



## FUNDAMENTUMOK IV.

### AZ ERJEDÉS SZABÁLYOZÁSA

**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.*

#### Az erjedés szabályozásának módszerei

A közepesen, illetve a nehezen erjeszthető takarmányok között több olyan értékes zöldtakarmány található, amelyeknek jelentős szerepük van a hazai takarmánybázisban, de erjedésük kockázatot jelent a környezeti feltételek miatt (kora tavaszi betakarítás) és az alapanyag jellemzői miatt (nagy pufferkapacitás és/vagy alacsony cukortartalom). Ahhoz, hogy ezekből

jó minőségű erjesztett takarmányt tudjunk előállítani, javítani kell erjeszthetőségüket.

Napjainkban a könnyen erjeszthető takarmányok esetében is javasolunk silózási adalékanyagokat, melyek felgyorsítják az erjedést csökkentve ezzel a veszteségeket és gátolják az aerob romlást (javítják a silófal stabilitását).

#### 1. Az erjedés szabályozása fonnyasztással

A fonnyasztott takarmányból készült erjesztett takarmányt **fonnyasztott szilázsnak** vagy **szenázsnak** nevezzük. A 30–40% közötti anyag a fonnyasztott szilázs, míg a 40% feletti szárazanyag-tartalmú erjesztett takarmány a szenázs a német nomenklaturára épült Magyar Takarmánykódex szerint. A gyakorlatban pillangósokból és fűféléből készítünk fonnyasztott szilázst és szenázst. A korai betakarítású gabonafélék esetében ugyan alkalmazunk áprilisban fonnyasztást, de rendszerint nem érjük el a 30%-os szárazanyag-tartalmat (rozsszilázs átlag 2013–2022: 29% sza.),

ezért joggal nevezzük ezen anyagokat szilázsnak. A háromféle takarmánytípus elkülönítése azért fontos, mert jelentősen különböznek egymástól erjedési intenzitás, erjedési minőség, romlási kockázat, valamint aerob stabilitás tekintetében.

Ami ellen védekeznünk kell:

- Az anaerob fázisban a káros, vajsavas erjedési folyamatokért elsősorban (a talajszennyeződéssel bekerült) szaprofita vajsavtermelő baktériumok tehetők felelőssé, melyek tejminőségi problémákat



is okoznak (*Clostridium tyrobutyricum*, *Clostridium butyricum*, *Clostridium sporogenes*). Számos szaprofita *Clostridium* faj található a talajban, melyek az erjedés során minőségromlást okoznak a szilázsban. Ezen *Clostridium*ok bontják a szénhidrátokat és a fehérjéket, mely az enterobaktériumokhoz hasonlóan táplálóanyag-vesztést, a takarmány minőségi romlását és káros aminok termelését okozzák a szilázsokban. Továbbá a *Clostridium*ok a tej minőségét is rontják. Ez annak következménye, hogy a baktérium spórái képesek a szarvasmarha emésztőcsatornáján sértetlenül áthaladni, majd a spórák a bélsárral szennyezett tőgyről fejéskor a tejbe juthatnak.



A savtoleráns *Clostridium tyrobutyricum* a leggyakrabban előforduló faj szarvasmarháknál. Szénhidrátbontó hatásán kívül ezen baktériumok képesek a tejsavat vajsavvá, hidrogénné és széndioxid gázzá bontani. Ez a gázok fejlődésével járó vajsavas erjedés nemcsak a tejsavas erjedés mértékét befolyásolja a szilázsokban, de ugyanez a káros gáztermelés figyelhető meg a sajtgyártás során is, mely a gouda, emmentáli és parmezán (kemény) sajtok minőségromlását okozza. A *Clostridium*ok és egyéb enterobaktériumok, amikor bontják a fehérjéket, az ammónia, a vajsav és CO<sub>2</sub> mellett különféle biogén aminokat (putreszcin, hisztamin, kadaverin, tiramin) is termelnek. Általában nagy fehérjetartalmú és vizes (rozs-, fű és lucerna-) szilázsokra jellemző ez a romlási folyamat. A vajsav és az egyes biogén aminok rendkívül bűzösek. Több biogén amint hullaméregként tartunk számon (ugyanis a bomló állati tetemben is ezek képződnek a fehérjebomlás során). Következmény, hogy növelik a táplálóanyag-vesztést, csökkenthetik a takarmányfelvételt, mérgezőek lehetnek, valamint ketogén hatásúak (a ketonanyagok alapanyagai). A szaprofita *Clostridium*okat a kémhatásnak a

kritikus pH-szint alá történő gyors leszorításával és a vízaktivitás viszonyok szabályozásával (fonnyasztással) lehet az erjesztésből kirekeszteni (Schmidt, 2003).

