



FUNDAMENTUMOK

AZ ERJEDÉS BIOKÉMIÁJA ÉS MIKROORGANIZMUSAI RÖVIDEN

Dr. Orosz Szilvia
Állattenyésztési
Teljesítményvizsgáló Kft.

Ez a cikksorozat egyaránt szól az egyetemi hallgatónak, a fiatal pályakezdő szakembereknek és a senior gyakorló kollégáknak. Az alapokat írjuk le, de

megfűszerezzük a gyakorlat ízével és hozzáadjuk az újdonságok sóját is.

A takarmányok tartósításának módjai

A takarmánykonzerválás lényege, hogy különböző fizikai, kémiai vagy biológiai eljárások segítségével biztosítsuk a takarmányok hosszú távú eltarthatóságát. A takarmányok romlása egyes káros mikroorganizmusok (baktériumok, gombák) elszaporodásának hatására következik be. A mikrobák fejlődésükhöz tápanyagokat, vizet és oxigént (aerob mikroorganizmusok) igényelnek. Amennyiben ezen környezeti feltételeket korlátozzuk, a mikroorganizmusok élettevékenysége és szaporodása leáll, a takarmány eltarthatóvá válik.

Kétféle konzerválási módot különböztetünk meg:

- **nedves tartósítás:**
 - **kémiai konzerválás:** savanyítás, szerves savak alkalmazásával a kémhatást 3,5 pH alá csökkentjük, mely tartományban már a baktériumok nem szaporodnak (pl. hangyasav-propionsav keveréke nedves roppantott szemes kukorica esetében). Általában csak 4,0-4,2 pH-értékig savanyítunk, tehát az alacsony kémhatást

jól tűrő tejsavtermelő baktériumok még képesek további tejsav termelésére. Ehhez hasonló módon készül az ecetes uborka.

- **erjesztés, fermentáció:** a növény felületén élő, természetes módon előforduló tejsavbaktériumokat oxigén kizárásával erjesztésre, szerves savak előállítására serkentjük. A kémhatás csökkenésének hatására a takarmány megerjed (pl. 3,8 -4,3 pH alakul ki kukoricaszilázs esetében), és ezáltal eltarthatóvá, stabillá válik. Hasonló folyamatok zajlanak le a kovászos uborkában vagy a savanyú káposztában.
- **szárítás:** takarmánykonzerválás a szöveti (vegetációs) víz mennyiségének csökkentésével (szénakészítés, szemes takarmányok szárítása).

Ahhoz, hogy az erjesztéses tartósítás lényegét megértsük, meg kell ismernünk azokat a mikroorganizmusokat és erjedésbiológiai körülményeket, amelyek fontos szerepet játszanak az erjedési folyamat során.



Biokémiai folyamatok: a szerves savak keletkezése

Az erjedés során a takarmányban található mikroorganizmusok tej- és illózsírsavakat állítanak elő az erjeszthető szénhidrátokból. A *tejsav nem illósav, nincs szaga. Az ecetsav, a vajsav, a propionsav azonban illékony, és kellemetlen szagot érzünk keletkezésükkor.* A takarmányok táplálóanyagait a **tejsavtermelő baktériumok** által erjeszthető szénhidrátokból (cukrokból, elsősorban glükózból, fruktózból, szacharózból) termelt tejsav konzerválja. Az ecetsav az erjedés első szakaszában mindenképpen képződik.

A természetes flóra által, kontrollálatlan formában termelődő ecetsav azonban káros hatású, a veszteség és az étvágycsökkentő potenciál miatt (max. ecetsav koncentráció a TMR-ben: 1,7% szá., Gerlach és mtsai, 2021). Ezt később részletesebben is kifejtjük majd.

Természetes módon a propionsav csak kis mennyiségben képződik, ezért jelenléte nincs jelentős hatással a szilázs erjedésének minőségére, termelődése azonban némi veszteséggel jár. Hozzá kell tenni, hogy fungicid, tehát gombaölő hatású anyag, jelenléte ezért kedvező hatású a nyitott silófalban és a széleken, valamint a silótetőn.

