



KI FIZETI A RÉVÉSZT? IV.

A SILÓFALBAN BEKÖVETKEZŐ VESZTESÉG ÁLTAL
OKOZOTT GAZDASÁGI KÁR

Dr. Orosz Szilvia
Állattenyésztési
Teljesítményvizsgáló Kft.

Front-end menedzsment: 'a silófal sorsa, hogy gyorsan megetessék'

Az aerob romlás támadási felülete (a silótető és az oldalfalak mellett) a silófal, ahol a silóbontás után következik be az élesztő- és penészgombák, valamint az aerob ecetsavtermelő baktériumok szaporodása következtében a romlás. **A romlást mindig melegedés kíséri**, ezért a hőmérséklet emelkedése jó indikátora a romlási folyamatnak és a veszteségnek. Az említett mikroorganizmusok hatására alkoholok, ecetsav és mikotoxinok termelődnek, továbbá a szénhidrátok egy része CO_2 -gázzá és vízzé 'ég el' (észrevétlenül elillanva a silófalból). Az aerob romlás kockázata különösen meleg időben, valamint gyenge tömörítési és kitarolási technológia mellett jelentős. **A veszteség elfogadható mértéke azonban mindössze 3% a silófalban, ami jó technológia mellett tartható érték (Holmes és Muck, 2007)!** Összességében tehát az erjedési mutatók mellett a szilázsok bontás utáni stabilitása is fontos paraméter.

A szárazanyag-veszteségből adódó közvetlen gazdasági veszteségen túlmenően a romlott szilázs közvetett veszteségeket is okozhat: a gyengébb táplálóérték, a csökkent táplálóanyag-tartalom, a rossz ízhatás, valamint az állatokra gyakorolt negatív

hatások miatt romlik az állatok teljesítménye és kockázatot jelent állategészségi szempontból is a romlott szilázs etetése (Kung és mtsai., 1998).

A penészs szám fontos paramétere a romlásnak és a várható veszteségnek. Amikor a penészgombák szintje a szilázsban $5 \log_{10}$ cfu/g értéknél magasabb volt (azaz a penészgomba láthatóvá vált a szilázson), a szárazanyag-veszteség meghaladta a 20%-ot (1. ábra). Amikor a penészgombák száma meghaladta a $6 \log_{10}$ cfu/g értéket, akkor a veszteség elérte a 40%-ot. Hozzá kell tenni, hogy amikor a penészgombák száma $5 \log_{10}$ cfu/g fölé emelkedik, a keményítőtartalom is csökkenni kezd! Emellett összefüggésbe hozták a becsült tejhozamot a penészgombák számával is. Kimutatták, hogy a tejtermelés potenciálisan csökken, amikor a penészgombák száma meghaladta a $4 \log_{10}$ cfu/g szilázs mennyiséget. Sőt, a tejtermelés majdnem a felére csökkent, amikor a penészgombák száma nagyobb volt, mint $8 \log_{10}$ cfu/g szilázs (Tabacco és mtsai., 2011)!

A penészedés a kezdeti szakaszban azonban szemmel nehezen látható telepi körülmények között, ezért a