- A nagyobb kiindulási cukortartalmú és vizes alapanyagok hajlamosabbak az ecetes erjedésre (kukoricaszilázs, cirokszilázs, valamint egyes gabona- és fűszilázsok), míg a kis cukortartalmú, de nagyobb fehérjetartalmú anyagok (pl. lucernaszilázs) inkább a vajsavas erjedés irányába tolódnak el. A kedvezőbb kiindulási cukortartalmú és vizes alapanyagok hajlamosabbak tehát elsősorban az ecetesedésre. Ilyen például a hőstressz miatt korán betakarított, éretlen és vizes kukoricaszilázs vagy a nagy hozamú silócirokszilázs. Az ecetsav a depó alsó 1 méterében érezhető, ahol a tömörítés hatására a csurgalék koncentrállódik. Ennek szaga ecetes, savanyú, színe pedig sárgás lehet.

#### **A fonnyasztás a legolcsóbb erjedésszabályozó technológia a Kárpát-medencében.**

A fonnyasztás olyan ozmotikus körülményeket teremt, ami gátolja az ecetsav- és a vajsavtermelő baktériumok szaporodását, miközben a tejsavtermelő baktériumok jól tolerálják ezen viszonyokat. A fonnyasztás mértéke a kívánt szárazanyag-tartalomtól, a hőmérséklettől, a páratartalomtól, a harmat mennyiségétől és a szélesebségtől egyaránt függ.

Tavasszal 24-48 óra a javasolt fonnyasztási idő. A 48 óránál hosszabb fonnyasztás nem javasolt, mert növeli a *Bacillus*ok és a *Clostridium*ok számát a fonnyasztott rendben (a rend „táptalajként” működik). A szükséges 30%-os szárazanyag-tartalom eléréséhez ezért a fonnyadást felgyorsító szársértővel szerelt kasza használatát és az okszerű rendelkezést javasoljuk tavasszal. A nyári időszakban a lucerna 2. és a 3. kaszálásakor már 1-5 óra is elegendő lehet a fonnyadáshoz.



A cukor : pufferkapacitás (C/PK) hányadosa határozza meg, hogy milyen szárazanyag-tartalomig célszerű a zöldtakarmányt fyonasztani. Minél kisebb az érték (kevés benne a cukor és/vagy sok a lúgosító hatású anyag), annál nagyobb szárazanyag-tartalmat kell elérnünk a fyonasztás során.

- A 0,8-1,0 C/PK hányadosú pillangósokat legalább 35-40% szárazanyag-tartalom eléréséig kellene fyonasztani, hogy az ozmotikus nyomásviszonyok kellően gátolják a romlást okozó ecetsavat és vajsavat előállító baktériumok szaporodását. Silózási adalékanyag használatakor az ideális szárazanyag-tartalom csökkenthető.
- Az 1,8-2,0 C/PK hányadosú fűféléket minimálisan 30% szárazanyag-tartalomig kell fyonasztani, mert ekkor már elég gyorsan és kellő mennyiségben fog tejsav keletkezni a romlást okozó baktériumok kompetitív gátlásához (kiszorítják őket). A 30% szárazanyag-tartalom a minimum, további csökkentése már nem javasolt még silózási adalékanyag használatakor sem. Amennyiben azonban a környezeti feltételek változékonyak vagy kifejezetten rosszak (pl. tavasszal), akkor 25-30% közötti szárazanyag-tartalom mellett is lehet jó minőségű erjedést elérni speciális silózási adalékanyag használatával többletköltség és csurgaléklé-képződés mellett.