A vajsav, a valeriánsav, a kapronsav jelenléte egyértelműen káros hatású, mert

1. táplálóanyag-veszteséget jelent (energia-, fehérje- és aminosav-veszteség),
2. a kémhatás a semleges irányba tolódik el, ami a tejsavbaktériumoknak nem jó, a káros mikrobák számára viszont kedvező,
3. a szilázs anaerob stabilitása csökken (pl. melegszik),
4. mérgező aminok keletkezhetnek,
5. a termelt vajsav, valeriánsav, kapronsav bűzös, rontja a takarmány ízletességét.

Nem illózsírsav:

- **tejsav** (3 szénatom): $\text{H}_3\text{C}-(\text{OH})\text{HC}-\text{COOH}$ – jelenléte hasznos

Illózsírsavak:

- **ecetsav** (2 szénatom): $\text{H}_3\text{C}-\text{COOH}$ – jelenléte veszteséget okoz, de gombaölő hatású
- **propionsav** (3 szénatom): $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{COOH}$ – jelenléte veszteséget okoz, de gombaölő hatású
- **vajsav** (4 szénatom): $\text{H}_3\text{C}-(\text{CH}_2)_2-\text{COOH}$ – jelenléte káros
- **valeriánsav** (5 szénatom): $\text{H}_3\text{C}-(\text{CH}_2)_3-\text{COOH}$ – jelenléte káros

- **kapronsav** (6 szénatom): $\text{H}_3\text{C}-(\text{CH}_2)_4-\text{COOH}$ – jelenléte káros

Két elsődleges biokémiai folyamat van, mely során a speciális törzsekbe tartozó baktériumok tejsavat termelnek: *homofermentatív és heterofermentatív erjedés.*

- A homofermentatív erjedés során elsődlegesen tejsav termelődik a cukrokból. Fontos megjegyezni, hogy a tejsavtermelő baktériumok nem bontják a keményítőt.
- A heterofermentatív erjedés során a baktériumtörzsek a cukrokból a tejsav mellett ecetsavat, etanolt és szén-dioxidot állítanak elő. Más melléktermékek is képződhetnek, mint például 1-2 propándiol, acetaldehid.

HOMOFERMENTATÍV TEJSAVAS ERJEDÉS:

- $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ (glükóz) $\rightarrow$ tejsavbaktérium $\rightarrow 2 \text{CH}_3-\text{COH}-\text{COOH}$ (tejsav) + H_2O
- $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ (fruktóz) $\rightarrow$ tejsavbaktérium $\rightarrow 2 \text{CH}_3-\text{COH}-\text{COOH}$ (tejsav) + H_2O
- $\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}_5$ (xilóz, arabinóz) $\rightarrow$ homof. tejsavbaktérium $\rightarrow \text{CH}_3-\text{COH}-\text{COOH}$ (tejsav) + CH_3-COOH (ecetsav) + H_2O

HETEROFERMENTATÍV TEJSAVAS ERJEDÉS:

- $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ (glükóz) $\rightarrow$ tejsavbaktérium $\rightarrow \text{CH}_3-\text{COH}-\text{COOH}$ (tejsav) + CH_3-COOH (ecetsav) + CO_2
- $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ (glükóz) $\rightarrow$ tejsavbaktérium $\rightarrow \text{CH}_3-\text{COH}-\text{COOH}$ (tejsav) + $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{OH}$ (etanol) + CO_2 + H_2O
- $\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}_5$ (xilóz, arabinóz) $\rightarrow$ heterof. tejsavbaktérium $\rightarrow \text{CH}_3-\text{COH}-\text{COOH}$ (tejsav) + CH_3-COOH (ecetsav) + H_2O

A homofermentatív erjedés sokkal hatékonyabb, mint a heterofermentatív erjedés, mivel a tejsav előállítására kisebb energia- és táplálóanyag-veszteséggel jár, mint az ecetsav, a CO_2 vagy az alkoholok előállítása. A heterofermentatív erjedés egyes végtermékei azonban gombaölő hatással rendelkeznek, melyek csökkentik a silóbontás utáni aerob romlást és az aerob veszteség mértékét.