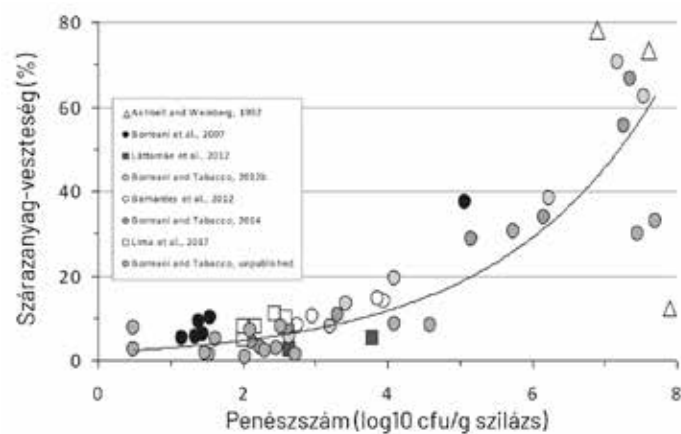
hőmérséklet emelkedése a mérvadó. Minden +8.3 °C hőmérséklet-emelkedés 1 tonna (30% szárazanyag-tartalmú) szilázsban, több mint 26 MJ energiát igényel, ami körülbelül 4 kg tejtermelés-csökkenést eredményez szilázs-tonnánként (Hoffman és Combs, 2009). A melegedés tehát egyben arra is utal, hogy hogyan befolyásolja a romlás a potenciális tejtermelést. A 2. ábrán az látható, hogy 1 tonna szá. kukorica- és cirokszilászból mennyi tej termelhető az adott mértékű melegedés mellett. A táplálóérték csökkenése, párosulva a szárazanyag-vesztéssel együtt a potenciálisan termelhető tej mennyiségének drámai csökkenését eredményezi a szilázs 1 tonna szárazanyagára vetítve kukorica- és cirokszilázsok esetében a levegőnek való kitettséget követően (MILK2006 táblázatkezelővel becsülve, Shaver és mtsai., 2006). Egyszerűbben fogalmazva, a tendencia erősen csökkenő jellegű, tehát a melegedés minél nagyobb mértékű, annál kevesebb tej termelhető az adott szilászból.

A penészgombák mellett az élesztőgombák szaporodása is okozhat termelés-csökkenést a

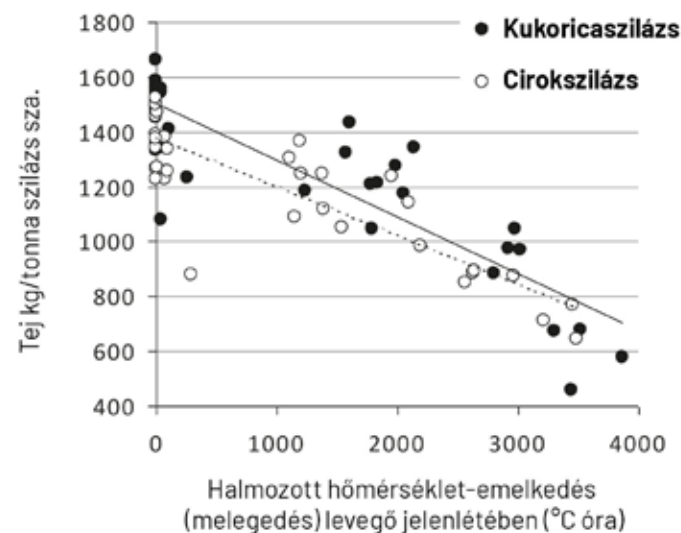
tehenekben. Egy vizsgálatban olyan TMR-t etettek tejelő tehenekkel 14 napon keresztül, amely stabil, illetve romlott nedves kukoricát tartalmazott (Hoffman és Ocker, 1997). A tehenek tejhozamát a romlott nedves kukorica 3,2 kg/tehen értékkel csökkentette, összehasonlítva azokkal a tehenekkel, akik az aerob szempontból stabil nedves kukoricát tartalmazó TMR-t ették (3. ábra).



