



A KORAI BETAKARÍTÁSÚ VIZES SZILÁZSOK TARTÓSÍTÁSA

CLOSTRIDIUMGÁTLÓ SÓK AZOKNAK,
AKIKNEK GONDOT JELENT A SAVAK HASZNÁLATA

összefoglaló szemleciikk

Dr. Orosz Szilvia

Állattenyésztési Teljesítményvizsgáló Kft

BEVEZETÉS: ALAPHELYZET

A szilázs higiéniját három mikroorganizmus-csoport veszélyezteti leginkább: a Clostridiumok, az élesztőgombák és a penészgombák. Tavasszal, nagy hozamú gabonafélék és magas fehérjetartalmú alapanyagok esetében elsősorban a Clostridiumok ellen kell védekezni. A silózási adalékanyagok egy részének speciális feladata: nem a tejsavas erjedést segítik elsősorban, hanem a romlást gátolják (ún. szelektív mikrobagátlók). Tehát klasszikus tartósítószer. Ezen hatóanyagokat élelmiszerek konzerválására is használjuk. Mivel egyre nagyobb szerepet töltenek be a takarmányadagban a kora tavaszi betakarítású gabonafélék és keverékek, előtérbe kell kerülnie ezen adalékanyag-csoportoknak is. A nagy fehérjetartalmú és egyben nagy hozamú alapanyagok betakarítása ugyanis hűvös, gyakran csapadékos, szeszélyes, kora tavaszi időszakban (áprilisban) történik, és sok kockázatot rejt. Eddig 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, ott elegendőnek tűnt a tejsavtermelő baktériumok keveréke az erjedés irányításához. A sok negatív tapasztalat (és veszteség) miatt azonban a korai betakarítású rozs-, tritikáló-, fű- és keverékszilázsok esetében más stratégiát kell kialakítanunk a közeljövőben, mind a betakarítás műszaki oldala, mind a tartósítás módja terén. Ehhez nyújt 'újabb adalékot' jelen összefoglaló cikk.

Ezen cikk a szaprofita (nem kórokozó) vajsavtermelő Clostridiumokkal foglalkozik. A Clostridiumok a vajsavtermelés által sok galibát okoznak a szilázsokban, de nem betegítik meg a tehenet. Negatív hatásuk közvetett. Általában a vizes és nagy pufferkapacitású fű-, korai gabona-, lucerna- és keverékszilázsokban fordul elő. A vajsavtermelő Clostridiumok forrása a földszennyeződés. Ráadásul tovább szaporodnak a szilázsban, ha a kémhatás nem eléggé gyorsan csökken. A vajsavas, bűzös szilázsokban általában jelentős a fehérjebomlásból származó ammóniatartalom és emelkedett a biogén aminok mennyisége, ami állategészségi problémákat okozhat! A Clostridiumok (*Clostridium butyricum*, *Clostridium tyrobutyricum*, *Clostridium sporogenes*) a felelősek az alacsony szárazanyag-tartalmú szilázsokban a káros erjedési folyamatokért, a bűzös vajsavas erjedésért, a táplálóanyag-veszteségért (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 nagyobb szárazanyag-tartalmú szilázsok/szenázsok esetében pedig 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 csökkentsük a higiéniai kockázatot (a megbetegedés kockázatát) akkor is, ha a tejsavas erjedési folyamat gátolt.

HOGYAN LEHET VÉDEKEZNI A CLOSTRIDIUMOK ELLEN?

1. A földszennyeződés minimálisra csökkentése az egyik legfontosabb agrotechnikai tényező. Törekedjünk arra, hogy 10% alatt legyen a tavaszi betakarítású szilázsok és szenázsok (lucerna-, rozs-, tirtikálé-, fű- és keverékszilázsok) hamutartalma. A tavaszi nagydíjas szilázsokat bemutató cikkben látható lesz a jövő hónapban, hogy reális és Magyarországon is megvalósítható ez a cél.
2. Az intenzív fonnyasztás a másik faktor. A 30% feletti szárazanyag-tartalom még nem jelent biztonságos védelmet, de segíthet a visszaszorításban. A 35-40% szárazanyag-tartomány hatékonyan gátolja a Clostridiumok szaporodását, míg 40% feletti szárazanyag-tartalom mellett szinte kizárt a vajsavas erjedés.

