret a sertés illetve a baromfi takarmányértékesítését jelentősen módosítja. Hízósertés tápban a szemcseméret 1000 µm-ről 440 µm-re való csökkentése javítja a táplálóanyagok emészthetőségét, ennek következtében a kiválasztott N mennyisége 30%-kal csökken. Az emészthetőség 1%-os javulása 1,4%-kal kisebb N-veszteséget eredményez 1 kg hús előállításánál. A granulálás hatására 22%-kal csökken a bélsár N-tartalma.

A különböző takarmány-kiegészítők, mint az enzimek, probiotikumok, szervessavak, ugyancsak csökkenthetik a N-ürítést, mivel javítják a takarmányértékesítést. A N-kibocsátás csökkentésében ezen anyagok hatásossága kismértékű, általában 5% vagy annál kevesebb, bár ritkán 25%-os értékkel is találkozhatunk az irodalomban. Csak érdekességként említhető, mivel Európában tilos a használata, hogy növekedési hormon alkalmazásakor az elérhető csökkenés 12–38% is lehet.

A trágyába kerülő kisebb mennyiségű N-tartalmú vegyülettel az ammónia emissziót jelentősen csökkenthetjük. 41%-kal kisebb N-ürítés 47–59%-kal kevesebb légkörbe kerülő ammóniát jelent. A takarmány

szénhidrátjai ugyancsak szerepet játszhatnak a sertés trágyából származó ammónia emisszió csökkentésében. A baktériumok által fermentálható szénhidrát csökkenti a vizelet N/bélsár N-arányát. Mivel a bélsárban lévő N-tartalmú vegyületek nehezebben alakulnak ammóniává, az emisszió csökken. Burgonyakeményítő etetésekor a légkörbe kerülő ammónia mennyisége 13%-kal csökkent. A takarmány nem keményítő eredetű szénhidrátja is csökkenti az ammónia emissziót. A nem keményítő típusú poliszacharid felvételének minden 100 g-mal való növelése a hígtrágya pH értékét 0,12-vel, az ammónia kibocsátás mértékét 5,4%-kal csökkentette. A takarmány kation-anion egyensúlyát módosítva, a savasabb vizelet kisebb ammónia emissziót eredményez. Például ha a takarmányhoz Ca-pótlásként a bázikus kémhatású CaCO₃ helyett savanyító hatású Ca-sókat adunk, a vizelet pH-ja 1,6–1,8 értékkel csökken, aminek következtében a légkörbe kerülő ammónia mennyisége 26–53%-kal csökken. A fenti változások háttérében az áll, hogy a kisebb pH érték (pl. savasabb hígtrágya) nem kedvező kémhatás az ureáz működéséhez, ezáltal a trágyában lévő karbamidot alacsony határfokkal képes csak átalakítani ammóniává.

A kérődzők N-forgalmát értékelve megállapítható, hogy a takarmány N-tartalmú vegyületeinek terméké (tej, hús) való átalakításának hatásfoka eléggé alacsony (**33. táblázat**). Az adatokból kitűnik, hogy hizómarhában az értéke csak 15% és tejelő tehénben is nagyon ritkán éri el a 30%-ot. Ez utóbbi érték azt jelzi, hogy a felvett N 70%-a kiürül, amiből 30% a bélsárral és 40% mint karbamid, a vizelettel távozik. Kérődzők takarmányozásakor is az a fő cél, hogy megfelelő mennyiségű fehérjét biztosítsunk az állatnak. A fehérje lebontása ugyanakkor sokkal bonyolultabb mechanizmus, ami maga után vonja, hogy a N-ürítés csökkentésének lehetséges útjai beszűkülnek, sok esetben szinte lehetetlen. Ennek magyarázatához röviden át kell tekinteni a kérődzők fehérje ellátásának legfontosabb szempontjait. A monogasztrikus állatokkal összehasonlítva a kérődzőkre jellemző előgyomor-emésztés miatt, a gazdaszervezet N-ellátása eltérő módon valósul meg. A takarmánnyal bevitt fehérjének a gazdaszervezet szöveteinek aminosavak iránti igény kielégítésén túl, a bendőben élő baktériumok N-igényét is fedeznie kell. Már az első szempont, azaz a gazdaszervezet aminosav-igényének kielégítése sem egyszerű feladat, hiszen a vékonybélbe jutó fehérje aminosav-összetétele egyáltalán nem tükrözi a kiindulási takarmányfehérje aminosav garnitúráját. Mindez a bendőbeli mikrobiális fehérjeszintézissel magyarázható, aminek mértékét az ott rendelkezésre álló energia és nitrogén határozza meg. A fehérjeszintézis sebessége egyenesen arányos a mikroorganizmusok szaporodásának ütemével. A bendő mikrobái a szaporodásukhoz szükséges energiát a takarmányok szerves anyagainak lebontásából nyerik. Optimális esetben naponta 2,8–3,5 kg mikroba-szárazanyag is képződhet a bendőben, amely 1,5–1,9 kg nyersfehérjét jelent. A hatékony bendőbeli emésztés, a fejadag szárazanyag-tartalmára vonatkoztatva, minimálisan 11% nyersfehérjét igényel. A kérődző állatok fehérjeforgalmát illetően, mindenekelőtt a bendőben zajló mikrobás fermentációról, továbbá az utóbélben végbemenő mikrobás folyamatokról, az utóbbi évtizedben napvilágra került eredmények megmutatták, hogy a nyersfehérjével való számolás nem eléggé informatív és nem alkalmas a takarmányok fehérjeértékének, illetve a kérődzők adekvát fehérjeszükségletének jellemzésére.

Egyrészt a nyersfehérjében való számolás nem ad felvilágosítást, hogy a felvett fehérje mekkora része bomlik le (bendőben lebomló fehérje; RDP=Rumen Degradable Protein) vagy halad át a bendőn lebontatlanul (bendőbeli lebontást elkerülő fehérje; UDP=UnDegradable Protein vagy bypass protein), illetve az illető takarmányból mennyi és milyen aminosav szívódik fel a vékonybélben, pedig ez jellemezné az adott takarmányfehérje értékét. Másrészt nem veszi figyelembe a bendőbeli energia ellátottságnak a mikrobiális fehérjeszintézisben betöltött meghatározó szerepét. A megfelelő fehérjeellátás jelentősége különösen nagy tejtermelésű tehén esetében fontos, hiszen 35 liter napi tejtermeléssel kb. 1300 g fehérje ürül, azaz ennyi fehérjét kell szintetizálnia az állatnak.

Kérődzők pontosabb fehérjeértékelését szolgálja az ún. metabolizálható fehérjén alapuló rendszer, amely a vékonybélben rendelkezésre álló aminosavak mennyiségének és felszívódásának mérésén alapul. Ezen aminosavak két forrásból származnak: a bendőben képződött mikrobiális fehérjéből és a bendőben lebontatlan takarmányfehérjéből. Alacsony tejtermelésű tejelő tehén, a hizómarha vagy az anyatehén fehérjeszükségletének kielégítéséhez a takarmányfehérje bendőben lebomló részéből (RDP=rumen degradable protein) képződő mikrobiális fehérje a takarmány maradék UDP részével együtt általában fedezi az állat metabolizálható fehérjeigényét. Nagy tejtermelésű tehénben ugyanakkor ez nem fedezi az állat szükségletét. Számadatokkal illusztrálva ez azt jelenti, hogy a tehén adagjában a 15 l tejtermeléséhez 935 g RDP mellett kevés UDP (240 g) szükséges. A dupla mennyiségű tej termeléséhez ugyanakkor, 65%-kal több RDP-t (1545 g) és több mint 2,5-szer nagyobb UDP-tartalmat (615 g) kell biztosítani a takarmánnyal. Ez a számadat jól mutatja, hogy nagy tejtermelésű tehének fejadagjában az RDP/UDP arányát szűkíteni kell. Mivel a legtöbb, jelenleg használt takarmány, a tömeg- és abrak takarmányok egyaránt, általában magas RDP értékűek, nagyon nehezen biztosítható a fejadag magasabb UDP-szintje. Korábban állati eredetű fehérjékkel (hús-, csont-, vérliszt, stb.) mindezt biztosíthattuk, jelenleg azonban ez tilos. A takarmányozás napi gyakorlatában, a használható magasabb UDP értékű növényi fehérjeforrások közül, csak a különböző módon kezelt extrahált szóját vagy a kukoricaglutént alkalmazhatjuk. A probléma az, hogy ezen alapanyagok UDP értéke nem éri el az állati