A fehérjék és egyéb nitrogéntartalmú anyagok is fermentálódhatnak. A nitrátok a jól erjedt szilázsban kevéssé bomlanak le, de a rossz minőségű szilázsokban a nitrát lebomlása jelentős. A fehérjék bomlása során a nitrogén-oxidok mellett az ammónia az egyik



végtermék, ami emeli a pH-t és a pufferkapacitást. Ez pedig káros folyamat és instabillá teszi a szilázst már az anaerob fázisban. A fehérjék bomlása során ún. biogén aminok is keletkezhetnek (kadaverin, putreszcin). A kadaverin lizinből képződik rothadás-kor, bűdös, toxikus. A putreszcin pedig argininből

keletkezik szintén rothadáskor, bűdös és mérgező. A szerves savak is fermentálódhatnak. A tejsavat számos mikroorganizmus (*L. brevis*, *L. buchneri*, *Pediococcus*, *Clostridium*, élesztőgomba) képes lebontani és energiaforrásként hasznosítani. Ez a szilázs stabilitása szempontjából káros folyamat.

Az erjedés szempontjából hasznos mikroorganizmusok

A növény levélfelületén élő mikroorganizmus száma az időjárás és környezet változásával évről évre változik (1. táblázat). A silózás szempontjából hasznos tejsavtermelő baktériumok száma azonban mindössze 1000-ed része a többi mikroorganizmusnak. Továbbá a renden, a káros mikroorganizmusok tovább szaporodnak a levágott növény felületén (*Clostridium*, *Bacillus*, élesztőgomba), ezért nem javasoljuk a 48 óránál hosszabb fonnyasztást. Hozzá kell tenni, hogy a levél felszínén lévő mikroorganizmusok nagy része aerob, ezért szaporodásuk leáll, ahogy a levegőt kitapossuk az alapanyagból és lefedjük a silóteret.

1. táblázat: A növényen lévő mikroorganizmusok száma és fajtái

Mikroorganizmus	Populáció (cfu/g eredeti anyag)
Összes aerob baktérium	>10.000.000
Tejsavbaktériumok	10 – 1.000.000
Enterobaktériumok (pl.)	1000 – 1.000.000
Élesztőgomba	100 – 100.000
Penészgomba	1.000 – 10.000
<i>Clostridium</i>	100 – 1.000
<i>Bacillus</i>	100 – 1.000
Ecetsavtermelők	100 – 1.000
Propionsav baktérium	10 – 100
Pahlow és mtsai, 2003	

A természetes flórában található heterofermentatív tejsavtermelő baktériumokkal indul az erjedés a betaposást követően (heterofermentatív folyamatokkal). A csökkenő kémhatás pedig segít a természetes flóra homofermentatív baktériumainak a szaporodásban. A keletkező tejsavmennyiség a kémhatást olyan mértékben csökkenti, mely már korlátozza a káros és a hasznos baktériumok szaporodását egyaránt (még a tejsavtermelőket is). Kialakul a szilázs stabilitása.

A tejsavtermelő mikroorganizmusok túlnyomóan anaerob körülmények között (oxigén kizárásával) tudnak fermentálni, ún. obligát anaerob mikroorganizmusok. Jól tűrik az alacsony, savas kémhatást. Fajonként eltérő a pH tűrésük, egyes

tejsavtermelők 3,0 pH-n, mások már 4,5 pH-n befejezik működésüket. Számos baktériumfaj tartozik ebbe a csoportba:

- a legjelentősebb **homofermentatív tejsavtermelő** baktériumok: a *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus salivarius*, *Lactobacillus casei*, *Enterococcus faecium*, *Enterococcus faecalis*, *Pediococcus acidilactici*, *Pediococcus pentosaceus*, *Lactococcus lactis*, *Streptococcus bovis*.
- a legfontosabb **heterofermentatív tejsavtermelő** baktériumok: a *Leuconostoc mesenteroides*, *Lactobacillus buchneri*, *Lactobacillus brevis*, *Lactobacillus fermentum*, *Leuconostoc mesenteroides*.