3. A gyors pH-csökkenés a harmadik eszköz a kezünkben.

Fontos kérdés hogy savakat, savkeverékeket vagy sókat alkalmazzunk. A savak hatékonyak, de alkalmazásuk veszélyeket hordozhat. Azért indítottuk a savakkal foglalkozó cikksorozatot párhuzamosan, hogy szakemberek oszlassák el a tévhitet, és segítsenek a savak biztonságos használatát bemutatni. Naivitás lenne azonban azt gondolni, hogy a közel 450 tejelő telep mindegyikén meg lehet oldani a menedzsment problémákat, főleg a (szakképzett) munkaerőhiánnyal küzdő régiókban. A sók biztonságosan segíthetnek kora tavasszal, borús időben, magas hamutartalmú alapanyagok tartósításában. De lehetnek-e elég hatékonyak a sók a Clostridiumokkal és a gombákkal szemben?

HOGYAN LEHET TEHÁT A KÉMHATÁST GYORSAN CSÖKKENTENI?

A kereszteslovagok, a tengerészgyalogság és a terrorelhárítók...

1. Ebben segíthetnek a (gyorsan szaporodó) tejsavtermelő baktériumokat tartalmazó silózási adalékanyagok. A mikrobiológiai adalékanyagok 30% feletti szárazanyag-tartalmú szilázsokban és mérsékelt hamutartalom esetében költséghatékony támaszai a tejsavas erjedésnek.
2. A 30% alatti szárazanyag-tartalom vízakivitása azonban olyan mértékben kedvező a vajsavtermelő baktériumok szaporodásának, hogy csak erős, baktériumölő hatású szerekek lehet hatékonyan védekezni ellene (különösen, ha a hamutartalom meghaladja a 12%-ot). Amennyiben a szántóföldi és a telepi menedzsment kellően fel van készülve a veszélyekkel is járó feladatra, úgy a savak és savkeverékek alkalmazása a tejsavas tartósítástól drágább, de a sókhoz képest mégis költséghatékonyabb megoldás. Ha figyelembe vesszük a csökkenő erjedési veszteségeket, és/vagy a megmentett takarmány árát, akkor át kell fogalmazni a költségre vonatkozó megállapítást: befektetést igénylő, de jól megtérülő adalékanyag típusról van szó.
3. Amennyiben a savakkal és savkeverékekkel való munkát a telepi menedzsment nem vállalja, akkor jöhet számításba a Clostridiumölő hatású sókeverékek használata, ami hatékony, bár költséges megoldás, még a savakhoz képest is. A sók vízben feloldhatóak, vagy folyékony szuszpenzió formájában meg is vásárolhatóak. Előnye, hogy nem korrozív és a dolgozókra sem veszélyes. Mikroadagoló használata azonban nem lehetséges abban az esetben, ha a sókat külön vesszük meg és összekeverjük, majd feloldjuk. A sók oldódási jellemzői miatt 3-5 liter a kijuttatandó

vízmenyiség tonnánként. Egyes kereskedelmi forgalomban lévő sóoldatok esetében a mikroadagoló már használható, de a gyártó ajánlását kell követni. Egyelőre kevés a hazai tapasztalat, ezt az adaléktípust még tanulnunk kell.

A vajsavtermelő baktériumok által termelt spórák száma a szilázsokban 10-100/g eredeti anyag közé tehető. Ez lehet tehát a kezdeti spóraszám a betakarításkor a földdel való szennyeződés függvényében. A vajsavasan erjedt szilázsokban ez az érték akár 10^6 - 10^7 spóra/eredeti anyag is lehet (Stadhouders és Spoelstra 1990, Pahlow és mtsai., 2003, Vissers és mtsai., 2007). A Clostridium spórák száma a bontatlan szilázsokban jelentősen csökkent Nyugat-Európában az elmúlt évtizedekben. Egy holland felmérés szerint (2002-2004) a kukoricaszilázsok között szinte nem volt olyan, ami magas spóraszámmal fertőződött volna (197 mintából egy sem volt 10^5 /g érték felett, és csak 0,5% haladta meg a 10^4 /g értéket). Az átlagos spóraszám is sokkal kisebb volt, mint a fűszilázsokban. Ennek oka, hogy a kukoricának kisebb a pufferkapacitása, sok tejsavval erjed, így a kémhatása gyorsan csökken, kizárva a legtöbb Clostridium szaporodását (pH 3,8-4,0).

