



ZATVARANJE HORIZONTALNOG SILOSA - POSTOJI LI ALTERNATIVA PLASTIČNOJ FOLIJI?

HORIZONTAL SILO CLOSURE - IS THERE AN ALTERNATIVE TO PLASTIC FILM?

Marina Vranić, K. Bošnjak, Ivana Čačić

Stručni članak – Professional paper
Primljeno – Received: 21. siječanj – January 2019

SAŽETAK

Cilj siliranja voluminozne krme je proizvodnja konzervirane krme za hranidbu domaćih životinja. Siliranje podrazumijeva fermentaciju ugljikohidrata, osobito onih topivih u vodi, u kiseline koje krmu konzerviraju i čuvaju u nepromijenjenom obliku do otvaranja silosa.

Zatvaranje silosa je zadnji korak u proizvodnji fermentirane krme. Utjecaj pravilnog i pravovremenog zatvaranja silosa na kvalitetu silirane biljne mase je izražen kod siliranja biljne mase u horizontalne silose gdje pokrov treba zaštititi veliku površinu, a time i veliku količinu krme od kvarenja. Kvarjenje krme koja se silira nastaje zbog zaostajanja veće količine kisika u biljnoj masi ili naknadnim prodorom kisika u biljnu masu koja se silira. Rezultati produljene aerobne faze ili naknadnog prozračivanja silosa su veći gubitci hranjivih tvari silirane krme, niža konzumacija silaže i niska proizvodnost životinja, mogući zdravstveni problemi životinja te negativan utjecaj na ekonomiku farme.

Pokrovi za horizontalne silose moraju zadovoljiti određene standarde kvalitete i moraju dobro prijanjati uz biljnu masu. U tu svrhu se najčešće koriste i neprekidno razvijaju nove generacije plastičnih folija. Ograničenja korištenja plastičnih folija za zatvaranje silosa su puno ljudskog rada, moguća oštećenja folija te velike količine plastike koje treba ekološki prihvatljivo zbrinuti. Alternativna rješenja plastičnim folijama za zatvaranje horizontalnih silosa još nisu dala zadovoljavajuće rezultate za širu primjenu u praksi jer njihovo korištenje rezultira nižom hranjivošću fermentirane krme i/ili im je previsoka cijena koštanja u usporedbi s korištenjem plastične folije.

Ključne riječi: silirana biljna masa, pokrov za silos, zatvaranje silosa

UVOD

Pravovremeno i dobro zatvaranje silosa nakon punjenja biljnom masom je preduvjet stvaranja anaerobnih uvjeta u kojima se odvija fermentacija ugljikohidrata u organske kiseline koje konzerviraju biljnu masu. Time se smanjuju gubitci hranjivih tvari tijekom fermentacije silaže (Wilkinson i

Davies, 2013.) i tijekom skladištenja fermentirane krme (Bolsen i sur., 1993.; Wilkinson i Davies, 2013.). Ako silos nije ispravno zatvoren, tijekom skladištenja fermentirane krme moguće je ispiranje organskih kiselina i drugih topivih komponenti krme prodorom oborina u silos što osim negativnog utjecaja na hranjivost krme, potencira onečišćenje površinskih i podzemnih voda (Bolsen i sur., 1993.).

Prof.dr.sc. Marina Vranić, izv. prof.dr.sc. K. Bošnjak, Ivana Čačić dipl.ing. Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet, Zavod za specijalnu proizvodnju bilja, pokušalište Centar za travnjaštvo, Svetošimunska cesta 25; 10000 Zagreb
Koresponding autor: izv.prof. Krešimir Bošnjak: kbosnjak@agr.hr

Razvijene su i u praksi se primjenjuju različite tehnologije siliranja voluminozne krme (siliranje u silo hrpe, bale ovijene plastičnom folijom, silo crijeva), ali za velike farme, siliranje krme u horizontalne silose jedna je od najatraktivnijih metoda radi mogućih velikih skladišnih kapaciteta, relativno niske cijene izgradnje i održavanja silosa te postignute dobre kvalitete silirane biljne mase (Rafiuddin i sur., 2017.).

Upravo je kod siliranja biljne mase u horizontalne silose izražen utjecaj pravilnog i pravovremenog zatvaranja silosa na kvalitetu silirane biljne mase budući da pokrov silosa treba zaštititi veliku površinu krme od kvarenja, posebno gornje i postrane slojeve (Borreani i sur., 2007.). U protivnom dolazi do visokih gubitaka hranjivih tvari (Bolsen i sur., 1993.; Bolsen, 1997.).

Bez obzira na primijenjenu tehnologiju konzerviranja krme siliranjem, proizvedena silaža je niže hranidbene vrijednosti od sirovine koja ulazi u silos. Razlog za navedeno su gubitci hranjivih tvari do

kojih neminovno dolazi čak i u slučaju brzog i ispravnog zatvaranja silosa nakon punjenja. Međutim, ti su gubitci znatno niži (18-25% gubitaka suhe tvari (ST)) od gubitaka hranjivih tvari do kojih dolazi zbog odgođenog ili nepravilnog zatvaranja horizontalnog silosa kao i kod siliranja krme bez zatvaranja silosa (više od 30% gubitaka ST).