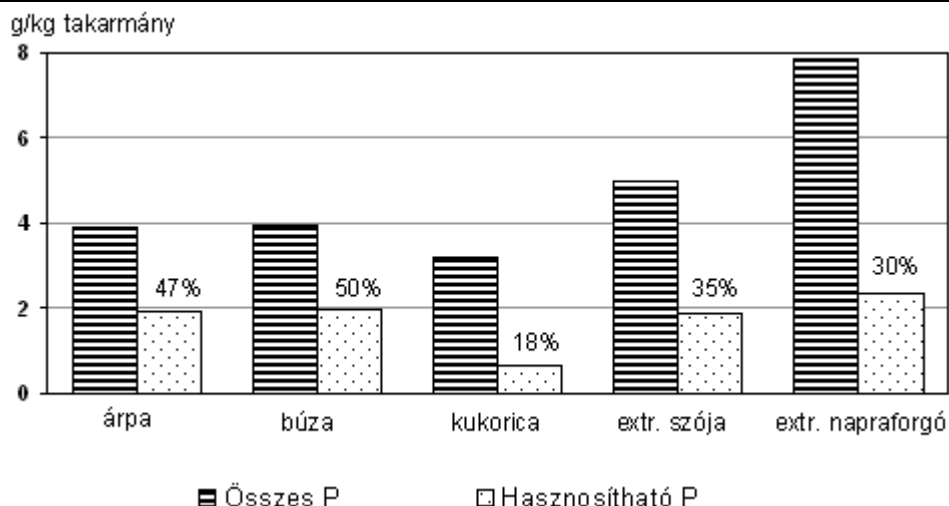
fehérjeforrásokét (70–80% UDP), azaz, a takarmányban megemelkedik az RDP hányad is. Ez óhatatlanul odavezet, hogy a bendőben lebomló fehérjéből több ammónia képződik, ami jóval meghaladja azt az értéket, amit a mikrobák fehérjeszintézisükhöz felhasználnak (erősen pozitív fehérjemérleg a bendőben). Az ammóniafelesleg a bendőből felszívódik és megnöveli a vizelettel ürülő karbamid-koncentrációt, azaz a környezetbe több N kerül. A gyakorlatban valamilyen szintig megengedett a pozitív mérleg, sőt nagy termelésű (30 kg feletti) tehenekben, a mintegy +100 g fehérjemérleg előnyösnek is tekinthető, mivel ez elősegíti a nagyobb takarmányfelvételt. A túlzott mértékű pozitív fehérjemérleg (>300 g), a nagyobb N-kiválasztás miatt, kerülendő. Az előbbieket igazolják, hogy a nagy tejtermelésű tehenek fehérjeellátásának fedezése nem egyszerű feladat, és még ezen felül, a környezetvédelmi szempontokra is tekintettel lenni, rendkívül nehéz. E témakörben döntően a N-ürítés és a fehérjefelvétel összefüggését tanulmányozták. Megállapították, hogy ha az állatok metabolizálható fehérjeigényét 18% nyersfehérje-tartalmú takarmánnyal biztosították a vizelettel 2,3-szor több N ürült mint alacsonyabb nyersfehérje-tartalmú (12%) fejadag etetésekor. Több N-felvételekor a bélsárral ürülő N csak 25%-kal nőtt meg, ami jól mutatja, hogy a felesleges N döntően a vizelettel ürül. 14-, illetve 19% nyersfehérje-tartalmú fejadag felvételét követően, a trágyából mért ammóniaemisszió mértéke háromszor magasabb volt a nagyobb fehérjefelvétel esetén. Nagy tejtermelésű tehenekben, a teljes laktációs szakaszt figyelembe véve, a fejadag nyersfehérje-tartalmának 17,5%-ról 16%-ra csökkentése az állatok tejtermelését nem befolyásolja, ugyanakkor a kisebb fehérje-felvétellel 14%-kal kevesebb N kerül a környezetbe. Alacsonyabb RDP-tartalmú fejadag etetésekor, a N-kibocsátás szintjét évente, teheneként 39 kg-mal lehet csökkenteni, valamint ennek következtében, a trágyából származó elpárolgási N-vesztés is 27%-kal kevesebb. A tehenek kor és laktációs teljesítmény szerinti csoportosításával csökkenthető a N-kibocsátás, hiszen pontosabban elégíthetjük ki az állatok táplálóanyag-igényét. Hat termelési csoportot alkalmazva a N-ürítést 8%-kal csökkenthető.

Összegezve megállapítható, hogy tejelő tehenek N-ürítését egy minél pontosabb, az állatok aktuális fehérjeigényéhez igazodó takarmányozással csökkenthetjük. Ehhez az új fehérjeértékelési rendszer használatára van szükség, ami megadja, hogy az egyes tejtermelési szint fehérjeigényének kielégítéséhez mekkora metabolizálható fehérjét kell biztosítani. Újabban a gazdaszervezet még pontosabb fehérje-ellátáshoz, a vékonybélben felszívódó lizin illetve metionin mennyiségére is tesznek ajánlásokat, ami megteremti annak a lehetőségét, hogy a fehérjefelvétele csökkentjük. Sajnos a gyakorlati tapasztalatok sok esetben nem igazolják vissza a tejelő tehenek fehérjeszükségletének még pontosabb kielégítésére tett erőfeszítéseinket. Ez azt jelenti, hogy nagy tejtermelésű tehenek fehérjeigényét, további befolyásoló tényezők miatt, nem tudjuk pontosan kielégíteni és a belátható jövőben a teheneket a szükségletüknél valószínűleg több fehérjével takarmányozzuk.

2. Takarmányozási módszerek az állattenyésztés foszfor (P) kibocsátásának csökkentésére

A foszforhasznosítás hatékonysága, a monogasztrikus állatokban különösen rossz, mindössze 20–40%, azaz a felvett P 60–80%-a a környezetbe kerül. A P elsődlegesen talajerózióval kerül be a felszíni vizekbe. Ha a földre kerülő P koncentrációja a talaj anionkötő képességét meghaladja, a P kimosódik és a felszíni vizekbe jutva, a folyóban, a tavakban és a tengerekben eutrofizációhoz vezet. Az állattartásból származó, környezetet terhelő, növekvő mértékű P-terhelés miatt, újabb módszereket kell találni ennek csökkentésére, illetve elkerülésére. Az állatok P emésztését, illetve P metabolizmusát érintő folyamatok megismerése elősegíti a jobb transzformációt és ezzel a trágya P-tartalmának csökkentését. A transzformáció határfokát, monogasztrikus állatokban és kérődzőkben is, a genotípus, az életkor, a testsúly, a D-vitamin ellátottság, a takarmánykeverék Ca:P aránya, a takarmánykeverék P-tartalmának eredete, az állatok egészségi állapota, a táplálóanyag-ellátás kiegyensúlyozottsága befolyásolja. Az előgyomrokban zajló bakteriális fermentáció a P metabolizmust, illetve transzformációt jelentősen módosíthatja, ezért a kérődzőkre vonatkozóan a takarmányozási lehetőségeket külön tárgyaljuk.

Monogasztrikus állatok P-szükségletét az abrakkeverék P-tartalma fedezi, ami két forrásból, az egyes takarmánykomponensek natív, illetve a takarmány-kiegészítőként használt anorganikus P-források P-tartalmából származik. Már az egyes takarmánynövények összes P-tartalma is eltérő, de azok emészthetőségében még nagyobb különbséget találunk (**16. ábra**).



16. ábra Néhány takarmány összes és hasznosítható P-tartalma

Mint látható a búza P-tartalmának kb. 50%-a értékesül, míg a kukorica esetében alig 20%. A felszívódásban található különbség okát a növények eltérő saját fitázaktivitásában kell keresni. A fitinfoszfor, eltérően a kérődzőktől, melyekben a baktériumflóra termel fitázt, a monogasztrikus állatokban csak kismértékben hasznosul, ugyanis a sertésben illetve a baromfifajokban szinte alig van fitáztermelés és a fitáz a vékonybélbe csak a takarmánynövényekben, különböző mennyiségben megtalálható fitázzal kerülhet be.