#### **A fyonasztás előnyei 35% szá.-tartalom felett:**

- kisebb lesz a takarmány vajsavtartalma, ezért kisebb a romlás és a veszteség kockázata,
- csökken a fehérjebomlás mértéke és mérséklődik az ammóniaképződés,
- csökken a szénhidrátbomlás mértéke - csökken a CO<sub>2</sub> és vízgőzképződés, valamint hőtermelődés (hővesztesség),
- kisebb lesz a takarmány ecetsavtartalma, ezért több szárazanyagot hajlandók az állatok fogyasztani belőle, mint a potenciálisan ecetes vizes szilázsból,
- kevesebb savval erjed (kisebb intenzitású erjedés megy végbe), ezért több cukor marad a szenázsban,
- bár kevesebb lesz a szenázs savtartama, de kedvezőbb lesz a tejsav : ecetsav aránya,
- mivel kevésbé intenzív az erjedés, kevesebb lesz az erjedésből adódó gázvesztesség,
- nagy a strukturális hatékonysága a szenázsban, ezért stimulálja a kérődzést,
- alkalmas a széna helyettesítésére,
- nincs lécsurgási veszteség,
- jobb a silótér szárazanyag-kihasználtsága.

#### **A fyonasztás hátrányai:**

- a szenázskészítéshez több gép szükséges (kasza, rendterítő és rendképző, járvaszecskázó vagy bálázó berendezés), mint az egymenetes betakarításhoz (járvaszecskázó),
- nagyobb az időjárási kockázat (a fyonasztás 12-48 órája alatt megázhat az anyag, különösen tavasszal),
- nagyobb mértékű a levélpergés a lucerna esetében (a szársértés, a rendterítés és a rendképzés okozza),
- nagyobb mértékű a földszennyeződés a renden való fyonasztás és a többszöri rendmozgatás miatt a direkt vágáshoz képest,
- nehezebben tömöríthető a 40% feletti szárazanyag-tartalmú alapanyag,
- nagyobb a karamellizáció (bemelegedés) kockázata a 40% feletti szárazanyag-tartalmú alapanyag esetében.

## **2. Az erjedés szabályozása adalékanyagokkal**

Az adalékanyagokkal többféleképpen is befolyásolhatjuk az erjedést. Az adalékanyagok egy csoportjával a tejsavtermelő baktériumok működési feltételeit javítjuk, más adalékokkal pedig az erjesztés szempontjából káros mikrobák tevékenységét kívánjuk csökkenteni (pl. a Clostridiumok, az

ecetsavtermelő baktériumok és az élesztőgombák gátlása).

### **2.1. Az erjedést serkentő anyagok**

Ebbe a csoportba a szénhidrátadalékok és a biológiai tartósítószer tartoznak (tejsavbaktériumok).



**2.1.1. Szénhidrát-növelő adalékok:** a közepesen és nehezen erjeszhető zöldtakarmányokhoz lehet adagolni. Célunk, hogy a tejsavtermelő mikroorganizmusoknak rendelkezésre álljon az az erjeszhető szénhidrát-mennyiség, amelyből a stabil szilázsához szükséges tejsavat elő tudják állítani. Ebből a szempontból hazai vonatkozásban a melasz, a száraz melléktermékek és az abraktakarmányok jöhetnek szóba.

- A melasz használata nehézkes, mert télen keménnyé merevedik és nyáron is nehézkes a nagy viszkozitású anyag kijuttatása. Ezért vízzel hígított és speciális módon kevert változata javasolható silózási adalékanyagként. Adagolása:
  - közepesen erjeszhető takarmányok esetében: 1-3%
  - nehezen erjeszhető takarmányok esetében: 3-6%
- Régen alkalmazták a szárazkeverékes silózási eljárást, ami gabonadara + szárazanyag-növelő adalék (pl. száraz szalmaapríték, száraz répaszelet) keveréke, 10-20% dózisban alkalmazva (min. 30% sza. elérése érdekében). Kisebb erjeszhető szénhidrát-tartalom esetében (2,5-3,0% sza.) a gabonadarát nagyobb arányban alkalmazzuk a keverékben a szalmához viszonyítva. A gabonadara és a szárazanyagpótló aránya
  - közepesen erjeszhető alapanyag esetében: 40:60,
  - nehezen erjeszhető alapanyag esetében: 60:40.