Ukoliko su vanjski slojevi silirane krme prozračivani, dolazi do njihova kvarenja i povećanja koncentracije nepoželjnih mikroorganizama u silaži poput gljivica, plijesni, aerobnih i anaerobnih spora (Borreani i sur., 2008., Borreani i Tabacco, 2014.) i štetnih mikotoksina (Cheli i sur., 2013). Isto može smanjiti konzumaciju ST silirane krme (Gerlach i sur., 2013.) i proizvodnju mlijeka (Tabacco i sur., 2011.) te negativno utjecati na kvalitetu mlijeka mu-znih krava (Queiroz i sur., 2012.).

U tablici 1 je prikazan kemijski sastav, temperatura kukuruzne silaže i konzumacija kukuruzne silaže od ovaca nakon 0, 4 i 8 dana prozračivanja silaže.

Tablica 1 Kemijski sastav, temperatura i konzumacija kukuruzne silaže od strane koza nakon 0, 4 i 8 dana prozračivanja silaže (Gerlach i sur., 2013.)

Table 1 Chemical composition, temperature and corn silage intake by goats after 0, 4 and 8 days of silage aeration (Gerlach et al., 2013.)

Utvrđivani parametar	Duljina prozračivanja (dana) Length of aeration (days)		
	0	4	8
ST (g kg ⁻¹ svježeg uzorka) DM (g kg ⁻¹ fresh sample)	360	371	395
pH	3.9	4.2	5.8
Mliječna kiselina (% u ST) Lactic acid (% in DM)	5.8	4.9	0.8
Octena kiselina (% u ST) Acetic acid (% in DM)	1.3	0.9	0.3
Etanol (% u ST) Ethanol (% in DM)	0.6	0.4	0.01
Kvasnice (broj formiranih kolonija g ⁻¹) Yeasts (colony number g ⁻¹)	4.6	7.2	7.3
Plijesni (broj formiranih kolonija g ⁻¹) Molds (colony number g ⁻¹)	2.4	2.8	4.2
Aerobne mezofilne bakterije (broj formiranih kolonija g ⁻¹) Aerobic mesophil bacteria (colony number g ⁻¹)	4.7	5.7	6.7
Temperatura silaže (°C ispod površine silaže) Silage temperature (°C under the surface)	-0.6	8.4	28.7
Konzumacija svježe silaže po grlu* tijekom 3 sata (g) Fresh silage intake per head over 3 hour period (g)	646	626	280

ST, suha tvar; * - istraživanje je provedeno korištenjem koza
DM, dry matter; *- research was carried out by goats

S produljenjem izloženosti kukuruzne silaže prozračivanju (tablica 1) raste pH vrijednost silaže, smanjuje se sadržaj kiselina u silaži, raste broj kolonija nepoželjnih mikroorganizama, raste temperatura silaže, a koze konzumiraju manje svježih silaže u usporedbi s kraćom izloženošću kukuruzne silaže prozračivanju.

Dobra mikrobiološka kvaliteta silirane biljne mase u horizontalnom silosu može se postići većom gustoćom sabijanja krme tijekom punjenja silosa (Muck i Holmes, 2000., Johnson i sur., 2002.). Osim toga, dobro je prilagoditi veličinu silosa potrebama farme tako da dnevna količina izuzete silaže osigura što manje prozračivanje ostatka silaže do narednog izuzimanja (Borreani i Tabacco, 2012.). Kod silaže poželjne zbijenosti u trench silosu (750 kg/m³), nakon otvaranja silosa, kisik prodire do dubine oko 2 m u unutrašnjost fermentirane krme (Honig i sur., 1999.). Korištenje aditiva prilikom siliranja krme, a osobito inokulanata na bazi *Lactobacillus buchneri* potiče fermentaciju u silosu i povećava aerobnu stabilnost silaže (Mari i sur., 2009; Kristensen i sur., 2010; Tabacco i sur., 2011.).

Po završetku punjenja silosa, važno je što prije i što bolje zatvoriti silos (Borreani i sur., 2007.; Bernardes i sur., 2012.), postaviti opterećenja na foliju kako bi se održao čvrsti kontakt između plastične folije i silaže (McDonell i Kung, 2006.; Muck i Holmes, 2009.) te smanjio rizik od mehaničkog oštećenja plastičnog pokrova dodatnom zaštitom (npr. prekrivanje ceradom).

Cilj ovog rada je prikazati načine zatvaranja horizontalnih silosa nakon punjenja biljnom masom te ukazati na moguće gubitke hranjivih tvari tijekom fermentacije i skladištenja fermentirane krme.

Zašto zatvoriti silos?

Biljna masa za siliranje mora imati osigurane uvjete za fermentaciju ugljikohidrata u organske kiseline. Poželjan tijek fermentacije je usko povezan sa što bržim postizanjem anaerobnih uvjeta. Aerobni uvjeti potiču rast i razvoj mikroorganizama aerobnog kvarenja što dovodi do rasta temperature i pH vrijednosti silaže, većih gubitaka hranjivih tvari i površinskog kvarenja silirane biljne mase. Rezultat je niži sadržaj hranjivih tvari u siliranoj krmi, niža konzumacija silaže i proizvodnost životinja te mogući negativan utjecaj hranidbe na zdravlje životinja i ekonomiku farme (Pahlow i sur., 2003.).