Növény	Összes P g/kg	Fitin-P g/kg	Fitázaktivitás U/kg
Arpa	3,8	2,6	350
Búza	3,9	2,8	900
Kukorica	3,9	2,9	<50
Trikalé	6,9	4,0	1475

36. táblázat Néhány gabonamag összes- és fitinfoszfor-tartalma, valamint fitázaktivitása

A fitin P felszívódása a vékonybélből csak akkor lehetséges, ha az inozitolgyűrűről a fitáz lehasítja a foszfátgyököt. A 36. táblázat adataiból kitűnik, hogy legnagyobb a tritikalé és a búza fitázaktivitása, a kukoricáé viszont rendkívül alacsony. A takarmányban lévő fitáz + a bélcsatorna minimális fitázaktivitása nem elegendő a kukorica+szójaalapú takarmánykeverékek fitinfoszfor-tartalmának hidrolizására. A takarmánykeveréket ezért mikrobiológiai úton előállított fitázzal célszerű kiegészíteni, aminek részleteit később tárgyaljuk. A takarmánynövények P-tartalmának felszívódásában, illetve a fitin-P alacsony hasznosíthatósága miatt, a sertés és baromfi P-szükségletének kielégítéséhez szerves foszfátvegyületeket használunk. Az anorganikus foszfátok emészthetősége elég tág határok, 65–95% között változik, de az alacsonyabb érték is jóval meghaladja az abraknövények P-tartalmának felszívódását. A szerves foszfátvegyületek átlagos hasznosítható P értéke sertésben, 76,7%.

A sertés- és baromfiágazat által okozott nagymértékű P-kibocsátást, elsődlegesen, a P túletetés elkerülésével, azaz az állatok pontos P-szükségletének kielégítésével érhetjük el. A sertések P-szükségletét takarmányozás-életteni (P-források felszívódásában található nagy eltérések) és környezetvédelmi szempontok miatt sem indokolt összes P-ban megadni. Jól lehet a takarmányozási táblázatokban a mai napig ezt az értéket is feltüntetni, de mellette a hasznosítható P mennyiségét is megadják (37. táblázat). A P felszívódását befolyásoló mechanizmusok jobb megismerésével, a hasznosítható P-szükséglet alapján történő számolással, valamint fitáz alkalmazásával jelentősen csökkenthető a P-kibocsátás. Így például Hollandiában, 1973 és 1995 között 50%-kal csökkent a P-ürítés mértéke. Ebben az időszakban a hízsértések takarmányában 2,5 g/kg értékkel csökkent az összes P-tartalom.

Takarmányozási módszerek az
állattenyésztés nitrogén- és foszfor-
kibocsátásának csökkentésére

Megnevezés	Testsúly, kg			
	10–20	20–50	50–80	80–120
Összes P	0,60	0,50	0,45	0,40
Hasznosítható P	0,32	0,23	0,19	0,15

37. táblázat A különböző testsúlyú sertések takarmányának ajánlott P-tartalma (%/takarmány szárazanyag)

Baromfitakarmányok nem fitin-P-tartalma 1–21. napos brojlercsirkék részére 0,45%, amit a befejező szakaszban 0,3%-ra csökkentenek. A hazai illetve a nemzetközi foszforajánlások nem egységesek a tekintetben, hogy milyen foszforban adják meg a baromfifajok P-ellátását. Legpontosabban a hasznosítható P-ral tudjuk jellemezni, de madarak esetében, az ürülékben található P, különböző forrásból származik. Egy része a takarmány azon mennyisége, ami nem szívódott fel, azaz a bélsárral ürülne, a másik része pedig, a felszívódott, de be nem épült P, ami a vizelettel ürülő rész. Mivel madarakban rendkívül nehéz a bélsár és a vizelet különválasztása (colonkanul használata szükséges), a gyakorlati alkalmazás nehézségei miatt, a P-ellátás hasznosítható foszforban megadása nem terjedt el. Az állatok optimális P-ellátása érdekében ugyanakkor jó lenne tudni, hogy a takarmányban lévő P-nak mekkora része szívódott fel. A gyakorlatban, vagy összes foszforban, vagy a nem fitinfoszforban adják meg a baromfitakarmányok P-szintjét. A nem fitin-P pusztán kémiai megkülönböztetés, a nem fitinkötésben lévő P-t jelzi, ugyanakkor nem veszi figyelembe azt, hogy a növények egy részének van saját fitáz aktivitása. Tojótúkokban 0,2, 0,3 és 0,4% hasznosítható P-tartalmú takarmány etetések a P-ürítés fokozatosan csökkenthető, de a 0,2% hasznosítható P-tartalom már negatívan hat a tojástermelésre, így a 0,3% alatti érték már nem javasolható.

Monogasztrikus állatokban a P-értékesülés javítására, és ezzel a környezetbe kerülő P mennyiségének csökkentésére, két lehetőség kínálkozik, vagy a növények fitin P-tartalmát csökkentjük vagy exogén fitáz etetünk. Mindkét módszerrel növelhetjük a P-felszívódást és csökkenthetjük a P-ürítést. A két módszer közül, a gyakorlatban jelenleg az enzim alkalmazása a járható út, de az utóbbi években a növénynevelők egyre sikeresebben állítanak elő alacsony fitinsavtartalmú takarmánynövényeket.

A P kiválasztás mértéke 25–50%-kal csökkenthető fitáz alkalmazásakor, növelve a P felszívódás mértékét. A fitáz dózisára illetve a P-felszívódás nagyságára irányuló kinetikus vizsgálatok szerint 500 U/kg fitáz adagolásakor 0,75 g-mal több P szívódik fel. Az anorganikus foszfát hasznosulási értékét (76,7%) figyelembe véve 500 U/kg fitázzal 0,98 g anorganikus eredetű P váltható ki. Növendék sertések takarmánykeverékébe 500 U/kg-nál nagyobb koncentrációban már nem célszerű a fitázt bekeverni.

Ugyanakkor a fitázetetés P-ürítésre gyakorolt hatásának értékelésekor az egész P-for-galmat érdemes komplexen értékelni, azaz a felszívódás mellett fontos figyelemmel lenni, hogy valójában mennyi P retineálódik. Ugyanis fitáz alkalmazásakor a nagyobb P-felszívódás következtében a bélsár P-tartalma ugyan kisebb, de a változatlan P-retenció miatt a vizelettel több P ürült, azaz a környezet P-terhelése nem csökkent. Növendéksertések P-szükséglete anorganikus P-kiegészítést nem tartalmazó takarmánykeverék esetében is kielégíthető, ha a takarmánykeveréket 250 U/kg fitázzal egészítjük ki.

Baromfifajokban a P-kibocsátás csökkentésére a gyakorlatban leginkább használt módszer a fitáz adagolása. A fitin-P hasznosulás 20–30%-kal is javulhat fitáz etetésekor. Alacsony hasznosítható P-tartalmú (0,26%) takarmány 900 U/kg fitázzal való kiegészítésével nőtt a súlygyarapodás, a csont hamutartalma, valamint a P- és Ca-retenció. Nagy teljesítményű tojóhibridek takarmányainak nem fitin P-tartalmának akár 40%-os csökkentése is javasolható, abban az esetben, ha a tojótúpok legalább 250 U/kg mennyiségben fitázzal (*Trichoderma reesei* által termelt 3-típusú fitáz) egészítjük ki.

Kérődzőkben, a szokásos takarmányokkal 2,5–5,0 g/kg szárazanyagnak megfelelő P jut a bendőbe. A gazdaszervezet számára, a nyálon és a takarmányon kívül, a harmadik P-forrást a bendőbaktériumok jelentik. A szakirodalom eddig meglehetősen alábecsülte a mikrobiális foszfornak a gazdaszervezet P-ellátásában betöltött szerepét. Ezek a bendőfolyadékból illetve a takarmányból származó P-t főként szerves formában (nukleotidok) halmozzák fel.