- A szalmaapríték jól szívja a nedvességet és eredményesen növeli a szárazanyag-tartalmat, de gyakran nem sikerül finomra aprítani (2 cm), sokszor a szalma nem elég tiszta (penészes), nem növeli az erjeszhető szénhidrát mennyiségét, fellevegősíti a keveréket és csökkenti a keverék energiatartalmát. A keverés üzemi körülmények között a silózás időszakában egy külön feladatot jelent, és nagyobb a kiindulási költség, valamint

a szilázs fajlagos költsége is emelkedik (szilázs Ft/kg).

- A gabona- vagy kukoricadarával való keverés (min. 10%-ban alkalmazva) eredményesebb. A 10% kukoricadara alkalmazása javítja a szárazanyag-tartalmat, az erjedést és az aerob stabilitást egyaránt, miközben nem csökkenti a tömörséget és növeli az energiakonzentrációt. A gabonadara hozzáadása pedig tulajdonképpen nem jelent külön költséget az adagra vetítve (adag Ft/nap/tehen), mivel azt egyébként is etetünk a tehénnel.
- A száraz répaszelet 5% cukrot tartalmaz és kiváló nedvszívó hatású anyag, de napjainkban nehezen beszerezhető és költséges. Mivel a takarmányadagban egyébként is lehetne szerepeltetni tejszírnövelő hatású adalékként, ezért silózási adalékanyagként a költség megítélése körültekintést igényel.

**2.1.2. Biológiai tartósítószer:** azokat a silózási oltóanyagokat (straterkultúrákat) nevezzük biológiai tartósítószernek, amelyek

- 1. homofermentatív tejsavtermelő (kizárólag tejsavat előállító) baktériumkultúrát** (homofermentatív baktérium: *Pediococcus acidilactici*, *Pediococcus pentosaceus*, *Lactobacillus plantarum*, *Enterococcus faecium*, *Lactococcus lactis*) vagy
- 2. homo- és heterofermentatív tejsavtermelő baktériumok keverékét** (heterofermentatív baktérium komponens: *Lactobacillus buchneri*, *Lactobacillus hilgardii*, *Lactobacillus diolivorans*, *Lactobacillus parafarraginis*, *Lactobacillus brevis*),
- 3. enzimpreparátumot** vagy
- 4. szénhidrát szubsztrátot** tartalmaznak az erjedési folyamatok irányítására.



Az első generációs adalékanyagok csak hasznos tejsavtermelő baktériumokat tartalmaztak, a második generációban már a hasznos baktériumok mellett



szénhidrát-kiegészítés is volt, míg a harmadik generációs adalékanyagokban kombinálták a baktériumokat a szénhidrátbontó enzimekkel. Újabb generáció a tejsavtermelő baktériumok és a szénhidrátbontó (elsősorban rostbontó) enzimek, valamint a gombaölő, aerob stabilitást fokozó szerek együttes használata.

A tejsavtermelő baktériumkultúrával végzett oltás akkor eredményes, ha az oltási csíraszám legalább egy nagyságrenddel haladja meg az epifita (a növény felületén élő) flórában található tejsavtermelő baktériumok számát ( $10^3$ - $10^4$  CFU/g zúzalék), tehát legalább összesen  $10^5$  CFU/g alapanyag. Az 1.000.000 CFU/g oltási csíraszám tovább növeli az oltóanyag hatékonyságát.

A tejsavtermelő baktériumokkal szemben támasztott követelmények közül felsoroljuk a legfontosabbakat:

1. ha az erjedést akarjuk gyorsítani, akkor legyen homofermentatív baktérium az adalékanyagban,
2. ha az aerob stabilitást (a silófal stabilitását) akarjuk javítani, akkor legyen heterofermentatív baktérium is a silózási adalékanyagban,
3. többféle szénhidrát bontására legyen képes,
4. gyorsan szaporodjon,
5. jó legyen a savtűrése 4 pH alatt is,
6. széles hőmérsékleti tartományban tudjon szaporodni,
7. kis vízkivétel mellett (fonnyasztott takarmányban) is működjön,
8. aerob körülmények között is képes legyen túlélni,
9. kis proteolitikus aktivitása legyen.