U horizontalnom silosu kapaciteta 1000 tona (12 m širina, 32 m dužina i 3,7 m visina), više od 25% silaže je uskladišteno u gornjem sloju do dubine od 1 m (Savoie i Jofriet, 2003.). Kod siliranja krme u horizontalne silose, bez zatvaranja, gornji i postrani slojevi silažne mase se površinski kvare do dubine od 50 cm (Bolsen i sur., 2001.). U pokvarenom sloju silaže gubitci ST-a mogu iznositi 76% (Asbell i Kashanci, 1987.), a gubitci organske tvari (OT) 47% (Bolsen, 2006.). Kod nezatvorenog horizontalnog silosa kapaciteta 1000 t gubitci ST se prema navedenom odnose na površinu od 708 m² pokvarenu 50 cm što odgovara pokvarenoj količini krme od 12,5%, odnosno cca 250 t pokvarene silažne mase. Samo 5% pokvarene silaže u obroku (bazirano na ST) smanjuje konzumaciju i probavljivost cijelog obroka (Bolsen i sur., 2001.).

U tablici 2 je prikazana usporedba gubitaka organske tvari (OT) fermentirane krme kod siliranja biljke kukuruza u nezatvoren horizontalni silos i u horizontalni silos zatvoren plastičnom folijom (Bolsen, 1997.).

Gubitci OT-a silirane biljke kukuruza su značajno veći kod siliranja bez zatvaranja silosa u usporedbi sa zatvaranjem silosa plastičnom folijom (tablica 2).

Tablica 2. Usporedba gubitaka organske tvari kod siliranja biljke kukuruza u nezatvoren horizontalni silos i u horizontalni silos zatvoren plastičnom folijom (Bolsen, 1997.)

Table 2 Comparison of organic matter (OM) loss in corn silage ensiled in uncovered horizontal silos and in horizontal silos covered by plastic film (Bolsen, 1997)

Dubina uzorkovanja The sampling depth	Gubitak OT (%) OM loss (%)	
	Siliranje bez zatvaranja silosa Ensiled uncovered	Siliranje uz zatvaranje silosa plastičnom folijom Ensiled covered by plastic film
0-50 cm	47,0	20,3
50-100 cm	11,3	4,5

Očekivani gubitci ST-a kukuruzne silaže, silirane u pravovremeno i dobro zatvoreni silos, iznose 18-25%, a travne silaže/sjenaže oko 25%. U toplim klimatima su gubitci ST-a veći i mogu kod kukuruznih silaža, u površinskom sloju od 90 cm ispod plastične folije, prelaziti 30% (Borreani i sur., 2007.; Holmes i Bolsen, 2009.).

Preporučene tehnologije zatvaranja silosa, kao i razvoj novih tehnologija imaju cilj smanjiti gubitke hranjivih tvari u silosu.

Kada zatvoriti silos?

Brzina postizanja anaerobnih uvjeta u silosu je obrnuto proporcionalna gubitcima hranjivih tvari biljne mase koja se silira (Majlát i sur., 2016.). Stoga, silos treba zatvoriti odmah nakon punjenja tj. unutar 2 sata od punjenja.

Kako zatvoriti silos?

Silos treba biti zatvoren tako da su svi dijelovi biljne mase koja se silira zaštićeni od prodora kisika. To se u praksi postiže čvrstim kontaktom biljne mase i pokrivala za silos što mora zadovoljiti određene standarde kvalitete.

Ne smije dolaziti do naknadnog oštećenja pokrova i prozračivanja silaže jer jedino u anaerobnim uvjetima nastale organske kiseline održavaju niski pH i onemogućuju razvoj nepoželjnih mikroorganizama (Green et al., 2012.).

Posebnu pažnju treba posvetiti zaštiti od prodora kisika na „kritičnim“ mjestima kvarenja silirane biljne mase poput pregiba biljne mase, nagiba, spojeva s zidovima silosa i samih zidova silosa (Muck i Holmes, 2009.). Takav pristup rezultira manjim gubitcima hranjivih tvari, manjim brojem mikroorganizama kvarenja i većom proizvodnjom mlijeka po toni konzumirane silaže u usporedbi sa siliranjem bez oblaganja zidova silosa npr. plastičnom folijom (Lima i sur., 2017.). Osim toga, potpunim ovijanjem pokrivalom silažne mase nastaje više produkata fermentacije, pa je silaža aerobno stabilnija u usporedbi s pokrivanjem (zatvaranjem) samo površine silosa (Muck, 2013.).

Ako se za zatvaranje silosa koristi plastična folija, ona treba biti barem 1,2m dulja od postrane visine silirane biljne mase kako bi ovila rubne dijelove silažne biljne mase (Bolsen i sur., 2012.).

Pokrovi za silose, kod postavljanja na silažnu masu, trebaju imati što manje međusobnih preklapanja, a ako su neophodna, moraju biti minimalno 1,2-1,5 metara duga te dobro učvršćena (Lima i sur., 2017) radi potpunog istiskivanja zraka i sprječavanja ulaska oborina u siliranu biljnu masu na mjestima spajanja folija (Borreani i Tabacco, 2010.).

Čime zatvoriti silos?

Idealan pokrov za horizontalne silose bi trebao biti jednostavan za korištenje, jeftin, nepropustan za kisik, otporan na oštećenja (vjetar, tuču, mraz, smrzavanje, snijeg i UV zrake), po mogućnosti jestiv, izvor esencijalnih hranjiva za životinje i palatabilan, trebao bi dobro prijanjati uz biljnu masu koja se silira i ne bi smio zagađivati okoliš (Berger i sur., 2005.). Idealan pokrov za silažu bi navedena svojstva trebao zadržati što duže (najmanje 1 godinu).