Eddig az volt az általánosan elfogadott nézet, hogy a szilázsok magas Clostridium spóraszámú az anaerob romlással függ össze: az elsődleges erjedés során bekövetkező vontatott kémhatás-csökkenés lehetővé teszi a Clostridiumok szaporodását, a nedvességtartalom, a vízdoldékony szénhidrátok, a nitrát és a pufferkapacitás függvényében (McDonald és mtsai., 1991, Kaiser és mtsai., 2002, Pahlow és mtsai., 2003). Napjainkban egy másik elmélet is terjedőben van. Visser és mtsai. (2007) dán farmokat vizsgálva azt tapasztalták, hogy a magas Clostridium spóraszám inkább az aerob romlással függött össze, mint az anaerob folyamatokkal.

Kukorica-, fű- és keverékszilázsokból vettek mintát: a depóból és az etetőasztalról. A tehenek előtt lévő fűszilázsok spóraszám 10-szerese volt annak, mint amit a depó belsejében mértek. Továbbá a magas spóraszámokat ott mérték a depókban, ahol aerob romlás volt kimutatható (magas élesztő- és penészszámmal, melegebb anyagban) a felületen, elsősorban a láthatóan romlott részekben ($>10^7$ spóra/g). Meglepő módon, ezen felmérésben a kukoricaszilázs terheltebb volt, mint a fűszilázs. A vizsgált holland farmokon a kukoricaszilázzsal bevitt (vajsavtermelő baktériumok által termelt) spórák száma nagyobb volt, mint a fűszilázs okozta terhelés. Ezen eredmény (Visser, 2007) igazolta a korábban mért adatokat (Jonsson 1989, 1991), ami szerint a *C. tyrobutyricum* képes levegőnek kitett szilázsokban szaporodni és spórát növesztetni. Szintén napjainkban publikálták azon adatokat, miszerint magas *Clostridium* spóraszámot eredményezett

kukoricaszilázsban a levegő és a felületen bekövetkező aerob romlás (Borreani és Tabacco 2008, 2010). Hogyan szaporodhat egy feltétlen anaerob *C. tyrobutyricum* aerob körülmények között? Ez ellentmondás. A mikrobiális ökoszisztémák azonban az aerob és az anaerob rétegek határán megtalálhatják az életfeltételeiket. Az aerob romlásnak induló rétegben a tejsavbontó élesztőgombák elkezdnek szaporodni, a kémhatás pedig emelkedik. Mivel a gombák csak lassan szaporodnak, ezért az oxigén elég mélyen be tud hatolni a szilázsba. Amint azonban az élesztőszám emelkedésnek indul, az oxigén fogyni kezd és az alsóbb rétegek újra oxigénhiányosak lesznek (Muck és Pitt, 1994). Így az oxigénhiányos környezet és a magasabb kémhatás a felszín közelében is kialakulhat, ami már nem gátolja a *C. tyrobutyricum* vagy más *Clostridium* fajok szaporodását. Ezáltal a kukoricaszilázs is veszélyeztetett lehet, nemcsak a lucerna vagy a fűszilázs.

AZ ADALÉKANYAGOK HATÉKONYSÁGA ROSSZ MINŐSÉGŰ ALAPANYAGOK ESETÉBEN – FÜGGETLEN KÍSÉRLETEK

A nátrium-benzoát, a kálium-szorbát és a nátrium-nitrit jól ismert mikrobagátló, élelmiszeripari konzerválószer. Közel 40 éve igazolt, hogy a kálium-szorbát a 3-6 pH tartományban hatékony a spórás baktériumokkal, élesztőkkel és penészekkel szemben (Woolford, 1975). A nátrium-benzoát is hasonló antimikrobiális tulajdonságokkal rendelkezik, de magasabb pH-n már korlátozott a hatása. A propionsav és a nátrium-propionát gombaölő hatása szintén régóta jól ismert (Woolford, 1975). A nátrium-nitrit is gátolja a spóráképző baktériumok szaporodását, különösen alacsony kémhatás mellett (Woolford, 1975). Az is régen dokumentált, hogy a nátrium-nitrit (a nitrát lebomlása során keletkezik a friss alapanyagban) nitritté és nitrogén-oxidá alakul. Ezen bomlástermékek gátolják a káros mikroorganizmusokat a szilázsban (Spoelstra, 1983). A nitrát azonban mérgező hatású nagy koncentrációban, ezért adalékanyagok esetében felmerül az állategészségügyi kockázat kérdése (Kemp és mtsai., 1977). Látható, hogy ezen anyagok témakörével már hosszú évtizedekkel ezelőtt elkezdtek foglalkozni, de számos kérdés még mindig aktuális.