A nettó életfenntartó P-szükségletet leggyakrabban az állat súlya alapján számítják ki, jóllehet az azonos súlyú állatok is különböző mennyiségű és típusú takarmányt fogyaszthatnak. Pontosítást jelent ezen a téren az igény szárazanyag-felvételre vonatkozó kifejezése. Meg kell jegyezni azonban, hogy a szárazanyag-felvételen túl, a fejadag összetétele is fontos szempont, hiszen a P hasznosíthatósága függ az etetett takarmányoktól, valamint az azokban lévő ásványi anyagok interakciójától. Ezen túlmenően, a fejadag abrak-tömegetakarmány aránya is

jelentősen befolyásolja a nyáltermelést, és így a bendőbe jutó P mennyiségét, de hat a takarmány bendőn való áthaladásának mértékére (outflow rate) is. Ennek következtében alapvetően meghatározza, hogy mennyi hasznosítható P áll az állat rendelkezésére. Mindezekre tekintettel célszerű lenne a nettó P-szükségletet abszolút mennyiségben és nem a szárazanyag %-ában megadni.

A P-szükséglet megállapításának kulcsa, kérődzőkben is, a takarmányok hasznosítható (available) P-tartalmának ismerete. A fejadag fitinfoszfor-tartalma az egyik olyan tényező, mely jelentősen befolyásolja a hasznosítható P mennyiségét. A foszfort a fitinkötésből kiszabadító fitáz aktivitásának vizsgálata lényeges kérdés, mert a bendőt elhagyó fitinfoszfor az emésztőcsatorna további részében már nem hidrolizálható. A fitinsav, a foszfortól függetlenül is antinutritív anyag, mert más enzimek (pl. tripszin) gátlásával rontja egyes táplálóanyagok (pl. fehérjék) emészthetőségét, magukat a fehérjéket is megkötöheti, továbbá különböző ásványi anyagokkal (pl. Ca, Zn, Fe) oldhatatlan komplexeket (fitátok) képez.

A fitinfoszfor jól hasznosul a kérődzőkben, mert a bendő-mikroorganizmusoknak van fitázaktivitása. Tejelő tehenelekben a fitinfoszfor akár teljes mértékben is lebomlik (hidrolizál). A búzából és extrahált szójadarából származó fitinfoszfor több, mint 99%-a bomlik le a bendőben.

Ismert azonban, hogy a takarmánykezelés (formaldehid, hő) hatására a fitinfoszfor ellenállóvá válhat a fitázal szemben. Más részről, a tejtermelés egyre magasabb szintje miatt, folyamatosan emelkedik a tehének fejadagjának abrakhányada, melynek hatásai az alábbiakban összegezhetők.

a) Nő a bendőbe jutó fitinfoszfor mennyisége. Abraktakarmányokban a fitinfoszfor eléri az összes P 50–70%-át. Ha viszont túl sok a bendőbe jutó fitinfoszfor, a bendőmikrobák fitáztermelése kevésnek bizonyulhat a megfelelő mértékű hidrolízishez.

b) A fejadag emelésével nő a bendőfolyadék átfolyási sebessége, azaz a mikrobák által termelt fitáz túl rövid ideig érintkezhet a szubsztráttal és ez limitálhatja a fitinfoszfor hasznosíthatóságát. Így például 5%/óra bendőátfolyási sebesség esetén, a fűszilázs P-tartalmának 73%-os hasznosíthatóságát mérték. A bendőtartalom átfolyási sebességének 2%/óra értékről 8%/óra történő növekedésével, az extrahált szójadara fitinfoszfor-tartalmának lebomlása 62%-ról 37%-ra csökken. Ez pedig, az amúgy is erős igénybevételnek kitett, nagy tejtermelésű tehének megfelelő P-ellátását veszélyeztetheti.

c) Tovább súlyosbíthatja a helyzetet, hogy az abrak mennyiségének növelésével, csökken a rágás ideje, ezáltal a nyáltermelés, melynek következtében kevesebb foszfor jut a bendőbe a nyállal.

d) A hasznosítható P értékét az abrakfélék más összetevői is befolyásolhatják. A bennük lévő egyéb ásványi anyagok (Ca, Zn) például oldhatatlan komplexet képezhetnek a foszforral a felszívódás helyén.

A foszfor különböző formáinak egymáshoz viszonyított aránya nagy változatosságot mutat a különböző takarmányokban. A gyakorlatban a takarmányok fitinfoszfor-tartalmát 50–70% közöttinek értékelik. A tömegtakarmányok fitinfoszfor-tartalmára vonatkozóan például találunk 70, 75 illetve 80%-os értéket is. Éppen ezért a jelenlegi rendszer legfőbb kritikája nem a hasznosítható foszforra vonatkozó konkrét százalékos értékeket érinti, hanem e számok állandóságát. A 60%-os értéket elfogadhatónak tartják olyan fejadag esetén, amelyik nagy mennyiségű szénát tartalmaz, míg a 70%-os hasznosíthatósággal történő számolást javasolják a szilázsra alapozott takarmányozásban.

A P-ellátás optimalizálásával csak az utóbbi 2–3 évben kezdtek el foglalkozni a kérődzők takarmányozásában, jól lehet itt is további vizsgálatokra ösztönöznek a környezet P-terhelésének mérséklése érdekében felmerülő igények. A tejelő tehének takarmányozásában alkalmazott P-szint általában 4,5–5,0 g/kg szárazanyag. Ez mintegy 20%-kal haladja meg az az amerikai takarmányozási rendszer (NRC) által javasolt értéket. Mi lehet az oka, a gyakran túlzott P-adagolásnak? Ezzel kapcsolatosan legalább 3 tényezőt érdemes megfontolni:

a) Az egyik feltevés, hogy a többlet P javítja a tehének szaporodási mutatóit. Számos vizsgálatban ugyanakkor igazolták, hogy a nagyobb P-tartalmú takarmány etetése nem növelte a tejtermelést és az állatok szaporodásbiológiai mutatóiban sem találtak eltérést. Ez utóbbi cáfolja azt a széles körben tartott nézetet, mi szerint a nagyobb mennyiségű P javítja a termékenységet.

b) A P-túletetés másik gyakori oka, hogy egy úgynevezett „biztonsági tartaléktól”, a tejtermelési szint nagyobb megbízhatóságát várják. Ezzel szemben az eredmények azt mutatják, hogy 7000–13000 kg laktációs tejtermelés között, a P-hiány kezdeti, enyhe tüneteit akkor lehet felfedezni, ha a takarmány P-tartalma mindössze 3 g/kg szárazanyag.

c) A harmadik tényező, ami hozzájárulhat a gyakori P-túladagláshoz, a P-kiegészítők agresszív reklámozása. Fontos feladat lenne a P-kiegészítés megszüntetése a tehenek takarmányozásában. Tény, hogy a szakirodalmi adatok alapján, a valódi szükséglet (3,5–4,0 g/kg szárazanyag) szerinti adagolás mintegy 25–30%-kal csökkenthetné a P-ürítést és ezáltal mérsékelné a környezet P-terhelését.

A P-ellátás pontosítása, valamint a nem elhanyagolható környezetvédelmi szempontok egyaránt megkívánják, hogy a hasznosítható P-mennyiségét vegyük figyelembe és azzal számoljunk. Ennek érdekében a szakirodalomban már egyre jobban hangsúlyozzák „a foszforellátás optimalizálására alapozott takarmányozási program” kidolgozásának és alkalmazásának szükségességét.

3. Ellenőrző kérdések:

- Milyen módon csökkenthető az állati termékek előállításával összefüggő nitrogén kibocsátás?
- Milyen takarmányozási módszereket ismer az állattenyésztés foszfor kibocsátásának csökkentése érdekében?

Chapter 13. A takarmányozás egyéb környezetvédelmi vonatkozásai

Dr. Fébel Hedvig

1. Takarmányozási módszerek a metánképződés csökkentésére

A metántermelő baktériumok (döntően *Methanobacterium ruminantium*) a saját sejttérfogatuknak 500-szorosa mennyiségű gázt termelnek percenként. Ugyanakkor a bendőben élő mikrobapopulációnak mindössze 2–3%-át alkotják, így a gazdaszervezet számára hasznosítható mikrobiális biomasza képződéséhez csak 1%-ban járulnak hozzá. Ennek ellenére, tevékenységük következtében, a bruttó energia 2–12%-a, metán formájában vész el. Becslések szerint, egy kifejlett szarvasmarha bendőjében naponta 300–600 liter metán termelődik, ami egyrészt a gazdaszervezet számára energiaveszteséget jelent, másrészt a környezetbe kerülve, mint ún. üvegházgáz az atmoszférát károsítja.