A tejsavtermelő baktériumok további csoportokra oszthatóak aszerint, hogy milyen körülmények között képesek erjeszteni a szénhidrátokat:

- **obligát homofermentatív tejsavtermelő baktériumok:** ezek a baktériumok csak a 6 szénatomos cukrokat bontják, és kizárólag tejsavat termelnek.
- **fakultatív heterofermentatív tejsavtermelő baktériumok:** ezek a baktériumok is csak tejsavat termelnek a 6 szénatomos cukrokból, de képesek az 5 szénatomos cukrokat is bontani tejsavat és ecetsavat előállítva.
- **obligát heterofermentatív tejsavtermelő baktériumok:** ezek a baktériumok a 6 szénatomos cukrokból tejsavat, ecetsavat, etanolt és CO₂-t állítanak elő.



A tejsavtermelő baktériumok széles hőmérsékleti tartományban képesek működni, ezért megkülönböztetünk „**melegerjesztőket**”, ún. termofil baktériumokat (40–50°C) és „**hidegerjesztőket**” (15–30°C). A táplálóanyag-vesztés és a fehérje denaturációjának csökkentése érdekében a hidegerjesztés

a cél a gyakorlatban. A tejsavtermelő baktériumok ozmotoleránsak, tehát jól tűrik a nagyobb szárazanyag-tartalmat. Szemben az ecetsav- és vajsavtermelő baktériumokkal, melyek elsősorban a vizesebb alapanyagban szaporodnak jól.

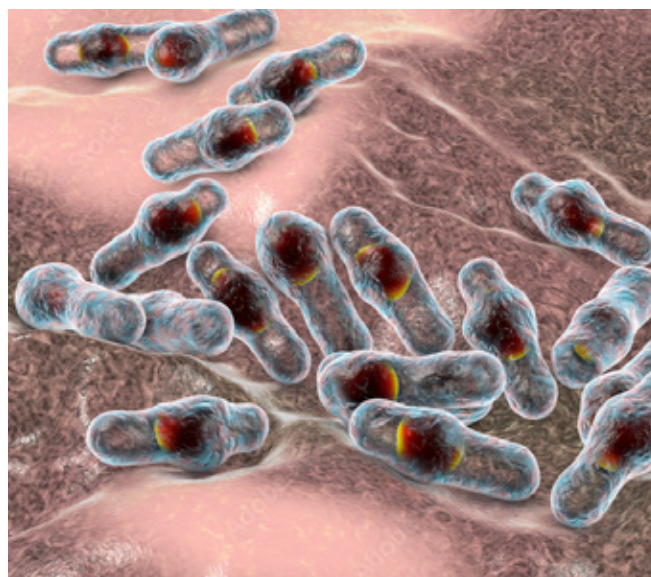
Az erjedés szempontjából káros mikroorganizmusok

Az erjesztett takarmányokban azonban nemcsak a hasznos tejsavtermelő baktériumok, hanem az erjesztés szempontjából káros mikroorganizmusok is jelen vannak. A gyors pH-csökkenésnek (savanyodásnak) azért van jelentősége, mert ezzel tudjuk leghatékonyabban kizárni a káros mikroorganizmusok egy részét. Amennyiben a savanyodás nem elég gyors, úgy az enterobaktériumok, a Clostridiumok és az élesztőgombák képesek életben maradni és felhasználni az erjeszthető cukrokat (versenyezve a tejsavtermelő baktériumokkal). Ez a tejsavtermelő baktériumok kompetitív gátlása, mely ebben az esetben káros folyamat.