Svéd kísérlet 2009-ből: a 30% alatti szárazanyag-tartalom hatása

Egy svéd vizsgálat (Knicky és Spörndly, 2009) célja a különböző silózási adalékanyagok

1. ProMyr: hangyasav és propionsav keverék,
2. Kofasil Ultra (Na-nitrit, Na-benzoát, Na-propionát és hexamin),
3. sók: nátrium-benzoát, kálium-szorbát és nátrium-nitrit keverékének)

hatékonyság-vizsgálata volt a szilázsok káros mikroflórájával szemben alacsony szárazanyag-tartalmú (22% sza.) szilázsokban (*Clostridium*gátló hatás), valamint a

nitrát- és a nitritlebomlás sebességének vizsgálata a silózás során, vagyis hogy jelenthet-e állategészségügyi kockázatot a nátrium-nitrit használata. A kísérletet 2006-ban végezték Svédországban (Uppsala mellett), fehérhere (*Trifolium repens*) és fű (mezei komócsin és réti csenkesz) keveréken. A friss alapanyagot *Clostridium tyrobutyricum* baktériummal fertőzték 10^3 csíraszámmal grammonként. A vizsgálat eredményeként valamennyi adalékanyag csökkentette a vajsav és az ammónia-N mennyiségét a 'vizes' szilázsokban a kontrollhoz képest. A *Clostridium* spórák számát a 'vizes' szilázsokban a KU (Kofasil Ultra), az A1 kezelés (600 g Na-nitrit + 250 g Na-propionát + 750 g Na-benzoát friss alapanyag tonnánként) és az A5 kezelés (250 g Na-nitrit + 1000 g Na-benzoát + 500 g K-szorbát friss alapanyag tonnánként) csökkentette statisztikailag igazoltan. A kis szárazanyag-tartalmú kontroll szilázsban a veszteség mértéke megközelítette a 70%-ot 112 nap alatt. Míg a nagyobb szárazanyag-tartalmú (46% sza.) kontroll szenázsban a veszteség mértéke 'csak' 20-25% között alakult 112 nap alatt. Az alacsony szárazanyag-tartalmú szilázsokban az adalékanyagok mind jelentős mértékben csökkentették a veszteségeket ($P < 0.001$). A hangyasavat és propionsavat tartalmazó PNF (ProMyr) kezelés volt a legeredményesebb. A 'vizes' szilázsok esetében mind a nitrát-, mind a nitrittartalomban jelentős csökkenés következett be a 7. napig. A kontroll és a nitrittel kezelt 'vizes' szilázsok nitrittartalmában nem volt különbség a vizsgálat végén, ami arra utal, hogy biztonságosan használhatjuk 250-600 g/tonna (friss anyag) dózisban a nátrium-nitritet. A 'száraz' sókkal kezelt szenázsok egy részében azonban a nitráttartalom nőtt a tárolás alatt. A kontroll szenázs tartalmazta a legkevesebb nitrát-N-t a tárolás végén!

A nitrittartalom (a 'vizes' szilázsokhoz hasonlóan) a 'száraz' szenázsokban is csökkent a tárolás ideje alatt, de a csökkenés lassabb és kisebb mértékű volt, mint a 'vizes' szilázsokban. A kezelt 'száraz' szenázsokban a maradvány nitrit-N meghaladta a Svédországban hatályos egészségügyi határértéket (15 mg nitrit/kg szá.). Ezért javasolható, hogy a 40% feletti szárazanyag-tartalmú alapanyagok esetében nitrittartalmú sókat ne használjunk a tartósításhoz: a nitrit-N veszély mellett ráadásul drága és szükségtelen is ilyen szárazanyag-tartományban a használata. A kísérlet végeredményeként megállapítható, hogy az A1 (600 g Na-nitrit + 250 g Na-propionát + 750 g Na-benzoát) és az A5 (250 g Na-nitrit + 1000 g Na-benzoát + 500 g K-szorbát) kezelés (a kereskedelmi forgalomban lévő termékekhez hasonlóan) jelentős mértékben javította a füveshere szilázsok higiéniai állapotát (csökkentette a Clostridium spórák számát) az alacsony szárazanyag-tartományban (<25% szá.). A nitrit pedig lebomlott az erjedési folyamat kezdetén. Ezért ezen hatóanyag-kombinációk eredményesen és kockázatmentesen használhatóak a vizes tömegtakarmányok tavaszi tartósításához hazánkban kényszerű helyzetben (megázott, földes, nagy fehérjetartalmú, 3 napnál hosszabban fonnyasztott alapanyagban, reggeli fagyoknál, ami megöli a természetes tejsavtermelő mikroflórát stb.).