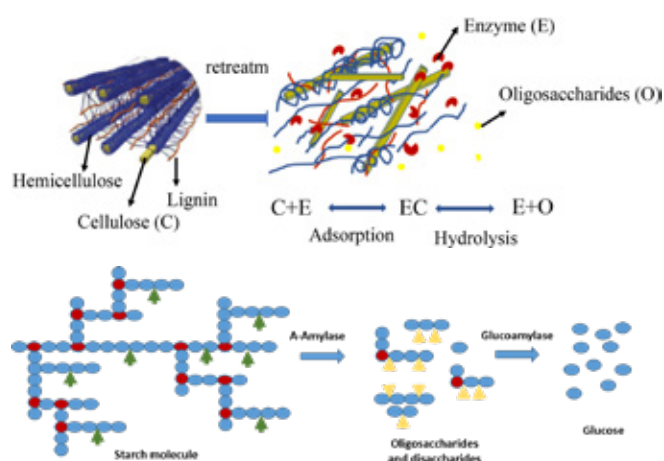
A különböző funkciókban jelentős lehet a különbség a fajok és a törzsek között! Az oxigén-felhasználó képességben, a gombaölő hatás terén és a Clostridium-gátlásban jelentős eltéréseket találtak az egyes tejsavtermelő baktériumtörzsek között egy összehasonlító kísérletben (Hindrichsen és mtsai, 2012.) A *Lactococcus lactis* (DSM 11037) távolította el a legtöbb oxigént, a *Lactococcus lactis* (NCIMB 30117) volt egyedül hatékony az összes vizsgált Clostridium törzssel szemben, a *Lactobacillus buchneri* (DSM 22501) csökkentette leglassabban ugyan a kémhatást, de ez a törzs volt a leghatékonyabb az aerob stabilitás javításában (melegedés mérséklése). A különböző tejsavtermelő baktériumok mind javították a szilázs minőségét, de jelentős különbség volt a javulás mértékében a fajok és a törzsek között!



### 2.1.3. Az enzimeknek (celluláz, pentozanáz, amiláz)

az a feladatuk, hogy amikor a silózándó növényben nincs elegendő erjeszhető szénhidrát, a tejsavtermelő baktériumok által nem erjeszhető poliszacharidokat (cellulóz, hemicellulóz, keményítő) fermentálható szénhidráttá alakítsák át. Az enzimek "megnyitják" a növényi sejtfalakat, hozzáférhetővé teszik a cukrokat (hidrolízis-keményítő és egyéb poliszacharidok bontása). Az enzimekkel szemben támasztott legfontosabb követelmények az alábbiak:

1. legyen képes a szénhidrátok hidrolízisére 6,0-4,3 pH-tartományban (optimum 5,0),
2. 4,3-4,1-es kémhatásnál a szénhidrátok bontását fejezze be,
3. anaerob körülmények között is hatékonyan működjön,
4. 50 °C -ig dolgozzon hatékonyan,
5. ne legyen proteolitikus (fehérjebontó) aktivitása.



A tejsavtermelő baktériumok és az enzimek szárazanyag- és hőmérsékletigénye, valamint pH-optimuma nem esik egybe, ezért az adalékanyaggal kezelt takarmányok esetében az ideális szárazanyag-tartalom megválasztása különös gondosságot igényel.



#### 2.1.4. Egyéb baktériumok

A propionsav kiváló fungicid (gombaölő) hatása következtében a szilázs **aerob stabilitásának** növelését szolgálja. Néhány biológiai tartósítószer **propionsavat is termelő baktériumokat** tartalmaz (*Propionibacterium shermanii*, *Propionibacterium jensenii*, *Propionibacterium freudenreichii*).

Egyes biológiai tartósítószerekben **clostridiofágok** is találhatóak, melyek a vajsavtermelő baktériumokat hatástalanítják.

A Clostridiumok gátlásában eredménnyel alkalmazhatóak egyes *Lactococcus lactis* törzsek is (Hindrichsen és mtsai, 2012)

A baktérium **fruktánhidroláz-aktivitása** javíthatja a szilázs erjedését, különösen a magas fruktántartalmú, késői vágású, alacsony cukortartalmú fű silózása esetén (*Lactobacillus casei subsp. paracasei*).