Plastična folija

Od 50-ih godina prošlog stoljeća kada je uvedena (Anonymous, 1953.), pa do 2000. godine, propusnost plastične folije za kisik se smanjivala povećanjem debljine folije. **Debljina plastične folije** od 25 μm rezultirala je gubitkom hranjivih tvari od 24,4 g kg^{-1} ST, a od 200 μm rezultirala je gubitkom hranjivih tvari od 3,2 g kg^{-1} ST (Savoie, 1988.). Sredinom devedesetih godina prošlog stoljeća postale su dostupne višeslojne plastične folije, karakteristične po nižoj propusnosti za kisik, što se ranije postizalo korištenjem folija debljine 2.000 μm (Borreani i Tabacco, 2017.). S obzirom na duljinu skladištenja silaže, debljina plastične folije od 100 μm ekonomski je optimalna za skladištenje silaže tijekom 3 mjeseca, 150 μm tijekom 7 mjeseci, a 200 μm tijekom 12 mjeseci (Borreani i Tabacco, 2014.).

Propusnost plastične folije za kisik se povećava s povećanjem temperature folije. S obzirom da se tamne folije u usporedbi sa svjetlijim folijama brže i više zagrijavaju, one su i veće propusnosti za kisik (Snell i sur., 2003.), dovode do viših naknadnih aerobnih gubitaka koji potiču rast nepoželjnih mikroorganizama (kvasaca, plijesni i aerobnih bakterija (Bernardes i sur., 2009; Ogunade i sur., 2018.).

Učvršćivanje pokrova za silose

Pokrovi za zatvaranje silosa trebaju se podjednako opterećenjima, koja onemogućuju premještanje zraka ispod folije i prozračivanje silirane biljne mase zbog vjetrova, priljubiti uz siliranu biljnu masu. Za to se mogu koristiti stare gume, bočni dijelovi guma, tlo, pijesak, šljunak ili vreće napunjene tim materijalima kao i organski materijali (Bolsen, 2006.).

Dodatno, radi boljeg zatvaranja silosa, na plastičnu se foliju može učvrstiti cerada koja ju štiti od UV zračenja i fizičkih oštećenja.

Učvršćivanje crne plastične folije, korištene za zatvaranje horizontalnog silosa, tlom (100 kg/m²) smanjuje gubitke hranjiva siliranjem radi postizanja niže završne pH vrijednosti i manjeg broja kvasaca te većeg sadržaja OT silaže (Griswold i sur., 2010.). I manja količina tla raspoređena po plastičnoj foliji (30 kg/m²) ili šećerna trska (10 kg/m²) pozitivno utječu na kvalitetu silaže u usporedbi sa zatvaranjem silosa bez postavljanja dodatnih opterećenja na plastičnu foliju (Borreani i Tabacco, 2007.). Međutim, većina poljoprivrednika nerado pokriva horizontalne silose tlom jer to iziskuje dosta ljudskog rada, a tlo može kontaminirati silažu tijekom planiranja po foliji ili tijekom izuzimanja silaže iz silosa.

Na plastičnu foliju kojom se prekrije silos, mogu se rasporediti bale slame ili sjeckana silaža. Jedna od mogućnosti je korištenje mreža ili dvostrukih mreža.

Noviteti i alternative u zatvaranju horizontalnih silosa

Istraživanja pokrova za horizontalne silose su usmjerena na testiranje novih plastičnih folija kao i na alternativna rješenja korištenja plastičnih folija.

Nedavno su se u praksi, za zatvaranje silosa, počeli koristiti novi sustavi tankih plastičnih filmova (<50 μm). Oni su manje propusni za kisik od polietilenskih folija, ali su lomljivi i nisu otporni na UV zračenje, pa se preko njih mora postaviti deblje plastično pokrivalo (vrsta cerade) radi zaštite tanke plastične folije te uobičajena učvršćenja. Ovaj sustav zatvaranja silosa pokazao se boljim od korištenja 80 μm plastične folije zbog manjih gubitaka ST u gornjem dijelu silosa (De Angelis, 2012.).

Zamjena za polietilenske folije još nije predstavljena, ali se razvijaju i testiraju nove plastične folije debljine 125 μm (obuhvaća 2 vanjska sloja polietilena i središnji sloj poliamida) ili debljine 45 μm koja nije UV stabilna (Borreani i sur., 2007.).

Dobri su se na razini laboratorijskih silosa pokazali termoplastični polimeri koji u svom sastavu imaju etilen vinil alkohol te pokazuju nisku propusnost za kisik (Borreani i Tabacco, 2017.).

U tablici 3 je prikazan utjecaj kvalitete plastične folije na hranjivost kukuruzne silaže silirane u horizontalni silos (Wilkinson i Fenlon, 2014.).

Novije generacije plastičnih folija su manje propusne za kisik što rezultira statistički značajno manjim gubitkom ST-a siliranog usjeva (tablica 3) te statistički značajnim povećanjem aerobne stabilnosti silaže.

Tablica 3. Utjecaj kvalitete plastične folije na hranjivost kukuruzne silaže silirane u horizontalni silos (Wilkinson i Fenlon, 2014.)