A metántermelést különböző takarmány-kiegészítőkkel csökkenthetjük. Már a 70-es években számos anyagot kipróbáltak a bendőbeli metánképződés gátlására, és többükről (halogénezett metánanalógok, szulfidok, nitrátok) bebizonyosodott, hogy gátolják a metántermelő baktériumok növekedését. A metáninhibitorok közül, legjobb eredményt a klorálhidrát keményítővel képzett komplex vegyületével (amiklorál) érték el. A szénhidrogének klórozott származékainak gyakorlatban való felhasználását nehezíti e készítmények étvágyrontó, valamint esetenkénti testsúlygyarapodást csökkentő hatása. További problémát jelent, hogy a bendő metántermelő mikroorganizmusai idővel „hozzászoknak” a klorálhidrát-származékokhoz, ezért alkalmazásuk eddig még nem járt átütő sikerrel.

A metáninhibitorok alkalmazásakor nem szabad figyelmen kívül hagyni, hogy a metanogén baktériumok nagyon fontos szerepet játszanak a H₂ megkötésében, és ezzel lehetővé teszik a bendőben folyó fermentációs folyamatok megfelelő lefolyását. A metántermelés visszaszorítása a H₂ felszaporodását idézi elő, ami negatív hatással van a rostemésztésre, a fehérjelebontásra, valamint a mikrobiális fehérjeszintézisre. H₂ felhalmozódása esetén ugyanis, gátolt a NADH-ból történő H₂ képződés, aminek következtében a glükolízis során képződő NADH reoxidálása csökkenhet, a fermentáció lelassulhat. Azt is megfigyelték, hogy a metántermelés gátlásakor a H₂ vagy nem akkumulálódott a bendőben vagy sokkal kisebb mértékű volt a felhalmozódása, mint amit a sztöchiometriai számítások alapján, várni lehetett. Valószínűsítik, hogy a bendő mikroorganizmusai valamilyen úton átállnak a H₂ felhasználására. A legtöbb esetben a metángátlást kisebb ecetsav-propionsav-hányados és néha nagyobb moláris vajsav arány kíséri. Az előbbieken leírt kölcsönhatás miatt, a metáninhibitorok egyben propionsavtermelést fokozó anyagok és viszont. A fumársav például, mint a propionsav-képződés egyik prekürzora ugyancsak csökkenti a metánképződést. A metántermelés csökkentési lehetőségeivel kapcsolatos legtöbb irodalmi adat, a telítetlen zsírsavak etetésére vonatkozik. Nagyobb adagú zsírkiegészítés (>4%) több mint 20%-kal csökkentette a metántermelést. Hízómarhákban nagy tömegtakarmányú fejadag 4,6%-os repceolaj kiegészítése esetén, a metántermelés 32%-kal csökkent. Jóllehet a metántermelés csökkenése jelentősnek mondható, de ez döntően az állatok szignifikánsan alacsonyabb takarmányfelvételének tudható be. A repceolaj etetésekor ugyanis 21%-kal csökkent a takarmányfelvétel, továbbá a szárazanyag látszólagos emészthetősége is 15%-kal alacsonyabb volt, és az energiafelvétel, csak a kontrollcsoport 74%-át érte el. Más telítetlen hosszú szénláncú zsírsavak (napraforgóolaj, szójaolaj) esetében is a metánemisszió csökkenthető. Az olajetétést követő metántermelés csökkenését korábban azzal magyarázták, hogy a telítetlen zsírsavak bendőbeli hidrogénezéséhez H₂ vonódik el. A magyarázat inkább abban keresendő, hogy az olajkiegészítést követően csökkent a cellulolízis, és így a rost látszólagos emésztése is kisebb. A csökkent metánképződés további oka lehet, hogy a bendőben, olaj-kiegészítéskor a protozoák száma is csökken. A metanogén baktériumok élettevékenysége szoros kapcsolatban áll a protozoák működésével.

Az olajok adagolásával kapcsolatban mérlegelni kell, hogy a készítmények magas ára miatt, használatuk gazdaságos-e, illetve azt az élettani következményt is figyelembe kell venni, hogy a zsírsavak hatása nem szelektív. Alkalmazásukkor mindig tekintettel kell lenni arra, hogy a bendőbeli cellulózbontást csökkentik, aminek következménye egy csökkent takarmányfelvétel, ami természetesen negatív hatású a kérődzők termelésére.

A bendőbéli metántermelés gátlására jelenleg nincs olyan takarmányozási módszer, ami átütő hatású lenne, vagy mellékhatásként nem csökkentené az állatok termelését. További vizsgálatok szükségesek a kérődzők normális bendőműködését kísérő, de a környezetvédelmi problémát okozó metán termelésének csökkentésére.

2. A legeltetés hatása a környezetre

A legeltetés gazdasági haszonállataink legtermészetesebb tartási és takarmányozási módja, ezért a szakszerű legeltetés nem csak környezetbarát — és meghatározó része az ún. fenntartható mezőgazdaságnak — hanem fontos szerepet tölthet be a természetvédelemben is. A természetes gyepek kiemelt értéke a növényállomány fajgazdagsága. Köztük nagyon sok védett, gyógyhatású, illetve a mézelő faj él. A szakszerűtlen legeltetés ezek fennmaradását veszélyezteti, azaz környezeti károsodást okoz.

A legelő állat fogyasztja a gyeper növényzetét, befolyásolva ezzel annak összetételét, és vele közvetlenül alakítja a környezetet. A „túllegeltetésnek” és az „alullegeltetésnek” egyaránt kedvezőtlen hatásai lehetnek. Az aránytalanul nagy terhelés a növényzet degradációjához vezet, amire gyakori példa a tenyész- és húsliba állományok túlzottan kis területre szorított legeltetése. A legeltetés elmaradásának hatásaként viszont megbomlik a korábbi évtizedekben kialakult, botanikai kép és egyensúlyba kerül az ún. „klimax” flóra. Megkezdődik a kóros szárú kétszikű gyomok, a bokrok és cserjék terjedése, távlatilag pedig (a nem kívánatos) erdősödés. Erre a folyamatra azért kell figyelmet fordítani, mert a legszigorúbban védett területeken (nemzeti parkokban, természetvédelmi területeken), éppen a gyeper az elsődleges földhasználati mód, megelőzve még az erdőt is.

A terhelésen kívül, a legeltetett állat faja (fajtája), illetve annak „szokásai”, legelési módja is befolyásolja a flóra összetételét. A szelektív legelés annál komolyabb veszély, minél kisebb az állat. Ebből a szempontból tehát a lúd és a kecske jelenti a legnagyobb veszélyt a gyeper növényállományára és ezen keresztül végül is a környezetre. Legeléskor a talaj taposása természetesen elkerülhetetlen, ami a növényzet szükségtelen tiprása mellett, főleg nedves talajokon okozhat rendkívüli károkat. Sík területeken, az ún. „marhajárás” effektus hatására, zombékosodás indulhat meg. Lejtőkön, az „agyontapostatott” gyeper nem képes mérsékelni a vízfolyás sebességét, ami a talajerózió különböző formáinak kialakulását eredményezheti.