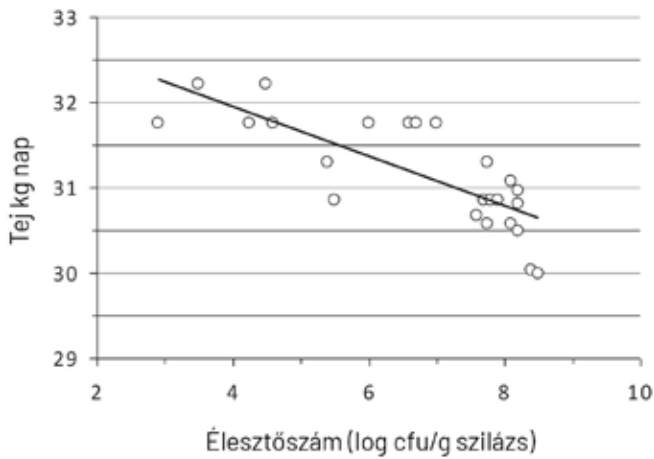
1. ábra A szárazanyag-vesztés és a penészgombák száma közötti kapcsolat levegőnek kitétt szilázsok esetében (Tabacco és mtsai., 2011).



2. ábra A kukorica- és cirokszilázsok tonnájára vetített tejhozam az óránkénti halmozott hőmérséklet-emelkedés alapján (°C óra) 14 nap alatt - levegővel történő érintkezés során (Tabacco és mtsai., 2011).



3. ábra A tejtermelés és az élesztőgombák száma közötti kapcsolat instabil nedves kukoricában levegőnek kitéve (Hoffman és Ocker, 1997).



A kukorica, fű és a kalászos gabonából készült szilázsok általában jobban ki vannak téve a kitérés utáni romlási folyamatoknak, mint a pillangósokból készült szilázsok, a bennük található maradványcukor miatt. A magas tejsavtartalom pedig nem eredményez jobb aerob stabilitást a szilázsban, mivel a tejsavnak nincs gombaölő hatása. Az aerob stabilitást elsősorban meghatározó tényezők: a tömörség, a környezeti hőmérséklet, a cukorszerű szénhidrátok mennyisége, a növény faja és fajtája, a szárazanyag-tartalom, a kémhatás, az erjedés során keletkező gombaölő hatású anyagok mennyisége és az alkalmazott silózási adalékanyag.



Minél nagyobb a kitérés sebesség, annál kisebb a veszteség. Több, mint 20 éve már kimutatták (1. táblázat), hogy a heti kitérés sebesség és a levegő behatolásának mélysége nagymértékben befolyásolja a nettó energiaveszteséget (Honig és mtsai., 1999). Az aerob stabilitás 1, 3, 7 napja azért szerepel a táblázatban, mert a stabilitás javítható adalékanyagokkal. Az aerob stabilitás az a mérőszám napokban kifejezve, ami a környezeti hőmérséklet +1 °C-, +2 °C-, +3 °C-kal való emeléséhez szükséges az adott szilázsban. Ezért minél nagyobb az érték, annál később kezd el melegedni a szilázs, tehát annál jobb a stabilitása. A táblázat alapján a veszteség minimalizálható 3 méter/hét kitéréssel és/vagy az aerob stabilitást javító adalékanyagokkal egy jól tömörített depóban. Így nem kell energia-kiegészítésről gondoskodni a takarmányadagban az elvesztett energia pótlása érdekében. A 2. táblázatban

a heti kitérés sebességnek és a levegő behatolásának a hatása látható a nettó energiaveszteség mértékére viaszérésű kukoricaszilázsban (NEI: 6,42 MJ/kg sza.), és a potenciális energiaveszteség pótlása kukoricadarával, valamint annak költsége 1 évre és 450 tehénre vetítve. **Ezzel mutatjuk be, hogy mennyibe kerül, ha nem vigyázunk a silófalunkra sem a betakarítás (adalékanyag), sem a tömörítés (taposás), sem a kitérés során. A többletköltség tartománya a 0 Ft-ól az évi közel 50 MFt-ig is terjedhet 450 tejlő tehénre vetítve.** Arról nem is beszélve, hogy a többlet kukoricadarával kockáztatjuk a bendőegészséget is! Vegyünk néhány példát:

- Az aerob stabilitást javító adalékanyaggal nem védett, **laza kukoricaszilázs**, heti **1 méteres** kitérésekor az évi többletköltségünk eléri a 49 MFt-ot 450 tejlő tehénre!
- Az aerob stabilitást javító adalékanyaggal nem védett, de **tömör kukoricaszilázs**, heti **1 méteres** kitérésekor az évi többletköltségünk **20,6 MFt 450 tejlő tehénre!** A gyors kitérés tehát nem hagyható el még tömör szilázsban sem!
- Az adalékanyaggal nem védett, **laza kukoricaszilázs** heti **2 méteres** kitérésekor az évi többletköltségünk még mindig **20,6 MFt 450 tejlő tehénre.** A hatékony taposás tehát nem hagyható el még gyors kitérésekor sem!
- Az **aerob stabilitást javító adalékanyaggal kezelt**, de **laza szilázs**, heti **1 méteres** kitérésekor az évi többletköltségünk **27,1 MFt 450 tejlő tehénre**, tehát az adalékanyag nem helyettesíti a gyors kitérést és a nagy tömörséget. A heti 2 méteres és a 3 méteres kitérés azonban már laza anyagban is minimálisra csökkenti a kitérést, ha hatékony, aerob stabilitást javító adalékanyaggal kezelve van a kukoricaszilázs.



1. táblázat A heti kitarolási sebesség és a levegő behatolásának mélysége (porozitás), valamint a nettó energiaveszteség közötti kapcsolat 35% szárazanyag-tartalom esetében (Honig és mtsai., 1999)

Kitermelés (méter/hét)	Oxigén behatolás mélysége (m)	Hőmérséklet-emelkedés (°C)			Nettó energia-veszteség, %		
		1*	3*	7*	1*	3*	7*
1	1(tömör)	23	16	0	16	8	0
	2(laza)	27	27	27	38	34	21
2	1(tömör)	11	4	0	4	1	0
	2(laza)	23	16	0	16	8	0
3	1(tömör)	4	0	0	1	0	0
	2(laza)	14	5	0	7	2	0

* A különböző szilázsok aerob stabilitása silónyitást követően (nap)

2. táblázat A heti kitarolási sebességnek és a levegő behatolásának a hatása a nettó energiaveszteség mértékére viaszérű kukoricaszilázsban (NEI: 6,42 MJ/kg sza.), és a potenciális energiaveszteség pótlása kukoricadarával, valamint annak költsége 1 évre és 450 tehénre vetítve (Orosz, 2023)

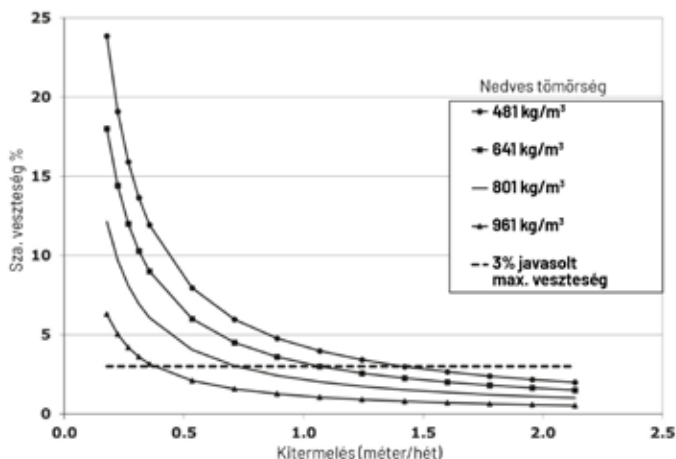
Kitermelés (méter/hét)	Oxigén behatolás mélysége (m)	A kukoricaszilázs várható energiatartalma (NEI MJ/kg sza.)			A potenciális energiaveszteség pótlása kukoricadarával (kg kukorica nap/tehén)*			Az energiapótlásként adott kukoricadara ára M Ft (450 tehén, 1 év)**		
		1	3	7	1	3	7	1	3	7
1	1(tömör)	5,39	5,91	6,42	0,84	0,42	0	20,6	10,3	0
	2(laza)	3,98	4,24	5,07	1,99	1,78	1,10	49,0	43,9	27,1
2	1(tömör)	6,16	6,36	6,42	0,21	0,05	0,0	5,2	1,3	0
	2(laza)	5,39	5,91	6,42	0,84	0,42	0,0	20,6	10,3	0
3	1(tömör)	6,36	6,42	6,42	0,05	0,0	0,0	1,3	0	0
	2(laza)	5,97	6,29	6,42	0,37	0,10	0,0	9,0	2,6	0