Svéd kísérlet 2010-ből: a 30% alatti szárazanyag-tartalom hatása nehezen erjedő alapanyagban

Jelen kísérlet (Knicky és Spörndly, 2010) célja az volt, hogy a Na-nitrit, a Na-benzoát és a K-szorbát keverék

mikrobagátló hatását vizsgálják kis és nagy szárazanyag-tartalmú, jól, közepesen és nehezen erjeszthető tömegtakarmányokban. A kísérletet 2007-ben (júniusban és októberben) végezték Svédországban (Uppsala mellett) 13 különböző tömegtakarmánnyal. A kezelés a vizes szuszpenzióra vetítve eredeti anyagban kifejezve: 200 g/kg Na-benzoát, 100 g/kg K-szorbát és 50 g/kg Na-nitrit volt. Az adalékanyagot ebben a vizes szuszpenzió formájában adagolták 5 l/tonna dózisban 35% szárazanyag-tartalom alatt, és 3 l/tonna dózisban 35% szárazanyag-tartalom felett. **Tehát az adagolás a hagyományos technológiát követi, nem alkalmazható mikroadagoló.** A **vizes pillangós** szilázsok a nehezen erjeszthető alapanyagok közé tartoznak, aminek az eredménye, hogy a kísérletben érzékenyebbek voltak a Clostridium-terhelésre, ezért nagyobb vajsavtartalommal erjedtek, ami emelkedett ammóniatartalommal, kisebb tejsav-koncentrációval és magasabb pH-val járt együtt (fehérjebomlás). A mért erjedési profil (1. táblázat) eredményeként a kezelt, de vizes és nehezen erjedő szilázsokban domináltak a tejsavbaktériumok, ami alacsony pH-t és magasabb tejsav mennyiséget eredményezett. A **könnyen-közepesen erjedő, de vizes** kontroll szilázsokban (<30% szárazanyag-tartalom) a Clostridium el tudott szaporodni, ami jelentős pH-emelkedést, vajsav- és ammóniatartalmat eredményezett. A kezelés hatására a Clostridium-szám szignifikánsan csökkent a kontrollhoz képest. A káros baktériumok és az élesztők gátlása egyben azt is jelenti, hogy kisebb volt a szárazanyag-vesztés az erjedés során.

1.TÁBLÁZAT A KÜLÖNBÖZŐ SZILÁZSOK/SZENÁZSOK TÁPLÁLÓANYAG-TARTALMA ÉS MIKROBIOLÓGIAI ÁLLAPOTA (n=3) 90 NAP UTÁN (KEZELÉS: NA-BENZOÁT, K-SZORBÁT, NA-NITRIT KEVERÉKE)

	Szá.	pH	NH ₃ -N	Propionsav	Tejsav	Ecetsav	Vajsav	2,3 butánbiol	Etanol	Tejsav- hasznosító élesztők	Clostridia spóra
	%	-	g/kg összN	g/kg szá.	g/kg szá.	g/kg szá.	g/kg szá.	g/kg szá.	g/kg szá.	log CFU g/kg szilázs	
Nehezen erjeszthető											
Kontroll	146	5,1	177,8	6,3	43,1	36,9	55,0	12,1	12,9	1,7	4,5
Kezelt	166	4,2	51,7	1,7	122,2	21,5	0,4	1,7	3,5	1,7	1,9
Könnyen vagy közepesen erjeszthető (30% szárazanyag-tartalom alatt)											
Kontroll	240	4,5	105,8	2,5	56,7	10,8	20,7	14,3	21,2	2,1	4,5
Kezelt	253	4,0	60,4	1,9	70,2	16,0	0,4	2,7	6,1	1,7	1,7
Könnyen vagy közepesen erjeszthető (35% szárazanyag-tartalom felett)											
Kontroll	423	4,8	58,2	1,7	26,4	7,9	0,4	1,7	8,9	3,8	1,7
Kezelt	425	4,8	24,0	1,7	26,5	6,7	0,4	1,6	5,1	1,7	1,7
P-érték (a kezelés hatása)											
		0,04	0,002	0,06	0,01	0,3	0,001	0,9	0,001	0,3	0,001
		SZIG	SZIG	SZIG	SZIG	NEM SZIG	SZIG	NEM SZIG	SZIG	NEM SZIG	SZIG

Jelen kísérlet azt mutatja, hogy jelentős a Clostridium-terheltség kockázata 30% szárazanyag-tartalom alatt. A Clostridiumok gátlására a 30% szárazanyag-tartalom

elérése még nem elegendő, a biztos eredmény eléréséhez, azaz a Clostridiumok teljes kiszorításához 40% feletti szárazanyag-tartalom szükséges (Jonsson és mtsai., 1990).