#### 2.1.5. A biológiai szilázsadalékok értékmérő tulajdonságai

A szilázsadalékok értékelésének kategóriái az Egyesült Királyságban az alábbiak (hasonló sémát alkalmaz Finnország, Franciaország, Németország, Írország, Svédország, Svájc). Ezen tulajdonságokat értékeli külön-külön minden silózási adalékanyag esetében (Woolford, 2000):

- C1 a fermentáció javítása
- C2 az aerob stabilitás javítása
- C3 a csurgaléklé képződésének csökkentése
- C4 a silóban bekövetkező veszteség csökkentése
- B1 az önkéntes takarmányfelvétel növelése
- B2 *in vivo* emészthetőség javítása
- B3 az energia- és fehérjeretenció növelése
- A1 a testsúlygyarapodás növelése
- A2 a tejelő tehének termelésének javítása: a tejtermelés növelése.

Egy törzs helyett több törzs együttes alkalmazása javasolt a termékben napjaikban. A baktériumok úgy viselkednek, mint a váltófutás során a versenyzők: futnak, majd átadják a stafétabotot a következő baktériumnak és ők leállnak. A „hidegindító” tejsavtermelő baktériumok az Enterococcusok alakítják ki azt a kémhatást, ami kellően alacsony ahhoz, hogy a Pediococcusok, majd legvégül a Laktobacillusok szaporodni tudjanak. A leghatékonyabb tejsavtermelők a Laktobacillusok a folyamat végén.

A szilázs erjedését szolgáló biológiai adalékanyagokat ma már úgy kell kialakítani, hogy az *egyaránt szolgálja a szilázs intenzív tejsavas erjedését és a fal stabilitását is*, tehát a jó minőségű szilázs a kitarolás során is megfelelő stabilitással rendelkezzen.

#### 2.2. A káros erjedési folyamatokat gátló anyagok

A szilázs higiéniáját három mikroorganizmus-csoport veszélyezteti leginkább: a Clostridiumok, az élesztőgombák és a penészgombák. A silózási adalékanyagok egy részének speciális a feladata: nem a tejsavas erjedést segítik elsősorban, hanem a romlást gátolják (ún. szelektív mikrobagátlók). Tehát klasszikus tartósítószer. Ezen hatóanyagokat élelmiszerek konzerválására is használjuk. Fontos kérdés azonban hogy savakat vagy sókat alkalmazunk. A savak ugyanis rendkívül hatékonyak, de korrozívak és irritálóak lehetnek, kijuttatásuk nehézkes (és hazai viszonyok között sokszor veszélyes is). Lehetnek-e elég hatékonyak a sók a Clostridiumokkal és a gombákkal szemben? Mivel egyre nagyobb szerepet töltenek be a takarmányadagban a kora tavaszi betakarítású gabonafélék és keverékek, előtérbe kell kerülnie ezen adalékanyag-csoportnak is. A nagy fehérjetartalmú és egyben nagy hozamú alapanyagok betakarítása ugyanis hűvös, gyakran csapadékos, szeszélyes, kora tavaszi időszakban (áprilisban) történik, és sok kockázatot rejt. 2010-ig elsősorban a költséghatékony mikrobiális adalékanyagokkal dolgoztunk, mivel más környezeti feltételekhez voltunk szokva: május elején (mikor már hatékonyan tudunk fonnyasztani, ráadásul a kisebb hozamú lucerna gyorsabban szárad) elegendőnek tűnt a tejsavtermelő baktériumok keveréke az erjedés irányításához. A sok negatív tapasztalat (és veszteség) miatt azonban a korai betakarítású rozs-, tritikálé-, fű- és keverékszilázsok esetében egy másik stratégiát is ki kellett alakítani, mind a betakarítás műszaki oldala, mind a tartósítás módja terén.



Ebbe a csoportba különféle szerves és szervetlen savak, illetve olyan egyéb anyagok tartoznak, melyek segítségével korlátozzuk a másodlagos-, illetve utóerjedést.