*Napi kukoricaszilázs adag: 7 kg sza./nap/tehén szilázs; A szárított kukorica energiatartalma 8,58 MJ/kg sza. kukorica

** 2023-as kukoricárral: 150 Ft/kg

Tehát minél tömörebb a fal, gyorsabb a kitermelés és hatékonyabb az adalékanyag, annál kisebb a romlási veszteség (4. ábra). **A cél a maximum 3%-os romlási veszteség fenntartása gyors kitermeléssel, a tömör silófalal és megfelelő adalékanyag használatával (Holmes és Muck, 2007).**

4. ábra A kitarolás sebessége (méter/hét), a tömörség (kg/m³) és a veszteség (sza. %) kapcsolata. Cél: maximum 3% romlás a falban (Holmes és Muck, 2007)



Az aerob romlás megelőzése: technológiai javaslatok

Tömörség: A tömörítés során a szárazanyag-tartalom, a szecskaméret, a betakarítási és a tömörítési kapacitás összehangolása a cél, a megfelelő térfogatsúly elérése érdekében (min 240 kg szá./m³ = 685 kg szilázs/m³ 35% szá. = 750 kg szilázs/m³ 32% szá.).

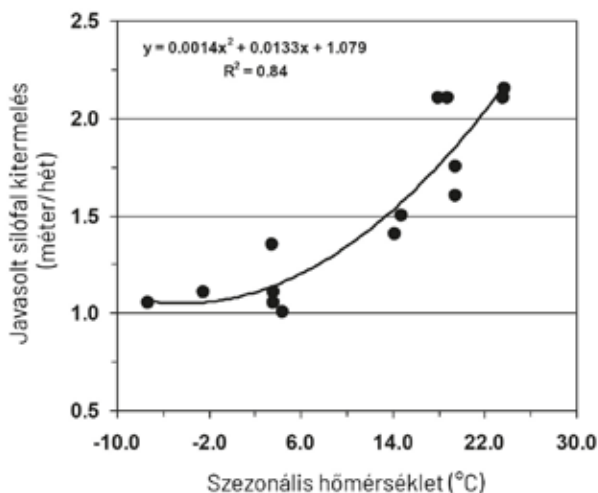
Kitermelés: A silótakaró fólia eltávolítása és a romlott réteg eltávolítása nem lehet se túl gyors, se túl lassú. Ha túl nagy felületet nyitunk meg a tetőn a silófal kitermeléséig, akkor növeljük vele a romlást. Ezért kb.

1 méter a kitararás léptéke, ami maximum 3 napnak felel meg. Alapvető továbbá, hogy **a kibontott silófalból minden nap legyen kitermelés.** Javasolt naponta 20-30 cm előrehaladás a silódepóban. A kitarolás mértéke igazodjon a környezeti hőmérsékletéhez (5. ábra). Nyáron növeljük a kitermelt takarmány vastagságát (akár 30-45 cm falközi silóban). Hetente tehát télen 1,5 m, nyáron legalább 2 m a javasolt kitermelés mértéke hazánkban. Az éghajlati adottságoknak megfelelő nemzetközileg javasolt értékek a 2. táblázatban láthatóak.