A legelőre kerülő trágyából jelentős N-kibocsátást jelent az elpárolgás, a kimosódás valamint a denitrifikáció. Legelőn, az istállózott tartással összehasonlítva, a trágya N-vesztesége jelentősen eltérő. A bélsárral ürülő N legnagyobb része szerves vegyület, ami eléggé stabilnak tekinthető, kb. 5%-a párolog el. A kiválasztott N nagyobb része (55–75%) a vizelettel ürül, ami nagyon gyorsan ammóniává alakul. A rapid ammónia elpárolgást csökkenti, hogy a vizelet nagyobb része a földbe beszívódik. A vizelet összes N-tartalmának a környezetbe kerülő része, az időjárástól, talajtípustól függően, tág határok között 5% és 66% között változhat, az átlagos érték 10%. Forró, száraz időjárás esetén a N-veszteség értéke magas, döntően csapadékos, szélmentes időjárás esetén csökken a N-veszteség mértéke. A sertések szabadtartásáról rendelkezésünkre álló kevés adat alapján úgy tűnik, hogy tőlük kétszer akkora a környezetbe kerülő N-vegyületek mennyisége, mint szarvasmarhák legeltetésekor. Legeltetéskor, a talajba való bemosódásból eredő N-veszteség sokkal nagyobb, mint a termőföldek trágyázása esetén. A vizeletfoltokban a N koncentráció rendkívül magas, 300–1000 kg/ha N műtrágya termőterületre való kijuttatásának felel meg. Ez a N messze meghaladja a növények N szükségletét, azaz a fölösleg belemosódik a föld mélyebb rétegeibe a talaj típusától függően. A talajba bemosódott N-mennyiség, a földbe került vizelet N 10 és 60%-a. Tavasszal az érték jóval kisebb (fele az őszi időszaknak), mert a növények intenzívebb növekedésük során több N-t vesznek fel. A vizelet-N kb. 5–30%-a a denitrifikáció következtében kerül a környezetbe. A keletkezett vegyületek többsége a környezetre nézve ártalmatlan, de egy részéből (8%) a légekört károsító N₂O képződik. A legelőn megjelenő környezetet terhelő N-tartalmú anyagok mennyiségét, ésszerűen adagolt, és megfelelő hatékonysággal értékesülő nyersfehérje adaggal csökkenthetjük. A túl nagy állatsűrűséget el kell kerülni, és a szükséges szalastakarmány és egyéb kiegészítéseket célzottan, az állatok szükségletének megfelelően kell alkalmazni. A növények egyenletes táplálóanyag-ellátása a legelő egész területén nagyon fontos és elkerülendő a nagy N-veszteségeket, az itatók, illetve a kiegészítő takarmányok etetési helyét változtassuk többször a legeltetési szezonban. A legelőn, a sok esetben felesleges N műtrágyázás helyett, nagyobb területen természetünk hereféléket és más pillangósokat, melyek megkötik a vizelettel és bélsárral a talajba kerülő N-tartalmú vegyületeket.

3. A takarmánygyártás, a tartósítás, valamint a feldolgozás környezetre gyakorolt hatása

E kérdéskör két, nem szükségszerűen, azonban a gyakorlatban mégis elkülönülő helyszínen jelentkezhet: a mezőgazdasági üzemben, vagy pedig a takarmányiparban. A mezőgazdasági üzemben jelentkező probléma a silózásakor keletkező csurgaléklé. A táplálóanyagokat is tartalmazó anyag, abszolút veszteség, ráadásul táptalaja lehet fertőzéseknek, élővízbe kerülhet, amelyben a szervesanyag hányad növelésével okozhat károkat. Előfordulásának gyakorisága csökken, mert az újabb silózási módszerek a korábbinál nagyobb szárazanyag-tartalmú alapanyagot használnak. Esetlegesen a nagy víztartalmú fűfélék silózásakor kell gondoskodni megelőzési lehetőségről.

A takarmánygyártással kapcsolatos környezetvédelmi feladatok az alapanyagokat előállítóknál (növényolajgyár, állatifehérje-üzem, lucernaliszt-üzem, stb.), az alapanyagokat (tovább) feldolgozóknál (extrudáló- és egyéb hőkezelést végző üzemek, stb.), másrészt a takarmánykeverő üzemekben jelentkeznek. E feladatok sok esetben hasonlóak az állattartó telepeken is megtalálhatókkal, és csaknem mind a technológiával kapcsolatos, illetve megoldása is a technológia kiegészítésével vagy módosításával lehetséges. Éppen ezért e helyen részletes ismertetésüktől eltekintünk, annak ellenére, hogy azok mégis csak a takarmányozással (a hazai takarmánygyártási gyakorlatban: a takarmánykeverékek minőségével, minőségének biztonságával) kapcsolatosak. Ezek olyan területeket érintenek, amelyek inkább műszakiak, mint biológiaiak, azaz a megoldásuk műszaki, a hatásuk (a velük dolgozó emberre és/vagy az állatokra) többnyire biológiai!

Ilyenek:

- *Levegőszennyezés* (por keletkezése szállításkor, szárításkor, daráláskor, keveréskor, granuláláskor, stb.);
- *Szag* (pl. fehérjeüzemben);
- *Zaj* (szállításkor, gépek működésekor, stb.);
- *Szennyvízkezelés*;
- *Talajvízszennyezés* (pl. a földalatti tartályok korrózió védelme);
- *A keletkező, mérsékelten, illetve nagyon veszélyes, hulladékok* (silótorony tisztítási maradék, porkamra-tartalom, üres papírsák, selejt- és letiltott takarmány, a minőség ellenőrző laboratórium hulladékai – maradékminták, vegyszerek –, stb.) elhelyezése;
- *Teendők a folyékony alkotórészek kifolyása esetén* (zsír, melasz, más folyékony alapanyagok — pl. aminosavak —, gázolaj, stb.).

A takarmányozás környezetvédelmi aspektusait összefoglalva az alábbi tényezők és lehetséges teendők emelhetők ki:

1. Törekedni kell arra, hogy takarmányozási eljárásokat is felhasználva csökkenteni lehessen a nitrogén és foszforürítést. Ennek módja lehet az állatok pontosabb, életkor és termelésarányos szükségletéhez jobban igazodó nitrogén és foszfor (valamint természetesen más táplálóanyag és ásványi anyag) ellátás az aminosavak és a foszfor emészthetőségének ismerete alapján, különböző takarmányokban és készítményekben;
2. Gondoskodni kell az aminosavak és a foszfor emészthetőségének fokozásáról, kiegészítő anyagok, pl. enzimek használatával, továbbá az antinutritív faktorok eliminálásával;
3. Nagyobb gondot kell fordítani az adott állatfajnak, hasznosítási irányának megfelelő természetes takarmánykombinációk kialakítására és azok használatára. Figyelembe kellene venni az adagok összeállításakor a különböző takarmányok (készítmények, kiegészítő anyagok, stb.) specifikus tulajdonságait és kihasználni azokat. Hangsúlyt kellene kapniuk az új takarmány- és fehérjeértékelési rendszereknek, a metabolizálható fehérje, az ideális fehérje, a fázisos takarmányozási elvnek;
4. A lehetőségeknek megfelelően gondoskodni kell a legeltetési állattartás jobb szervezéséről, megkülönböztetve a különböző célokat, de mindenképpen szem előtt tartva a környezet- és a természetvédelem elsődlegességét;
5. A takarmánygyártásban és feldolgozásban, mind az ipari-, mind a mezőgazdasági üzemekben gondoskodni kell a már kötelező környezetvédelmi EU-szabályozás betartásáról.

4. Ellenőrző kérdések:

- Mely módon befolyásolható a kérődző állatok metántermelése?
- Ismertesse a legeltetési állattartás környezetvédelmi aspektusait!
- Ismertesse a takarmánygyártás és tartósítás környezetre gyakorolt hatását!

Chapter 14. A takarmány alapanyagok és takarmány adalékanyagok alkalmazásának szabályozása

Dr. Mézes Miklós

A gazdasági állatok takarmányozásában felhasználható alapanyagokkal és takarmány adalék-anyagokkal kapcsolatosan megfogalmazott legfontosabb alapelvek a 178/2002/EK direktíva, valamint a 2008. évi XLVI. törvény értelmében, hogy:

(1) Humán élelmezési célra történő állati termékek előállításához csak és kizárólag erre a célra készített takarmány használható fel.

(2) A takarmány előállítója, illetve nem hazai előállítású takarmány esetén az első magyarországi forgalmazója felelős azért, hogy csak az állati- és az emberi szervezetre, illetve a környezetre nézve veszélyt nem hordozó terméket, illetve anyagot bocsát piacra.

1. Takarmány alapanyagok

Az Európai Unió 25/1996/EK irányelvének 1. melléklete, valamint az ennek alapján kialakított 44/2003 (IV.26) FVM rendelet 1. melléklete tartalmazzák a gazdasági állatok takarmányozásában felhasználható alapanyagokat, továbbá azok legfontosabb jellemzőit. Az időközben bekövetkezett változások miatt a melléklet 9. csoportjába (*szárazföldi állatokból nyert termékek*) sorolt takarmány alapanyagok csak bizonyos megkötésekkel és csak bizonyos piacokon használhatók. A piaci igények folyamatos változása, valamint újabb takarmány alapanyagok megjelenése a gazdasági állatok takarmányozásában szükségessé tette egy új egységes takarmány alapanyag katalógus összeállítását, amely magában foglalja a jelenleg általánosan alkalmazott feldolgozási és előkészítési eljárások elevezésének egységesítését is, amelyet a közelmúltban megjelent 242/2010/EK rendelet tartalmazza.