A kezeletlen, nagy szárazanyag-tartalmú, de közepesen-jól erjedő szenázsok esetében alacsony volt a *Clostridium*-szám. Ezen szenázsokban a vajsav mennyisége is csekély volt. Mivel jelentős volt a szárazanyag-tartalom a szenázsokban, ezért a tejsav mennyisége is alacsony volt, ami kevesebb összesavat és magasabb pH-t eredményezett. Ezen szenázsok jó higiéniai állapotot adtak az anaerob fázisban, a kockázat inkább a levegővel való érintkezés után volt nagy, mivel az aerob stabilitás általában gyengébb és a tejsav-felhasználó élesztők elszaporodásának nagy az esélye (Jonsson és Pahlow, 1984). Jelen kísérletben is nagyobb volt az élesztőszám a szenázsokban és gyorsabban-erősebben melegekedtek ezen anyagok. Az adalékanyag a kísérletben jelentős mértékben csökkentette az élesztőszámot az átlegegőztetés után és javította a szenázsok aerob stabilitását. Meg kell jegyezni, hogy a vajsavasan erjedt szilázsokban a melegeedés nem volt jelentős, mert a vajsavnak gombaölő hatása van (Weissbach és Haacker, 1988). A kísérlet során igazolást nyert, hogy az alkalmazott kezelés (Na-benzoát, K-szorbát, Na-nitrit keveréke) hatékonyan javította az erjedés minőségét és a szilázsok higiéniját mind a vizes szilázsokban, mind a száraz szenázsokban. Az eredmények annak ellenére kedvezőek voltak, hogy sokkal kisebb Na-nitrit koncentrációt alkalmaztak (hexamin nélkül), mint a korábbi kísérletekben (Lättemäe és Lingvall). A kísérlet során igazolást nyert, hogy az alkalmazott kezelés (Na-benzoát, K-szorbát, Na-nitrit keveréke) hatékonyan javította az erjedés minőségét és a szilázsok higiéniját, mind a vizes szilázsokban, mind a száraz szenázsokban. Az eredmények annak ellenére kedvezőek voltak, hogy sokkal kisebb Na-nitrit koncentrációt alkalmaztak (hexamin nélkül), mint a korábbi kísérletekben (Lättemäe és Lingvall, 1996; Lingvall és Lättemäe, 1999; Knicky és Lingvall, 2004). A Na-benzoát és a K-szorbát mennyisége elegendő volt a hexamin antibakteriális hatásának helyettesítésére, így a (formaldehiddé alakuló és ezért az EU-ban nem engedélyezett) hexamin elhagyhatóvá vált a keverékből.

Svéd kísérlet 2016-ból: a cukrok megőrzése vizes alapanyagban

Jelen kísérlet (Knicky és mtsai., 2016) célja az volt, hogy vizsgálják egy szelektív mikrobagátló silózási adalékanyagok hatását olyan füveshere szilázsban, amit *Clostridium tyrobutyricum* baktériummal fertőzték meg és átlegegőztettek. A silózási adalékanyag a kereskedelmi forgalomban is kapható termék volt, 20% nátrium-benzoátot, 10% kálium-szorbátot és 5% nátrium-nitritet tartalmazott (Safesil). A friss keveréket *Clostridium tyrobutyricum* baktériummal fertőzték meg (10^5 /g zöld anyag). A kezelés során a folyékony adalékanyagot 3 liter/tonna dózisban alkalmazták (Safesil: 20% nátrium-benzoát, 10% kálium-szorbát és 5% nátrium-nitrit keveréke). A keveréket 2015. június 15-