1. A káros mikroorganizmusok közé tartoznak a **Coli aerogenes csoport** tagjai (*Aerobacter aerogenes*, *Escherichia coli*, *Klebsiella nemzetség*), amelyek fakultatív anaerobok, és jelentős mennyiségű ecetsavat termelnek. Mivel ezek az Enterobacteriaceae családba tartozó (Gram-negatív, pálcika alakú, nem spóráképző) baktériumok, ezért enterobaktériumoknak is nevezzük őket. Az ebbe a családba tartozó baktériumok a normál bélflóra alkotói emberben és a legtöbb állatban. Ezenkívül a természetben bárhol megtalálhatóak: vizekben, szennyvizekben, növények felszínén, rothadó anyagokban. E baktériumok számos törzse sajnos patogén is (kórokozó). Az erjedés szempontjából azonban nem egyértelműen negatív a megítélésük. Ugyan a takarmányfelvétel szempontjából kedvezőtlen hatású ecetsavat állítanak elő, nagy mennyiségben elszaporodva hasmenést okozhatnak, emellett azonban az erjedési folyamat kezdetén ezek a mikrobák alakítják ki a tejsavtermelő baktériumok számára kedvező életfeltételeket (csökkenő pH és csökkenő oxigénmennyiség).

KONTROLL: A Coli aerogenes csoport, illetve általában az enterobaktériumok korlátozásának módja elsősorban a talajszennyeződés mérséklése betakarításkor, a 30% feletti szárazanyag-tartalom biztosítása (tavasszal fonnyasztással), a 48 órán belüli fonnyasztás, az alacsony kémhatás gyors elérése.

2. A legkárosabb mikroorganizmusok a **szaprofita vajsavtermelő baktériumok (*Clostridium butyricum*, *Clostridium tyrobutyricum*, *Clostridium sporogenes*)**. Meshofil baktériumok (35–38 °C), és a semleges-lúgos közeget kedvelik (pH 7,0–7,5). Elsősorban vizes, bemelegedett, alacsony cukor- és magas pufferkapacitású alapanyagokban szaporodnak el. Tipikusan a lucerna, a rozs és az intenzív termesztésű fű vizes szilázsában fordulnak elő. A vontatott erjedés korai szakaszában is szerepet játszanak, de később, a másodlagos vagy utóerjedés főszereplői.



A vajsavtermelők obligát (feltétlen) anaerobok, ezért a levegő kizárásával nem lehet őket gátolni. A takarmány szénhidrátjaiból, a tejsavból és az aminosavakból is vajsavat, biogén aminokat állítanak elő, ammónia, ecetsav, hangyasav, CO₂ és H₂ keletkezése mellett. A *C. butyricum*, *C. tyrobutyricum* szénhidrátbontó, míg *C. sporogenes* a fehérjét bontja elsősorban. Tevékenységük káros. A romlást okozó vajsavbaktériumok elszaporodásának következménye:

- A Clostridiumok táplálóanyag-konkurensei a tejsavtermelőknek (kevesebb szubsztrát marad, és így kevesebb tejsav termelődik a szilázsban).
- Az ammónia szúrós szagú, pufferhatású anyag – anaerob instabilitást okoz a szilázsokban.



- A vajsav bűzös!
- A vajsav kevésbé erős sav, mint a tejsav, ezért pufferhatású!
- A tejsav direkt bontása a kémhatás emelkedését eredményezi.
- A kémhatás emelkedése lehetővé teszi más káros baktériumok elszaporodását.
- A fehérje mennyiségének csökkenése táplálóanyag-veszteséget okoz.
- Mérgező anyagcseretermékek, biogén aminok keletkezhetnek.
- A Clostridium spórás baktérium, ezért ha a spórák bekerülnek a tejbe (a tőgy felszínéről fejkor), akkor kemény sajtot már nem lehet abból a tejből készíteni (csak lágy sajtokat). A spórák ugyanis gázt termelnek a sajt belsejében, és a sajt (az ementálihoz hasonló) lyukakat fog tartalmazni.

A Clostridiumok másik csoportját, a **kórokozó (ún. patogén) vajsavbaktériumok (*Clostridium perfringens*, *Clostridium chauvoei*) alkotják, melyek gyakran bélvérzéssel járó megbetegedést okoznak.** A Clostridium botulinum botulizmust okoz, ami nem jellemző a hazai tejágazatban (állati hulla maradványaival szennyezett talajjal jut be).