A fenti rendelkezések alapján a takarmány alapanyag csoportok és ezeken belül a fontosabb takarmány alapanyagok az alábbiak:

A takarmány alapanyagok és
takarmány adalékanyagok
alkalmazásának szabályozása

<p>1. Gabonamagvak, azokból nyert termékek és melléktermékek</p>	<p><i>zab</i>, zabpehely, zab takarmányliszt, zabhéj és –korpa; <i>árpa</i>, árpa takarmányliszt, árpa glutén, malátacsíra, szárított sörtörköly; <i>rizstörmelék</i>, rizskorpa (barna és fehér), rizskorpa kalcium-karbonáttal, előfőzött rizsből készült takarmányliszt, őrölt takarmányrizs, rizscsira pogácsa, extrahált rizscsira dara, rizskeményítő; <i>köles</i>; <i>rozs</i>, rozs takarmányliszt (I. és II. o.), rozskorpa; <i>cirok</i>; <i>búza</i>, búza takarmányliszt (I. és II. o.), búzakorpa, búzacsíra, búzaglutén, búzaglutén takarmány, búzakeményítő, előszelatinizált búzakeményítő; <i>tönkölybúza</i>; <i>tritikálé</i>; <i>kukorica</i>, kukorica takarmányliszt, kukoricakorpa, kukoricacsíra pogácsa, extrahált kukoricacsíra dara, kukoricaglutén takarmány, kukoricaglutén, kukoricakeményítő, előszelatinizált kukoricakeményítő; szeszgyári szárított gabonamoslék, szeszgyári gabonamoslék és sűrítvények</p>
<p>2. Olajos magvak, olajtartalmú gyümölcsök, azokból nyert termékek és melléktermékek</p>	<p>részben hántolt <i>földimogyoró</i> pogácsa, részben hántolt földi-mogyoró dara, hántolt földimogyoró pogácsa, hántolt, extrahált földimogyoró dara; <i>repcemag</i>, repcemag pogácsa, extrahált repcemag dara, repcemag héj; részlegesen hántolt, extrahált (<i>pór</i>)<i>sáfrány</i>; <i>kopra</i> pogácsa, extrahált kopra dara; <i>pálmamag</i> pogácsa; extrahált pálmamag dara <i>hőkezelt szójabab</i>; extrahált, hőkezelt szójadara, hántolt, extrahált hőkezelt szójadara, szójafehérje koncentrátum, szójahéj; <i>növényi olaj</i>; <i>gyapotmag</i>, részben hántolt, extrahált gyapotmag dara, gyapotmag pogácsa; <i>nigermag</i> pogácsa <i>napraforgómag</i>, extrahált napraforgómag, részben hántolt, extrahált napraforgómag; <i>lenmag</i>, lenmag pogácsa, extrahált lenmag dara; <i>olajbogyó pép</i>; <i>szeszmag</i> pogácsa; részben hántolt, extrahált <i>kakaóbab</i>, kakaóbab héj</p>
<p>3. Hüvelyesek magjai, azokból nyert termékek és melléktermékek</p>	<p><i>csicszeriborsó</i>; extrahált <i>guar</i> dara; <i>cicorlencse</i> (Ervil); <i>szegletes lednek</i>; <i>lencse</i>; <i>édes csillagfürt</i>; hőkezelt <i>bab</i>; <i>borsó</i>, borsó örlemény, borsókorpa; <i>lóbab</i>; <i>monantha (egyvirágú) bükköny</i>; <i>bükköny</i></p>
<p>4. Gumók, gyökerek, azokból nyert termékek és melléktermékek</p>	<p><i>cukorrépa</i> szelet (szárított), cukorrépa melasz, melaszos cukorrépa szelet (szárított), cukorrépa melasz moslék (vinasz); <i>répacukor</i>; <i>édesburgonya</i>; <i>manióka</i>, puffasztott manióka keményítő; <i>burgonya</i> pép, burgonyakeményítő, burgonyafehérje, burgonyapehely, sűrített burgonyalé, előszelatinizált burgonya-keményítő</p>
<p>5. Egyéb magvak és gyümölcsök, azokból nyert termékek és melléktermékek</p>	<p><i>szentjánoskenyér</i> hüvely; <i>citrusfélék</i> törkölye; <i>gyümölcs pép</i>;</p>

38. táblázat Takarmány alapanyag-csoportok és takarmány alapanyagok

2. Takarmány adalékanyagok

A gazdasági állatok takarmányozásában felhasználható takarmány adalékanyagokról az Európai Unió 1831/2003/EK direktíva rendelkezik. *Takarmány adalékanyagoknak* tekintik azokat az anyagokat, mikroorganizmusokat vagy készítményeket, a takarmány alapanyagok és előkeverékek kivételével, amelyek a takarmányhoz vagy az ivóvízhez adagolva egy vagy több kedvező hatást gyakorolnak az állatok termelésére, vagy az állati termék minőségére. A 1831/2003/EK direktíva 1. melléklete szerint a takarmány adalékanyagok az alábbi kategóriákba sorolhatók:

Technológiai adalékok - tartósítószeresek, antioxidánsok, emulzifikálók, stabilizálók, gélesítők, kötőanyagok, tapadás gátlók, radioaktív anyagokat megkötő vegyületek, savasság szabályzók, szilázs adalékok, denaturáló szerek. A rendelet 386/2009/EK rendelettel történő módosításával ebbe a kategóriába sorolták új funkcionális csoportként a mikotoxinok megkötésére vagy lebontására szolgáló anyagokat.

Érzékszervi minőséget befolyásoló adalékok - színező anyagok, íz- és aroma vegyületek.

Takarmányozási adalékok - vitaminok, pro-vitaminok, mikroelemek, aminosavak és azok analógjai, karbamid és annak származékai.

Zooteknikai adalékok - emésztést fokozók, bélflóra stabilizálók, környezetre kedvező hatású adalékok, egyéb zooteknikai adalékok. Az ebbe a funkcionális csoportba tartozó mikroorganizmusokkal kapcsolatban a Bizottság 2008/113/EK irányelvét kell alkalmazni.

Kokcidiosztatikumok és Histomonosztatikumok

3. Takarmányok minőségi kritériumai

A takarmányok minőségével kapcsolatban az elmúlt évtizedekben jelentős változások történtek. Az 1960-as években a *takarmányozási minőséget* tekintették a legfontosabb kritériumnak, amely azt jelentette, hogy a takarmány táplálóanyag tartalma és táplálóértéke feleljen meg a követelményeknek.

Később, az 1970-es években az ún. *technikai minőség* került előtérbe, azaz a takarmányok fizikai jellemzői (viszkozitás, sűrűség, szemcseméret/megoszlás, pellet stabilitás, szín stb.) legyenek gyártás- és etetéstechnológiai szempontból optimálisak.

A takarmányokkal összefüggő problémák miatt már az 1980-as években megjelent a *biztonsági minőség* kritériuma, azaz egyre nagyobb figyelmet szenteltek a takarmányokban lévő nem kívánatos anyagok mennyiségének, bár ennek első, és azóta folyamatosan módosuló, szabályozása az Európai Unióban csak sokkal később jelent meg (32/2002/EK direktíva).

Az 1990-es években a fentiekhez társult az ún. *etikai minőség* kategóriája, amely egyes „kér-déses” alap- és kiegészítő takarmányok tilalmát jelentette. Így például a genetikailag módosított (GMO) alapanyagok, radioaktív sugárzással kezelt alapanyagok, állati eredetű alapanyagok, antibiotikumok vagy egyes színezőanyagok jelenléte stb.

Az egyre szigorodó minőségi kritériumok, valamint a takarmányokkal összefüggő botrányok szükségessé tették egy egységes rendelkezés megalkotását a takarmányok nyomonkövethetőségéről a teljes vertikumban (alapanyag előállítás – tárolás – gyártás – forgalmazás - takarmányozás), illetve a potenciálisan veszélyt hordozó takarmányok gyors és hatékony kiiktatásáról az Európai Unió területén. Ennek érdekében alkották meg az 178/2002/EK direktívát a nyomonkövethetőségről, a nutritív antibiotikumok tilalmáról és egy egységes gyorsriasztási rendszer létrehozásáról.

A *nyomonkövethetőség* azt jelenti, hogy a takarmány minden egyes alkotórészének teljeskörűen nyomonkövethetőnek kell lennie az előállító és az eredet szerint, továbbá minden teljes értékű keveréktakarmány tételnek nyomonkövethetőnek kell lennie az előállító és az eredet szerint a végfelhasználónál is.