én kaszálták Svédországban, Uppsala mellett. A keverék vörösheréből (39%) és füvekből állt (61%). Az alapanyagot nem fonnyasztották (20% szárazanyag-tartalom!). A vizes alapanyag intenzíven erjedt, amit az alacsony kémhatás, a szerves savak jelentős koncentrációja és a 'cukorszerű anyagok' (WSC – vízdoldékony szénhidrátok) mennyiségének csökkenése jelzett. Az adalékanyag hatására a kontroll (mesterségesen fertőzött) és a kezelt (mesterségesen fertőzött) füveshere szilázsok erjedése között jelentős, szignifikáns különbség volt kimutatható: az adalékanyag csökkentette a kémhatást, az ecetsav, vajsav, az ammónia és az etanol mennyiségét, valamint növelte a tejsav és a 'cukrok' koncentrációját a kontrollhoz képest. A cukorszerű szénhidrátból lényegesen több maradt az adalékanyaggal kezelt szilázsban, mint a kontroll esetében. Sőt, míg a kontroll szilázsból gyakorlatilag eltűnt a 'cukor' az erjedés alatt (végtermék: 7 g/kg szá.), addig a kezelt szilázsban csak a felére csökkent (végtermék: 68 g/kg szá.). A *Clostridium* spórák száma szignifikánsan kisebb volt az adalékkal kezelt szilázsban, mint a kontroll szilázsban a 98. napon. A kontroll szilázsban nőtt, míg a kezelt szilázsban csökkent a spóraszám kiindulási zöld alapanyag értékéhez képest. Mivel az illósavak és az ammónia mennyisége kisebb volt a kezelt füveshere szilázsban, ezáltal a súlyvesztés is kisebbnek bizonyult. Összességében megállapítható, hogy a kísérletben alkalmazott adalékanyag tömör és átlegegőztetett alapanyagban egyaránt hatékony *Clostridium*-gátló hatású (a korábbi eredményekhez hasonlóan: Knicky és Spörndly, 2009, 2011), és ezáltal kedvezően befolyásolja az erjedés minőségét, valamint az erjedési veszteséget.

Német kísérlet: a földszennyeződés hatása vizes alapanyagban

A nátrium-nitritet korábban széles körben, egész Európában használták silózási adalékanyagként, mivel erősen gátolja a szaprofita *Clostridium*ok szaporodását. A nátrium-nitrit gyorsan nitrogén-oxidná és ammóniává alakul a fermentáció korai szakaszában, ezért olyan anyagokkal együtt alkalmazták, amik az erjedés későbbi fázisában is képesek voltak a *Clostridium*okat gátolni. A korai átalakulás miatt a nitrit nem okoz problémát a bendőben. A nátrium-nitritet hexametilén-tetraminnal (HMT), nátrium-benzoáttal és kálium-szorbáttal együtt, kombinálva alkalmazták az adalékanyagokban. A kísérlet során (Auerbach és mtsai., 2016) azt vizsgálták, hogy nátrium-nitrit mellett a HMT lecserélhető-e nátrium-benzoátra vagy kálium-szorbátra (az olyan nehezen erjedő anyagok esetében, mint a lucerna vagy a csomós ebír) anélkül, hogy a hosszabb tárolási idő alatt vagy kitárolás után elveszne a *Clostridium*-gátló hatás. Különösen, ha nagy nedvességtartalmú és földdel szennyezett az alapanyag. Az alapanyagok táplálóanyag-tartalma a 2. táblázatban látható.

Mindkét alapanyag vizes volt, jelentős fehérje-tartalommal. A hamutartalom mindkét esetben magasabb volt az ideálshoz képest (maximum 100 g/kg szá.),

míg a vízdékony szénhidrát-tartalom viszonylagosan korlátozott volt.

2. TÁBLÁZAT A FRISS ALAPANYAGOK PROFILJA (n=3)

	Szá.	Nyersfehérje	Nyersrost	Hamu	Vízdékony szénhidrát (WSC)	Pufferkapacitás (PK)	Ferm koeff.*
	g/kg	g/kg szá.	g/kg szá.	g/kg szá.	g/kg szá.	g tejsav/kg szá.	
Lucerna	231	244	251	182	42	102	26
Csomós ebír	200	187	274	132	40	99	23

*Fermentációs koefficiens: szá.+8*WSC/PK.