3. táblázat Kitekintés: a kitarolás javasolt üteme a klímától függően (méter/hét)

	A kitarolás javasolt üteme (méter/hét)		Forrás
	Téli	Nyáron	
Hollandia	1,00	1,50	Visers és mtsai., 2007
Olaszország	1,05	1,60	Tabacco és Borreani, 2002
Wisconsin	1,10	2,10	Muck és Pitt, 1993
Kansas	1,35	2,15	Berger és Bolsen, 2006
Izrael	1,40	2,10	Weinberg

5. ábra A kitarolás sebességének növelése (méter/hét) és a szezonális hőmérséklet kapcsolata a veszteség szinten tartása érdekében. Cél: maximum 3% romlás a falban (Borreani és Tabacco, 2012)



Silótér-design: A silótér kialakításának kulcsszerepe van a romlás megelőzésében, olyan hosszúságú és szélességű silódepóra van szükség, hogy a levegővel érintkező silófal minél kisebb felületű legyen, és lehetővé tegye a napi kitermelést (az állomány napi szükséglete ebben az esetben megfelel a teljes silófalszélesség 30 cm-es mélységben való kitermelésekor keletkező mennyiséggel). Tehát a silófal felületét úgy kell kialakítani, hogy az állomány napi szükségletéhez igazodva minden nap legyen kitermelés. Ha pl. 10 tonna/nap (500 tehén x 20 kg/nap) a felhasznált kukoricaszilázs-mennyiség, akkor napi 14,3 m³ szilázst kell kitarolni, ami

kb. 16 méteres szélességű depóban oldható meg 30 cm fal lebontásával annak érdekében, hogy friss legyen minden nap a fal. Ennél szélesebb depóban biztosan lesz állott silófalszakasz.

Hogyan kell kiszámítani az ideális silódepó-szélességet?

$$10\,000 \text{ kg/nap szilázsszükséglet} = Y \text{ m}^3 \times 700 \text{ kg/m}^3$$

$$Y = 10\,000 \text{ kg/nap} : 700 \text{ kg/m}^3 = 14,3 \text{ m}^3$$

$$\text{Szélesség} = 14,3 \text{ m}^3 / 0,3 \text{ m mélység} / 3 \text{ m magasság} = 16 \text{ m}$$



Műszaki háttér: A silófal kitermelését végezzük silómaróval vagy blokkvágóval, hogy a silófal egyenes legyen, ami a lehető legkisebb felületet, tehát a legkisebb kockázatot jelenti a romlás szempontjából. A blokkvágó nem terjedt el hazánkban széles körben, mert lassabb, és tapasztaltabb személy kell a használatához. Az egyenetlen silófal 'paradicsomi' állapotot teremt a gombáknak, különösen párás melegben, ezért van jelentősége az egyenes, minél kisebb felületű falnak.



A silófal magassága hazánkban a silómaró maximális munkamagasságához igazodik, ami helyes üzemi gyakorlat. Az USA-ban sok helyen 8-10 méter magas falak is vannak, amit nem lehet silómaróval kitermelni. Ezen silódepók esetében még a silólavina veszélye is fennáll, ami már oltott ki emberéletet. A Bolsen Safety Foundation (Prof. Keith Bolsen és Ruthie Bolsen által létrehozott alapítvány) erre hívja fel a figyelmet, és a silótér környékén betartandó szabályokat tanítja a farmereknek (pl. egyedül nem szabad mintát venni, a silófal magasság 3-szorosa távolságban szabad csak leparkolni az autóval stb.). Egyelőre nálunk még nem jellemző az olyan magas silófal, ami ilyen mértékű elővigyázatosságot igényelne. De az ördög nem alszik...



Az aerob romlás megelőzése: silózási adalékanyagok

Különböző hatóanyagú adalékanyagok együttes használatával, keverék készítményekkel hatékonyabban fokozhatjuk a szilázsok aerob stabilitását. *Davies és mtsai.* (2005) számos vizsgálatot végeztek propionsavtermelő baktériumot, heterofermentatív tejsavtermelő baktériumot, valamint homofermentatív baktériumot és savakat (propionsav, hangyasav), sókat (szorbátot, szulfátokat, benzoátot) tartalmazó keverék készítményekkel.