- **Savadalékok.** A 30% alatti szárazanyag-tartalmú és 10% feletti hamutartalmú szilázsokban leginkább a vajsavas erjedés jelent higiéniai kockázatot és táplálékanyag-vesztést, míg magasabb (38-40%) szárazanyag-tartományban az aerob romlástól kell tartani. A savak mindkét tartományban segítenek megelőzni a káros folyamatokat. A savaknak a tartósítandó takarmányokhoz történő adagolásával az a célunk, hogy a silóban a kémhatást minél előbb olyan értékre csökkentjük, amelyben csak a tejsavtermelő baktériumok tudnak működni. Amennyiben valamennyi mikroorganizmus szaporodását gátoljuk, nem erjesztésről, hanem kémiai konzerválásról van szó. A silózáshoz szervetlen és szerves savakat egyaránt használnak. A **szervetlen savak** (foszforsav, sósav, kénsav) használata napjainkban visszaszorulóban van a takarmánytartósításban, mert a szerves savakhoz képest kevésbé hatékonyak, korrozívak és tartósításkor a kezelő személyzet egészségkárosodását okozhatják.



A skandináv országokban elterjedt volt az AIV-módszer, amelyet Virtanen finn kutató dolgozott ki. Ennek lényege, hogy kénsav és sósav megfelelő arányú keverékével kezelték a szilázst. Ma már eredeti formában ezt a módszert sem alkalmazzák, mert felboríthatja az állat sav-bázis egyensúlyát. A **szerves savak** közül elsősorban a **hangyasav** (0,4%) terjedt el (4 liter sav/tonna alapanyag), amely gátolja a káros mikrobák (főleg a Clostridiumok) tevékenységét, de 4,0 pH-ig nem befolyásolja a tejsavtermelő baktériumok működését, továbbá mérsékli a növények légzését és csökkenti a fehérjebomlást.

- **Egyéb erjedést gátló anyagok.** Ebbe a csoportba tartoznak (az élelmiszeriparban is alkalmazott) **nátrium-benzoát (200-500 g/tonna zúzalék), kálium-szorbát (100-250 g/tonna zúzalék), Na-nitrit** és a **hexametilén-tetramin (2-3 liter/tonna zúzalék, 150-250 g hatóanyag/tonna zúzalék)**. A korai betakarítású rozs-, tritikálé-, fű- és keverékszilázsok esetében a legfőbb ellenség a nagy nedvességtartalom, a magas hamutartalom (földszennyeződés) és a Clostridiumok elszaporodása (ami vajsavas erjedést eredményez, fehérjebomlással jár, mérgező biogén aminok termelődését vonja maga után.) A patogén Clostridiumok csoportja pedig olyan enterotoxémiát is okozhat, amitől a tehén elpusztul. A *Clostridium butyricum*, *Clostridium tyrobutyricum*, *Clostridium sporogenes* a felelős az alacsony szárazanyag-tartalmú szilázsokban a káros erjedési folyamatokért, a bűzös vajsavas erjedésért, a táplálékanyag-vesztésért (például a fehérjebomlásért). Hozzá kell azonban tenni, hogy a spórák a tej minőségét is veszélyeztetik, mivel a gázképződés miatt kemény sajtokat a fertőzött tejből nem lehet készíteni. A nátrium-nitrit hatékonyan gátolja ezen spóráképző és vajsavtermelő baktériumok szaporodását, különösen alacsony kémhatás mellett (Woolford, 1975). A nátrium-nitrit hatását azonban általában keverékek formájában vizsgálták: hexamin, nátrium-benzoát és nátrium-propionát kombinációkban (Lingvall és Lattemae, 1999; Lattemae és Lingvall, 1996). Az is régen dokumentált, hogy a nátrium-nitrit nitrogén-oxidá alakul, és ez pusztítja el a Clostridiumokat (Spoelstra, 1983). Látható, hogy a Na-nitrit témakörével már hosszú évtizedekkel ezelőtt elkezdtek foglalkozni a skandináv országokban, hazánkban azonban csak a korai betakarítási technológia keltette fel az érdeklődést a technológia iránt.