A kontroll szilázsok vajsavas (Clostridiumok által vezetett) erjedésen mentek keresztül (3. táblázat). A kimagasló vajsavtartalom mellett fontos jellemzőjük volt az alacsony tejsavtartalom és a kiugró ammóniatartalom (ok: vizes alapanyag, magas fehérjetartalommal), emelkedett biogén aminosav koncentrációval. A vajsav szoros összefüggést adott az ammóniatartalommal. A biogén aminosavak mennyisége pedig szoros összefüggésben állt a vajsavtartalommal és az ammónia mennyiségével mindkét növény silózásakor. Utóbbi abból következik, hogy a biogén aminosavak az aminosavak dekarboxileződéséből származnak (fehérjebomlás). Az adalékanyagok hatékonyan gátolták

a Clostridiumokat. Az adalékolt szilázsokban egy esetben sem haladta meg a 3 g/kg szá. mennyiséget a vajsav (ez a hivatalos határérték a német DLG minősítési rendszere szerint, 2006). Az ecetsav mennyiségét az adalékok nem befolyásolták a lucernában, míg a csomós ebírban nőtt a koncentrációja a kezeléseket követően. A kezelések hatására az etanoltartalom a lucernában csökkent. A csomós ebírban azonban a nátrium-nitrit + HMT (meglepő módon) növelte az etanol koncentrációját. A fehérjebomlási folyamatot az adalékanyagok hatékonyan gátolták: ezt jelzi a kisebb ammónia- és biogén aminosav tartalom.

3. TÁBLÁZAT A NÁTRIUM-NITRIT TARTALMÚ ADALÉKANYAGOK HATÁSA A LUCERNA ÉS A CSOMÓS EBÍR ERJEDÉSÉNEK MINŐSÉGÉRE, A SZÁRAZANYAG-VEZTESÉGRE ÉS A BIOGÉN AMINOK MENNYISÉGÉRE (n=3)

	Szá. veszteség	pH	NH ₃ -N	Tejsav	Ecetsav	Vajsav	Etanol	Aminosav
	%		összn%	g/kg szá.	g/kg szá.	g/kg szá.	g/kg szá.	g/kg szá.
LUCERNA (<i>Medicago sativa</i>)								
Kontroll	12,3a	6,23a	36a	1,6b	34,0a	93a	11a	6,4a
Na-nitrit +HMT	6,6b	4,88b	12,6b	74,1a	39,0a	2,0b	5,7b	2,4b
Na-nitrit + hangyasav+ benzoát	6,6b	4,84b	13,1b	74,6a	35,5a	0,6b	5,9b	2,4b
Na-nitrit + hangyasav+ szorbát	6,6b	4,85b	13,5b	71,8a	35,7a	0,2b	5,4b	2,4b
CSOMÓS EBÍR (<i>Dactylis glomerata</i>)								
Kontroll	11,1a	5,85a	23,0a	2,1b	18,1b	54,4a	10,2b	14,4a
Na-nitrit +HMT	7,5b	5,00b	11,9c	39,7a	33,2a	0,1b	12,6a	2,3b
Na-nitrit + hangyasav+ benzoát	7,5b	4,94b	14,2b	37,7a	36,6a	0,5b	11,1ab	2,0b
Na-nitrit + hangyasav+ szorbát	7,5b	4,90b	14,8b	38,9a	36,7a	0,0b	11,2ab	2,6b

A különböző betűjelek szignifikáns eltérést jeleznek p ≤ 0,05

A nátrium-nitrit tartalmú adalékanyagok hatékonyak voltak a Clostridiumok gátlásában, a fehérjebomlás mértékének és a szárazanyag-vesztés csökkentésében vizes, nagy fehérjetartalmú tömegtakarmányokban, hosszú távú tárolási idő alatt (másodlagos erjedés nélkül). Az adalékolt szilázsok kiváló minőségűek voltak. A hangyasav/benzoát és a hangyasav/szorbát keverék alkalmazása (a HMT-helyett) nem csökkentette az adalékanyagok hatásfokát.

Források

- M. Knicky, R. Spörndly (2009): Sodium benzoate, potassium sorbate and sodium nitrite as silage additives. J Sci Food Agric 2009; 89: 2659–2667
- M. Knicky, R. Spörndly (2010): The ensiling capability of a mixture of sodium benzoate, potassium sorbate, and sodium nitrite. J. Dairy Sci. 2010; 94: 824–831
- M. Knicky, R. Spörndly, F. Eide, B. Gertzell (2016): Different experimental designs in testing of silage additives. VII. Skandináv Takarmányozás-tudományi Konferencia, 2016; 21–25. p.
- Auerbach, H., Nadeau, E., Weiss, K., Theobald, P. (2016): Effects of Different Sodium Nitrite-Containing Additives on Dry Matter Losses, Fermentation Pattern and Biogenic Amine Formation in Lucerne and Cocksfoot Silage. XVII. Nemzetközi Tömegtakarmány-tartósítási Konferencia, 2016. szeptember 27–28., Magas-Tátra, Szlovákia