Table 3 The effect of the plastic film quality on the nutritive value of corn silage into horizontal silo (Wilkinson and Fenlon, 2014)

Utvrđivani parametar Determined parameter	Plastična folija Plastic film		P
	Standardna Standard	Nova New	
Gubitak ST (% od siliranog usjeva) DM loss(% out of ensiled crop)	41	11,4	<0,001
Nejestiva ST (% od silirane ST) Inedible DM (% out of ensiled DM)	10,7	2,96	0,002
Aerobna stabilnost (sati) Aerobic stability (hours)	11	134,5	<0,001

ST, suha tvar; P, stupanj signifikantnosti
DM, dry matter; P, degree of significance

Ograničenja korištenja plastične folije za zatvaranje horizontalnih silosa su puno ljudskog rada, moguća oštećenja folije, nemogućnost korištenja plastične folije kroz nekoliko sezona siliranja kao i potreba ekološki prihvatljivog zbrinjavanja korištene plastične folije na gospodarstvu u skladu sa Zakonom o zaštiti okoliša (Narodne novine, 2013.).

Idealno rješenje za zatvaranje silosa bilo bi korištenje jestivih biofilmova (Larry i sur., 2005.). Korištenje biorazgradivih plastičnih filmova debljine 120 μm , kao nova tehnologija zatvaranja silosa, je i dalje u fazi razvoja. Istraživanja su usmjerena na povećanje stabilnosti biorazgradivih filmova u jedinici vremena i njihove otpornosti na vanjske utjecaje (Borreani i Tabacco, 2014.).

Za zatvaranje horizontalnih silosa provedena su istraživanja korištenjem melase, piljevine, kore ili postavljanje krova ali je utvrđen isti ili približno isti gubitak hranjivih tvari iz silirane krme kao kod ostavljanja silosa otvorenim.

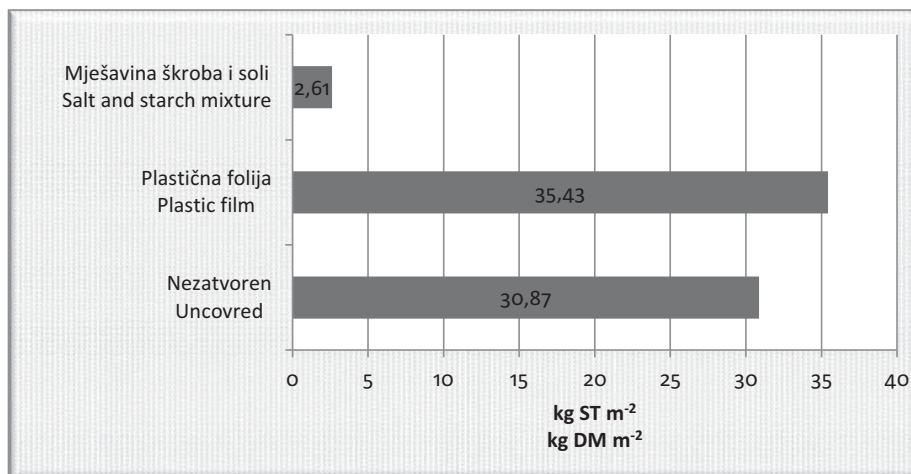
Razvijaju se i proizvodi za prskanje zbijene silažne mase po završetku punjenja silosa, bez korištenja plastične folije, čime bi se uz minimalan napor očuvala kvaliteta fermentirane krme. Nekoliko je proizvoda testirano, ali do danas ništa nije prezentirano kao efikasan komercijalno dostupan proizvod.

Nekoliko istraživanih načina zatvaranja silosa provedeno je korištenjem plastike, sloja komposta, sjetvom raži ili tritikalea na površini silosa što se pokazalo boljim od ostavljanja silosa otvorenim, ali lošije rješenje od korištenja polietilenskih folija (Muck i sur., 2003.).

U toplim klimatima je teško osigurati adekvatne uvjete siliranja jer su aerobni kvasci najaktivniji na temperaturama od 20–30° C (Amaral i sur., 2010.). U takvim uvjetima se efikasan pokazao natrijev benzoat raspršen po površini silosa u količini od 2 g kg^{-1} silažne biljne mase jer, kako je utvrđeno, povećava kvalitetu fermentacije u silosu, smanjuje aerobno kvarenje i gubitke hranjivih tvari kukuruzne silaže (Ashbell i sur., 2002.).

U ranijim istraživanjima prikazani su i alternativni sustavi zatvaranja horizontalnog silosa korištenjem vapna, tla, krova, melase, žitarica, sjetve trava, piljevine, sjeckane slame, komposta (Bolton i Holmes, 2004.), jabučne komine i maslaca kikirikija (Savoie i Jofriet, 2003.) koji su samo odgodili prodor kisika u silažnu biljnu masu u usporedbi s korištenjem plastične folije.

Jedno od superiornih rješenja korištenja plastične folije za zatvaranje horizontalnog silosa je mješavina škroba i soli učvršćena voskom (grafikon 1),



Grafikon 1. Utjecaj načina zatvaranja horizontalnog silosa na površinsku pokvarenost kukuruzne silaže (kg ST m^{-2}) (Berger i sur., 2005.)

Graph 1 The effect of the horizontal silo covering method on the maize silage surface spoilage (kg DM m^{-2}) (Berger et al., 2005.)

ali je visoka cijena koštanja ovakvoga pokriva ograničenje šireg korištenja u praksi (Berger i sur., 2005.). Mješavina škroba i soli je miješana u miješalici za beton uz dodatak vruće vode kako bi se dobila želatinozna tekućina koja je raspoređena po površini silosa u obliku filma debljine oko 2 cm. Nakon 3 dana je po površini premazan parafinski vosak korištenjem valjka za krečenje. Analize silaže su provedene 92 dana od zatvaranja silosa. Junice su konzumirale oko 91% pokriva silosa, a rezultati površinske pokvarenosti kukuruzne silaže su vidljivi u grafikonu 1.