A *L. bruchneri* egy heterofermentatív tejsavbaktérium, mely anaerob körülmények között a tejsavat ecetsavvá és 1,2-propándiollá bontja, melyeknek gombaölő hatása van. Önmagában alkalmazva kedvezőtlenül befolyásolja az erjedést, amely azonban a homofermentatív tejsavbaktériumokkal való együttes alkalmazásával ellensúlyozható. A *L. bruchneri*-vel oltott szilázs hőmérsékleti csúcspontja, valamint a bontás után a penészgombák száma és aflatoxintartalma alacsonyabb a kezeletlenhez képest (Bach és mtsai.; 2005) A *Lactobacillus buchneri* mellett terjed a *Lactobacillus hilgardii* használata, amely gyorsabban fejti ki hatását a *L. buchneri*hez képest.

Az erjedés szabályozható szelektív mikrobagátló anyagokkal is. A takarmányhoz adagolt savak erősen csökkentik a kémhatást, melyen csak a tejsavtermelő baktériumok tudnak működni. A hangyasav és a propionsav erős gombaölő hatású szerves savak. Továbbá amerikai kutatók megállapították (*White és mtsai., 2002*), hogy amikor a tejsavbaktérium-kultúrát kombinálták Na-benzoát és K-szorbát adalékkal (500 és 1000 ppm), a bontás után a szilázsban kevesebb CO₂ keletkezett a kontrollhoz képest.

A kritikus takarmányok (pl. kukoricaszilázs, nedves roppantott kukorica) esetében a stabilitást javító adalékanyaggal érdemes kezelni (különösen) a nyári kitermelésű tételeket. Olyan adalékanyagok alkalmazása javasolható, amelyeknek valóban van aerob stabilitást fokozó hatása. Az erjedést javító hatású adalékanyagugyanisnembiztos, hogy a silófalstabilitását is javítja. A (nyári felhasználású) kukoricaszilázsok esetében javasolt az olyan stabilitást javító biológiai adalékokat alkalmazni, mint a *Lactobacillus buchneri*, *Lactobacillus hilgardii*, propionsavat előállító mikrobák, illetve a homofermentatív baktériumok kombinálhatóak kémiai tartósítószerrel, pl. szorbátokkal.

Az alkalmazandó oltóanyag típusa leginkább attól függ, hogy a veszteségeket és a minőséget milyen mikrobiológiai kockázat befolyásolja:

- Ahol a klosztridiumok (vajsavtermelők) aktivitásának gátlása az elsődleges probléma, a hagyományos homofermentatív törzsek a legmegfelelőbbek, mivel gyorsabban és tovább csökkentik a pH-t, mint egy kezeletlen szilázsban. A vajsavtermelő baktériumok pedig érzékenyek a savas kémhatásra (lucerna, rozs, tritikálé, olaszperje, Festulolium).



- Ahol az aerob romlás az elsődleges szempont (pl. kukoricaszilázs esetében) a kombinált oltóanyag ajánlható, ahol a hagyományos homofermentatív és heterofermentatív törzseket (pl. *L. buchneri*; *L. hilgardii*) is magában foglaló adalékanyag gyors pH-csökkenést és (a tárolás későbbi szakaszaiban) ecetsav-, valamint propándiol-termelést biztosítanak, melyek gombaölő hatású anyagok (az élesztő- és penészgombák számának csökkentése érdekében a silófal romlásának megelőzésével).