MEGELŐZÉS: A Clostridiumok elleni védekezés alapja a **30% feletti szárazanyag-tartalom biztosítása (tavasszal fonnyasztással), a 48 órán belüli fonnyasztás**, az alacsony kémhatás gyors elérése, valamint a **talajszennyeződés mérséklése** betakarításkor. A tarlómagasság 2 cm-ről 10 cm-re való növelése 80.000 CFU/g értékkel csökkenti a Clostridiumok számát a zöld alapanyagban (O’Kiley és mtsai, 2008). Ezen felül lehet olyan silózási adalékanyagokat használni (elsősorban kémiai konzerválószerket, de léteznek Clostridium-inhibitor tulajdonsággal rendelkező oltókultúrák is), melyek gátolják a Clostridiumok szaporodását a szilázsban.

3. Az **ecetsavtermelő baktériumok (*Acetobacter xylinum*, *Acetobacter rascens*)** lazán tömörített silókazlakban, vontatottan erjedő szilázsban, vizes alapanyagokban (30% alatti szárazanyag-tartalom esetében) szaporodnak el. Bontják a cukrokat, a tejsavat, az alkoholokat, melyekből ecetsav, majd CO₂ és víz keletkezik (veszteség).

MEGELŐZÉS: A ecetsavtermelő baktériumok elleni védekezés alapja a **30% feletti szárazanyag-tartalom biztosítása**, a hatékony taposás és a nagy tömörség elérése (az oxigén kizárása a céltömörség elérésével:

240 kg szá./m³), a gyorsan kialakuló alacsony kémhatás.

4. A **rothasztó baktériumok (*Pseudomonas*, *Flavobacterium* fajok)** aerob és fakultatív anaerob mikrobák. Az alacsony kémhatásra érzékenyek (pH-optimum: 5,5 felett). Bontják a szénhidrátokat, a fehérjéket és a tejsavat gázok képződése mellett (metán, hidrogén, ammónia, tiol, hidrogén-szulfidok, kadaverin, putreszcín). A kéntartalmú cisztein és metionin aminosavak bakteriális bomlása során képződik a rothadásra jellemző, rendkívül bűzös és undorító szag, a tiol (a jellegzetes rothadási bűz okozója), valamint a hidrogén-szulfid (záptojás). A fehérjék közös dekarboxilációs terméke a kadaverin (cadaver = holttest) és putreszcín (putredo = rothadás). Katasztrófák helyszínén a mentőkutyák ezeknek a fehérje bomlástermékeknek, elsősorban a kadaverinnek a szagát érzik meg. Mivel a tehén érzékeny a szagokra és a melléktermékek mérgezőek, ezért ezen bomlási folyamatok megelőzése alapvető.

MEGELŐZÉS: A rothasztó baktériumok elleni védekezés alapja a 30% feletti szárazanyag-tartalom biztosítása, a 48 órán belüli fonnyasztás, a hatékony taposás és a nagy tömörség elérése (az oxigén kizárása), a **gyorsan kialakuló alacsony kémhatás**, valamint a **talajszennyeződés mérséklése** betakarításkor.



5. A **propionsav-termelő baktériumok (*Propionibacterium*)** a tejsavból és cukrokból propionsavat, ecetsavat és CO₂-t termelnek akár alacsony kémhatáson is. A természetes módon, kis mennyiségben termelődő propionsavnak nincs jelentősége a szilázs anaerob stabilitása szempontjából, de aerob körülmények között gátolja a gombák szaporodását a silótetőn, az oldalfalaknál és silóbontást követően a silófalban.

6. Az **élesztőgombák (*Saccharomyces*, *Torulopsis*, *Candida*, *Hansenula*, *Pichia* fajok)** elsősorban aerob körülmények között képesek szaporodni, de egyes



fajaik anaerob viszonyok között is életképesek. A cukrokat – és sajnos a tejsavat is – alkoholra (etanolra és metanolra), CO₂-ra, valamint vízre bontják. Képesek a keményítőt is bontani. A fehérjék bontása során pufferhatású ammóniát termelnek. Kiválóan tűrik a savanyú közeget (pH-optimum: 5,0–7,0, de pH-tűrés: 2,5–3,0), így a savanyítás önmagában nem korlátozza a szaporodásukat. A nagyobb szárazanyag-tartalom elérésével és a levegő gyors kizárásával lehet leghatékonyabban gátolni a nagy mennyiségben való elszaporodásukat. Általában vizes alapanyagokban fordulnak elő (vizes silókorica és vizes cirokszilázs). Az élesztők a legnagyobb veszteséget jó állapotú szilázsokban a szilázs bontása után bekövetkező *aerob romlás* során okozzák.