Korištenjem jestivog biofilma (mješavine škroba i soli) utvrđena je najniža površinska pokvarenost kukuruzne silaže u usporedbi s korištenjem plastične folije ili ostavljanja silosa otvorenim (grafikon 1).

Ekonomske procjene korištenja plastične folije za zatvaranje silosa pokazuju da niži gubitci hranjivih tvari radi korištenja plastične folije za zatvaranje silosa rezultiraju povratom cca 8x za sredstva uložena u nabavku plastične folije i rad na pokrivanju horizontalnog silosa (Rotsz i sur., 1993.). Dobro zatvoren i zaštićen površinski sloj od 1m kod silosa kapaciteta 200 t (6 m širine i 20 m dužine i 2,5 m dubine) može spriječiti gubitak silaže u vrijednosti od 700 kn do 2800 kn ovisno o vrijednosti i kvaliteti ulazne sirovine (Rotsz i Muck, 1993.).

U razvojna istraživanja novih plastičnih folija uključene su smole od poliamida, polimeri od etilen-vinil alkohola koji smanjuju propusnost folije za kisik. Troškovi izrade novih folija za zatvaranje silosa su viši oko 50 do 60%, ali su uštede zbog smanjenih gubitaka ST-a i veće mikrobiološke kvalitete silaže veće od uložene (Bolsen i sur., 2012.; Borreani i Tabacco, 2014.; Wilkinson i Fenlon, 2014.).

Plastična folija za zatvaranje horizontalnih silosa (oko 1,3 kg t⁻¹ proizvedene silirane ST) se nakon korištenja (cca 1 godina) može upotrijebiti kao podloga kod narednog siliranja ili se mora zbrinuti recikliranjem, što zahtijeva čišćenje, slaganje i pripremu folije za odvoz, a često i dostavu korištene folije na mjesto recikliranja. Relativno niska cijena otkupa korištene plastične folije na mjestu zbrinjavanja/recikliranja (oko 50 lipa kg⁻¹ folije) nije poticajna za poljoprivredne proizvođače, ali je jedina moguća metoda ispravnog zbrinjavanja kako plastičnih folija korištenih za zatvaranje silosa tako i ambalaže drugih korištenih proizvoda od plastičnih masa u poljoprivredi.

ZAKLJUČAK

Ispravno i čvrsto zatvaranje horizontalnog silosa, nakon punjenja silažnom biljnom masom, zahtijeva punu pažnju i pravovremenost. To je ujedno zadnji tehnološki zahvat u proizvodnji silirane krme visoke kvalitete. Najčešće se za zatvaranje horizontalnih silosa koriste i neprekidno razvijaju nove generacije plastičnih folija. Brojna alternativna rješenja plastičnim folijama još nisu dala zadovoljavajuće rezultate za širu primjenu u praksi radi niže hranjivosti fermentirane krme i/ili radi previsoke cijene koštanja u usporedbi s korištenjem plastične folije.

LITERATURA

1. Amaral R. C., Queiroz B. C. Garcia E. H. C., Sá Neto A., Bernardes T. F. and Nussio L.G. (2010.): Aerobic deterioration in maize silages under different covering methods of the plastic film. In: Schnyder H., Isselstein J., Taube F., Auerswald K., Schellberg J., Wachendorf M., Herrmann A., Gierus M., Wrage N. and Hopkins A. (eds) Proceedings of XXIII General Meeting of the European Grassland Federation, Kiel, Germany, 83.
2. Anonymous (1953): Packaged silage: Will plastics replace silos? New Jersey Agric., 35: 4-5.
3. Asbell, G., Y. Kashanci (1987): Silo losses from wheat ensiled in bunker silos in a subtropical climate. Journal of the Science of Food and Agriculture, 40:95-98.
4. Ashbell, G., Z. G. Weinberg, Y. Hen, I. Filya (2002): The effects of temperature on the aerobic stability of wheat and corn silages. Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology, 28:261-263.
5. Berger, L. L., Pyatt, N., and J. Sewell (2005): Edible Coverings for Bunker Silos. Proceedings Southwest Nutrition Conference, 119-123.
6. Bernardes, T. F., L. G. Nussio, R. C. Amaral, and A.L.B. Schogor (2009): Sealing strategies to control the top losses of corn silage. In Proc. 15th Int. Silage Conf., Madison, Wisconsin, USA, 213-214.
7. Bernardes, T.F., Nussio, L.G.; R.C. Amaral (2012): Top spoilage losses in maize silage sealed with plastic films with different permeabilities to oxygen. Grass Forage Science, 67: 34-42.
8. Bolsen, K.K., Dickerson, J.T., Brent, B.E., Sonon, R.N., Dalke, B.S., Lin, C., J.E. Boyer Jr. (1993): Rate and extent of top spoilage losses in horizontal silos. Journal of Dairy Science, 76: 2940-2962.
9. Bolsen, K.K. (1997): Issues of top spoilage losses in horizontal silos Proc. North American Silage Conf. NRAES-99, Northeast Regional Agricultural Engineering Services, Ithaca, NY, 137-149.