Amikor kevés a kukoricaszilázs, akkor a depókat túl hamar nyitják meg, és a kukoricánövény erjedéséhez nincs elegendő idő. Ha a siló megnyitása néhány nap után történik meg, akkor a silófal stabilitása gyengébb lesz, tehát a fal gyorsabban romlik ahhoz képest, mint amikor elegendő idő telik el a megfelelő erjedéshez (legalább 7 hét). Egy németországi kísérletnek (Huenting és mtsai., 2018) az volt a célja, hogy összehasonlítsák a 2 hét és a 7 hét után nyitott kukoricaszilázst. A kísérlet során a biológiai adalékanyag három baktérium-törzset tartalmazott (heterofermentatív baktériumok keveréke): *Lactobacillus diolivorans*, *Lactobacillus buchneri*, *Lactobacillus rhamnosus*. Alkalmazott dózis: 1 g/1 liter/1 tonna zúzalék. A másik kezelés K-szorbát volt. Alkalmazott dózis: 400 g/1 liter víz/1 tonna zúzalék. Eredményül azt kapták, hogy a kontroll szilázsoknak egyértelműen rosszabb volt az aerob stabilitása 2 hetes silóbontáskor, mint 7 hetes bontáskor.

- A *L. buchneri* heterofermentatív baktérium általában lassan szaporodó baktériumnak számít, ami miatt 2 hét után még nem mérhető általában az aerob stabilitásra gyakorolt hatása (Driehuis és mtsai., 1999), de ebben a kísérletben már a 2 hetes nyitás után is javította az aerob stabilitást a biológiai adalékanyag.
- A K-szorbátnak az alkoholtartalomra és az aerob stabilitásra gyakorolt kedvező hatása 2 és 7 hét után egyaránt mérhető volt.

Összefoglalva a kísérlet eredményeit, ha a kukoricaszilázs-depót 7 héttől korábban kell megnyitni, érdemes heterofermentatív baktériumokat is vagy K-szorbátot használni a silófal stabilitásának javítása érdekében. A vizsgált adalékanyagok azonban normál idejű, 7 hét utáni nyitás mellett is mérhetően javították az aerob stabilitást (a silófal állapotát).

Összefoglalásként: A silófal érdekében a takarmányt megfelelő tömörségűre, legalább 700 kg/m³ térfogatsúlyra (Borreani, 2014) kell taposni a porozitás korlátozása érdekében, a lehető legrövidebb idő alatt. Hagyományos (hagymarétegekben történő) töltés esetében kb. 1 méter 1 nap, de 3-oldalról zárt silótérekben inkább javasolt a haladó ék típusú töltés. Hatékony, oxigén-kizáró (OB) fóliát kell alkalmazni a silózás befejezése után, és a lehető leggyorsabban kell lezárni a silóteret (4 órán belül). A fólia legyen két rétegű: alacsony oxigénáteresztő képességű műanyag OB fólia felette UV-stabil takarófóliával. Kavicszsákkal rögzítsük az oldalfalak mentén. Elég a kavicszsák (cellásan lerakva) a silótér teljes felületén, ha dupla a fóliatakarás. Szimpla fólia esetében egymást érik a gumiabroncsok! A falközi siló falának műanyaggal való kibélelése is javasolt: az oldaltakaró fóliát ráterítjük a depó tetejére záráskor. Ne silózzunk a silófal fölé, mert laza lesz az oldalfal és a betonperem feletti rész is romlani fog! A silófalat úgy kell méretezni, hogy a szükséges napi takarmánymennyiséget olyan mélységben lehessen kitermelni, ami igazodik az éghajlati viszonyokhoz és a silózott takarmánynövény típusához (1,5-2 m/hét). A műszaki megoldások terén az egyenletes silófal lemarása szintén alapvető jelentőséggel bír, amit hazánkban általában silómaróval oldunk meg. Mindezek a gyakorlati lépések hozzájárulnak a silófalban bekövetkező veszteség jelentős csökkenéséhez, a jó minőségű és biztonságos higiéniai állapotú szilázs etetéséhez – minden nap.