MEGELŐZÉS: Az élesztőgombák elleni védekezés alapja **a 30% feletti szárazanyag-tartalom** biztosítása, **a 48 órán belüli fonnyasztás, a gyors és hatékony tömörítés (céltömörség: 240 kg szá./m³), a gyors és „légmentes” zárás, valamint nyáron a 30–40 cm-es napi silófal-kitermelés a teljes felületen.** Ezen felül lehet olyan silózási adalékanyagokat használni, melyek gátolva a gombák szaporodását javítják a silófal és a TMR stabilitását.

7. A **penészgombák** (*Penicillium*, *Fusarium*, *Aspergillus*, *Stachybotris*, *Mucor*, *Cladosporium* fajok) általában obligát aerobok, ezért kártételükkel – csak rosszul tömörített vagy nem megfelelően lezárt takarmányban, illetve a siló megbontása után, az aerob romlás folyamán kell számolni. A penészgombák kiválóan tűrik a savas kémhatást, ezért a savanyítással önmagában nem lehet kizárni a jelenlétüket (pH-tűrés: 3,0–4,0). A penészgombák a szénhidrátokat saját életműködésükhöz felhasználva gátolják a hasznos baktériumokat, és bontják a fehérjéket, valamint a tejsavat is! A penészes szilázs mikotoxinokat is tartalmazhat (aflatoxin, zearalenon,

DON, patulin, satratoxin, ochratoxin, roquefortin). A penész általában a szilázs oldalfalain, a silótetőn és az állott silófalon található meg. Különösen gyakori a rosszul és túl hosszú ideig tárolt nedves melléktermékekben. Napjainkban nagy veszélyt jelent a tejelő tehenészetekben a silókukorica aflatoxin-szennyezettsége. Az aflatoxinokat termelő *Aspergillus* gomba már a szántóföldön az élő növény csövein is megtalálható, de az anaerob szakaszt követően, silóbontás után újra szaporodásnak indulhat a nyitott és állott silófalban is. Az *Aspergillus* gomba szaporodása pedig az aflatoxinok mennyiségének növekedését vonhatja maga után a silófalban. Tehát a penészgomba és a mikotoxin származhat a szántóföldről a silókukoricában (különösen hőstresszes nyarat követően), de rossz be- és kitérolástechnikával fokozhatjuk is a szilázsban az aflatoxin mennyiségét.

MEGELŐZÉS: A penészgombák elleni védekezés alapja a 30% feletti szárazanyag-tartalom biztosítása, a 48 órán belüli fonnyasztás, **a gyors és hatékony tömörítés (céltömörség: 240 kg szá./m³), a gyors és „légmentes” zárás, valamint nyáron a 30–40 cm-es napi silófal-kitermelés a teljes felületen.** A szántóföldi gombafertőzés és mikotoxin-szennyeződés ellen növénytermesztési, agrotechnikai eszközökkel lehet védekezni (kártévőirtás, jobb rezisztenciával rendelkező hibridek termesztése, talajművelés módja: minimal tillage vs. szántás, öntözés stb.). Ezen felül lehet olyan silózási adalékanyagokat használni, melyek (gátolva a gombák továbbszaporodását) javítják a silófal és a TMR stabilitását. A telepre beérkező alapanyagban lévő mikotoxin mennyisége azonban utólag már nem csökkenthető.

Felhasznált források:

McDonald P., Henderson A.R. és Heron S.J.E (1981): *The Biochemistry of Silage. Microorganisms.* Chalcombe Publications, UK (Aberystwyth) pp 81–151