Ezt követte kötelező érvénnyel a genetikailag módosított alapanyagokat tartalmazó takarmányok jelöléséről (1830/2003/EK), valamint a takarmány adalékanyagok engedélyzettségéről (1831/2003/EK) szóló

rendeletek megjelenése. A hazai szabályozás egységes rendelkezésbe foglalta a teljes élelmiszerláncot (növény – takarmány – állat – élelmiszer - fogyasztó) és ennek alapján született meg a 2008. évi XLVI. törvény az élelmiszerláncról és hatósági felügyeletéről.

4. A biztonságos takarmány kritériumai

A fentiek alapján a takarmányok minősége mellett napjainkban egyre inkább a takarmányok biztonságáról esik szó, természetesen a minőségi kritériumok mellett.

Az általánosan elfogadott alapelvek szerint a biztonságos takarmány nem tartalmazhat:

Nem kívánatos anyagokat – így például nem kívánatos *kémiai anyagokat* (peszticid, herbicid, antibiotikum reziduum, mikotoxinok), környezeti szennyező anyagokat (fémek, PCB-k, dioxi-nok, fertőtlenítő szerek stb.), veszélyforrást jelentő *biológiai anyagokat*, így patogén mikro-organizmusokat (*Salmonella, E. coli, Campylobacter etc.*), állati eredetű fehérjéket, penészeket, továbbá az egyes takarmány alapanyagok toxikus vegyületeit (pl. ciánglikozidok, alkaloidok stb.), valamint *fizikai szennyezőket* (üveg, műanyag, fém- és kő szemcsék);

Állati eredetű fehérjét (az erre vonatkozó szabályozás által meghatározott fehérje források mellett);

Állati eredetű zsírt (az erre vonatkozó szabályozás folyamatosan módosul);

Nutritív antibiotikumokat;

Kokcidiosztatikumokat és hisztomonosztatikumokat az erre vonatkozó szabályokon túlmenően más állatfajok és korszoportok takarmányaiban;

Genetikailag módosított növényei alapanyagokat (a jelölési szabályok betartásával bizonyos piacokon ezek alkalmazhatók);

Radioaktív sugárzással sterilizált alapanyagokat (bizonyos piacokon ezek alkalmazása engedélyezett);

Nem engedélyezett takarmány adalékanyagot (az engedélyezés rendszerét az Európai Unió a 429/2008/EK rendelettel módosította és pontosította). Az engedélyezés alapvető követelménye, hogy a takarmány adalékanyagoknak, amellet, hogy az adott célra hatékonyak kell lenniük, egyúttal biztonságosnak is kell lenniük az azokat tartalmazó takarmányt fogyasztó állatok, az állati terméket fogyasztók, és a környezet szempontjából.

5. Ellenőrző kérdések:

- Milyen anyagokat nevezünk takarmány adalékoknak? Hogyan változott a takarmányok minőségének megítélése az elmúlt évtizedekben?
- Milyen takarmányozási módszereket ismer az állattenyésztés foszfor kibocsátásának csökkentése érdekében?
- Ismertesse a biztonságos takarmány kritériumait példákon keresztül!

Chapter 15. A felhasznált fontosabb forrásmunkák

Babinszky, L. – Tossenberger, J. (1997): A mikrobiális úton előállított fitázenzim hatásának vizsgálata monogasztrikus állatokkal. Kutatási jelentés PATE ÁTK Takarmányozási Tanszék

Cole, J. (1999): Global 2050, a basis for speculation, Nottingham University Press

Dublecz, K., Pál, L., Bartos, Á., Zsedely, E., Wágner, L., Kovács, G., Bányai, A., Tóth, Sz. (2006): A takarmányozás hatása a baromfitermékek minőségére, Állattenyésztés és Takarmányozás, Különszám, 55. 71-87.

Gundel, J. (2006): Takarmányozás és élelmiszerminőség, Állattenyésztés és Takarmányozás, Különszám, 55. 5-14.

Husvéth, F., Pál, L., Magyar, L. (2006): A takarmányozás hatása a kérődzők húsának minőségére, Állattenyésztés és Takarmányozás, Különszám, 55. 53-70.

Knowlton, K.F. – Cobb, D.T. (2006): Implementing waste solutions for dairy and livestock farms. J. Dairy Sci., 89. 1372–1383.

Koelsch, R. – Shapiro, C. (1998): Estimating manure nutrients from livestock and poultry. <http://www.ianr.unl.edu/pubs/wastemgt/g1334.htm>

McDonald, P., Edwards, R.A., Greenhalgh, J.F.D., Morgan, C.A. (2002): Animal nutrition, Pearson Education Limited.

Mézes, M., Tóth, T. (2006): A takarmányozás hatása a sertés- és a nyúlhús minőségére és biztonságára, Állattenyésztés és Takarmányozás, Különszám, 55. 41-51.

Moughan, P.J., Verstegen, M.W.A., Visser-Reyneveld, M.I. (2000): Feed evaluation, principles and practice, Wageningen Pers.

NRC (1998): Nutrient requirements of swine. 10th rev. ed., National Academy Press, Washington DC

Rotz, C.A. (2004): Management to reduce nitrogen losses in animal production. J. Anim. Sci., 82. (E. Suppl.) E119-E137.

Schmidt, J. (2003): A takarmányozás alapjai, Mezőgazda Kiadó

Schmidt, J. (2006): Takarmányozás és a tej minősége, Állattenyésztés és Takarmányozás, Különszám, 55. 33-40.

Schmidt, J., Várhegyi, I., Várhegyi, J., Túrini Cenkvári, É. (2000): A kérődzők takarmányainak energia- és fehérjeértékelése, Mezőgazda Kiadó

Szabó J. (2006): Az állati eredetű élelmiszerek biztonsága, Állattenyésztés és Takarmányozás, Különszám, 55. 15-32.

Tamminga, S. – Verstegen, M.W.A. (1992): Implication of nutrition of animals on environmental pollution. Rec. Adv. Anim. Nutr., 113–130.

25/1996/EK: A Tanács irányelve a takarmány-alapanyagok forgalmáról, a 70/524/EGK, a 74/63/EGK, a 82/471/EGK és a 93/74/EGK irányelv módosításáról, valamint a 77/101/EGK irányelv hatályon kívül helyezéséről. O.J. L 125/53 (1996.5.23)

32/2002/EK: Az Európai Parlament és a Tanács irányelve a takarmányban előforduló nemkívánatos anyagokról. O.J. L 140/10 (2002.5.30.)

178/2002/EK Az Európai Parlament és a Tanács rendelete az élelmiszerjog általános elveiről és követelményeiről, az Európai Élelmiszerbiztonsági Hatóság létrehozásáról és az élelmi-szerbiztonságra vonatkozó eljárások megállapításáról. O.J. L31/1 (2002.2.1)

44/2003 (IV.26) FVM rendelet a Magyar Takarmánykódex kötelező előírásairól (www.eutakarmany.com/ Alapanyagok)

1830/2003/EK Az Európai Parlament és a Tanács rendelete a géntechnológiával módosított szervezetek nyomonkövethetőségéről és címkézéséről, és a géntechnológiával módosított szervezetekből előállított élelmiszer- és takarmánytermékek nyomonkövethetőségéről, valamint a 18/2001/EK irányelv módosításáról. O.J. L268/24 (2003.10.18)

1831/2003/EK Az Európai Parlament és a Tanács rendelete a takarmányozási célra felhasznált adalékanyagokról. O.J. 268/29 (2003.10.18)

429/2008/EK A Bizottság rendelete az 1831/2003/EK európai parlament és tanácsi rendeletnek a kérelmek elkészítése és megjelenési formája, valamint a takarmány-adalékanyagok értékelése és engedélyezése tekintetében történő végrehajtására vonatkozó részletes szabályokról. O.J. L133/1 (2008.5.22)

2008/113/EK A Bizottság irányelve a 91/414/EGK tanácsi irányelvnek a mikroorganizmusok hatóanyagként való felvétele tekintetében történő módosításáról. O.J.L330/6 (2008.12.9)

2008. évi XLVI. törvény az élelmiszerláncról és hatósági felügyeletéről (www.eutakarmany.com/ takarmányozással összefüggő hazai jogszabályok)