10. Bolsen, K.K., Whitlock, L.A., Wistuba, T., R.V. Pope (2001.): Effect of level of surface spoilage on the nutritive value of wholecrop maize silage diets. V. Jambor, P.
11. Bolsen, K. K. (2006.): Silage management: common problems and their solution. Pages 83–93 in Tri-State Dairy Nutrition Conference, Wayne, IN.
12. Bolsen, K.K., Bolsen, R., Wigley, S., Ryan, S., K. Kuber (2012.): Economics of sealing maize silage in bunker silos and drive-over piles: An Excel spreadsheet K. Kuoppala, M. Rinne, A. Vanhatalo (Eds.), Proc. 16th Int. Silage Conf, MTT Agrifood Research Finland, Hämeenlinna, Finland, 286-287.
13. Bolton, K., and B. J. Holmes. (2004.): Management of bunker silos and piles. Online. Available: <http://www.uwex.edu/ces/crops/uxforage/mgmt-bunkers-piles-bjh2.PDF>.
14. Borreani, G.; Tabacco, E.; Cavallarini, L. (2007.): A new oxygen barrier film reduces aerobic deterioration in farm-scale corn silage. *Journal of Dairy Science*, 90: 4701-4706.
15. Borreani, G., E. Tabacco (2007.): *Il Silomais: Guida Pratica*. Quaderni della Regione Piemonte – Agricoltura. Torino, Italy.
16. Borreani, G., Bernades, T.F., E. Tabacco (2008.): Aerobic deterioration influences the fermentative, microbiological and nutritional quality of maize and sorghum silages on farm in high quality milk and cheese production chains *Revista Brasileira de Zootecnia*, 37 (Sup. Esp.), 68-77.
17. Borreani, G., E. Tabacco (2010.): The relationship of silage temperature with the microbiological status of the face of corn silage bunkers. *Journal of Dairy Science*, 93: 2620-2629. Borreani, G., E. Tabacco (2014.). Bio-based biodegradable film to replace the standard polyethylene cover for silage conservation. *Journal of Dairy Science*, 98:386–394.
18. Borreani, G. Tabacco, E. (2012.): Effect of silo management factors on aerobic stability and extent of spoilage in farm maize silages K. Kuoppala, M. Rinne, A. Vanhatalo (Eds.), Proc. 16th Int. Silage Conf, MTT Agrifood Research Finland, Hämeenlinna, Finland, 71-72.
19. Borreani, G., E. Tabacco (2014.): Improving corn silage quality in the top layer of farm bunker silos through the use of a next-generation barrier film with high impermeability to oxygen. *Journal of Dairy Science*, 97: 2415-2426.
20. Borreani, G., E. Tabacco (2017.): Charter 9: Plastics in animal production M. Orzolek (Ed.), *A Guide to the Manufacture, Performance, and Potential of Plastics in Agriculture*, Elsevier Ltd., Amsterdam, the Netherlands, 145-185.
21. Cheli, F., Campagnoli, A., Dell'Orto, V. (2013.): Fungal populations and mikotoxins in silages: From occurrence to analysis. *Animal Feed Science and Technology*, 183: 1-16.
22. D. De Angelis (2012.): High barrier resin for all silage applications *Agricultural Film: Int. Conf. Agric. Horticultural Film Industry, Applied Market Information Ltd., Madrid, Spain*, 4.21-4.45
23. Gerlach, K.; Roß, F.; Weiß, K.; Büscher, W.; K.-H. Südekum (2013.): Changes in maize silage fermentation products during aerobic deterioration and effects on dry matter intake by goats. *Agricultural Food Science*, 22:168-181.
24. Green, O., Bartzanas, T., Løkke, M.M., Bochtis, D.D., Sørensen, C.G., Jørgensen, O.J., V.G. Tortajada (2012.): Spatial and temporal variation of temperature and oxygen concentration inside silage stacks. *Biosystems Engineering*, 111: 155-165.
25. Griswold, K. E., McDonell, E. E., Kung, L., Jr., P. H. Craig (2010.): Effect of bunker silo sidewall plastic on fermentation, nutrient content and digestibility of corn silage. *Journal of Animal Science*, 88 (E-Suppl.2): 622.
26. Holmes, B.J., K.K. Bolsen (2009.): What's new in silage management? G.A. Broderick, A.C. Adesogan, L.W. Bocher, K.K. Bolsen, F.E. Contreras-Govea, J.H. Harrison, R.E. Muck (Eds.), Proc. 15th Int. Silage Conf, Madison, Wisconsin, 61-76.
27. Johnson, L.M., Harrison, J.H., Davidson, D., Mahanna, W.C., Shinnors, K., D. Linder (2002.): Corn silage management: Effects of maturity, inoculation, and mechanical processing on pack density and aerobic stability. *Journal of Dairy Science*, 85: 434-444.
28. Kristensen, N.B., Sloth, K.H., Højberg, O., Spliid, N.H., Jensen, C., R. Thøgersen (2010.): Effects of microbial inoculants on corn silage fermentation, microbial contents, aerobic stability, and milk production under field conditions. *Journal of Dairy Science*, 93: 3764-3774.
29. Larry L. Berger Ph.D, Nathan Pyatt Ph.D., Jason Sewell M.S. (2005.). *Edible Covers for Bunker Silos Proceedings Southwest Nutrition Conference*, 119-123.
30. Lima, L.M., Dos Santos, J.P., Casagrande, D.R., Ávila, C.L.S., Lara, M.S., T.F. Bernardes (2017.): Lining bunker walls with oxygen barrier film reduces nutrient losses in corn silages. *Journal of Dairy Science*, 100: 4565-4573.
31. Maját, M., Juráek, M., Biro, D., Šimko, M., Gálik, B., Rolinec, M., R. Herkel (2016.): The effect of aerobic exposure on nutritive value and fermentation parameters of maize silage. *Journal of Central European Agriculture*, 17(2): 335-345.