### 2.3. Az aerob romlás megelőzése, illetve csökkentése

A **propionsav** baktericid (baktériumölő) hatása gyengébb a hangyasavénál, fungicid (gombaölő) hatása azonban erősebb. Ezért élesztő- és penészgombák ellen az aerob romlás megelőzésére jó eredménnyel alkalmazható. Az ehhez szükséges propionsav mennyisége a zöldtakarmány szárazanyag-tartalmától, valamint a tárolás idejétől függően 0,2-0,7% között (2-7 liter sav/tonna alapanyag) változik. Kifejlesztésre kerültek a puffertolt savkeverékek, amelyekben a tiszta szerves savak egy részét pl. ammóniával vagy nátrium-sókkal elegyítik, csökkentve ezzel az agresszivitást (korrozivitást, maró hatást, nyálkahártya irritációt). Ezekben a készítményekben a hatóanyag-tartalom még mindig magas, de kezelhetőségük, felhasználhatóságuk lényegesen egyszerűbb, jó részük nem esik ADR besorolás alá. Különböző szilázstartósítási vizsgálatok szerint az ammóniával puffertolt – ammonizált hangyasav – és a tiszta hangyasav hatékonysága között nincs jelentős különbség, ezért alkalmazásuk egyértelműen előnnyel jár (Lorenzo és O’Kiely, 2008; Pauly, 2009).



Az utóbbi évtizedben megjelentek az új generációs puffertolt savkeverékek, a glicerinhez észterkötéssel kapcsolódó szerves savak, ezek tekinthetők a hosszú távú takarmánytartósítás egyik legbiztonságosabb megoldásának. A propionsavat a gyakorlatban elterjedten használják a „silótető” rétegvastagságának, azaz a silótér legfelső, általában romlott részének csökkentésére. A szemes kukorica nedvesen történő tartósítása esetében is használjuk. A savak azonban csökkenthetik az étvágyat, ezért nedves kukorica esetében 0,6%-os dózis mellett már korlátoznunk kell az etethető napi mennyiséget (6-8 kg/nap/tehén). Az aerob romlást gátló anyagok csoportjába tartozik (az élelmiszeriparban is alkalmazott) **nátrium-benzoát és kálium-szorbát**. A nagyobb szárazanyag-

tartalmú szilázsok/szenázsok esetében a levegőnek kitett fal stabilitását az élesztő- és penészgombák rontják. A szelektív mikrobagátló adalékok abban segítenek, hogy ezen romlási folyamatokat megelőzzük, javítsuk a szilázs aerob stabilitását és csökkentjük a higiéniai kockázatot (a megbetegedés kockázatát). A nátrium-benzoát, a kálium-szorbát jól ismert mikrobagátló, élelmiszeripari konzerválószer. Közel 40 éve igazolt, hogy a kálium-szorbát a 3-6 pH-tartományban hatékony a spórás baktériumokkal, élesztőgombákkal és penész-gombákkal szemben (Woolford, 1975). A nátrium-benzoát is hasonló antimikrobális tulajdonságokkal rendelkezik, de magasabb pH-n már korlátozott a hatása. A nátrium-propionát gombaölő hatása szintén régóta jól ismert (Woolford, 1975).

### 2.4. Adsorbensek alkalmazása adalékanyagként

A csurgaléklé képződése jelentős táplálóanyag-vesztéséget okoz, ezért megkötésével csökkenthetők a veszteségek, továbbá mérsékelhető a környezet-szennyező hatás. A **csurgaléklé megkötésére** kiválóan alkalmas a nagy szárazanyag-tartalmú szalma, kukoricaszár, száraz répaszelet, kukoricacsutka-örlemény, valamint a bentonit. A szalmaapríték korábban már említett káros hatásai miatt azonban a gabona- és kukoricadara 10%-ban való alkalmazása javasolható, mint a csurgaléklevet hatékonyan megkötő, de egyben energianövelő és a tömörséget nem csökkentő, tiszta adalékanyag.

*A felsorolt erjedésszabályozó technológiák, termékek, komponensek alapján megállapíthatjuk, hogy számos lehetőségünk van a körülményeinkhez és az időjáráshoz igazodó adalékanyag kiválasztásakor. A szakszerű döntéshez a kezünkben van a megoldás. Fő a biztonságos erjedés és a lehető legkisebb romlási veszteség.*