32. Mari, L. J., R. J. Schmidt, L. G. Nussio, C. M. Hallada, L. Kung Jr. (2009.): An evaluation of the effectiveness of *Lactobacillus buch-neri* 40788 to alter fermentation and improve the aerobic stability of corn silage in farm silos. *Journal of Dairy Science*, 92: 1174–1176.
33. McDonell, E. E., L. Kung Jr. (2006.): An update on covering bunker silos. University of Delaware, Newark. Accessed Aug. 30, 2013. http://ag.udel.edu/anfs/faculty/kung/documents/CoveringBunkerSilos_000.pdf
34. Muck, R.E., B.J. Holmes (2000.): Factors affecting bunker silo densities. *Journal of Dairy Science*, 16: 613-619.
35. Muck, R.E.; Moser, L.E.; R.E. Pitt (2003.): Postharvest plant factors affecting ensiling. In: BUXTON, D.R.; MUCK, R.E.; HARRISON, J.H. (Eds.). *Silage Science and Technology*. Madison: American Society of Agronomy, 251-304.
36. Muck, R.E., Holmes, B.J. (2009.): Influence of cover type on silage quality in bunker silos. G.A. Broderick, A.C. Adesogan, L.W. Bocher, K.K. Bolsen, F.E. Contreras-Govea, J.H. Harrison, R.E. Muck (Eds.), *Proc. 15th Int. Silage Conf, Madison, Wisconsin*, 277-278.
37. Narodne novine (2013.): Zakon o zaštiti okoliša. 80/2013, broj dokumenta u izdanju 1659.
38. Ogunade, I. M., Martinez-Tupia, C., Queiroz, O. C. M., Jiang, Y., Drouin, P., Wu, F., Vyas, D., A. T. Adesogan (2018.): Silage review: Mycotoxins in silage: Occurrence, effects, prevention, and mitigation. *Journal of Dairy Science*, 101: 4034–4059.
39. Pahlow, G., Muck, R. E., Driehuis, F., Oude Elferink, S. J. W. H., S. F. Spoelstra. (2003.): Microbiology of ensiling. In D. R. Buxton, R. E. Muck, and J. H. Harrison, eds. *Silage Science and Technology*. Vol. 42. Madison, WI, Am. Soc. Agron., Crop Sci. Soc. Am., and Soil Sci. Soc. Am., 31–93.
40. Queiroz, D. S.; Casagrande, D. R.; Moura, G. de S.; Silva, E. A. da; Viana, M. C. M.; Ruas, J. R. M. (2012.): Forage species for milk production in lowland soil. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 41 (2): 271-280.
41. Rafiuddin, M. Abdullah, K. Javed, M. A. Jabbar, M. Q. Shahid, P. S. Jan, M. Ramzan, M. A. Khan; M. Ahma (2017.): Comparison of silo types on chemical composition and physical quality of silage made from maize, sorghum and oats fodders. *Journal of Animal and Plant Sciences*, 27(3):771-775.
42. Rotz, C. A., R.E. Muck (1993.): Silo selection: balancing losses and costs. In: *Proceedings of Silage: Seed to Animal*. NRAES Publ. 67. Ithaca, NY. pp. 134–143.
43. Savoie, P. (1988.): Optimization of plastic covers for stack silos. *J. Agric. Eng. Res.*, 41, pp. 65-73.
44. Savoie, P., J. C. Jofriet (2003.): Silage storage. In D. R. Buxton, R. E. Muck, and J. H. Harrison, eds. *Silage Science and Technology*. Vol. 42. Madison, WI, Am. Soc. Agron., Crop Sci. Soc. Am., and Soil Sci. Soc. Am. pp. 405–465.
45. Snell, H.G.J., C. Oberndorfer, W. Lucke, H.F.A. Van den Weghe (2003.): Effects of polyethylene colour and thickness on grass silage quality. *Grass and Forage Science*, 58: 239-248.
46. Tabacco, E., Piano, S., Revello-Chion, A., G. Borreani (2011.): Effect of *Lactobacillus buchneri* LN4637 and *Lactobacillus buchneri* LN40177 on the aerobic stability, fermentation products, and microbial populations of corn silage under farm conditions. *Journal of Dairy Science*, 94: 5589-5598.
47. Wilkinson, J.M., D.R. Davies (2013.): The aerobic stability of silage: key findings and recent developments. *Grass and Forage Science*, 68: 1-19.
48. Wilkinson, J.M., J.S. Fenlon (2014.): A meta-analysis comparing standard polyethylene and oxygen barrier film in terms of losses during storage and aerobic stability of silage. *Grass and Forage Science*, 69: 385-392.

SUMMARY

The aim of forage ensiling is to produce ensiled forage for feeding domestic animals. Ensiling involves the fermentation of carbohydrates, most commonly water-soluble, into acids that preserve silage until the silo is open. The success in achieving anaerobic conditions in the silo is inversely proportional to the losses of nutrients in the silo. In ensiled forage oxygen results in loss of nutrients, lower silage intake and lower animal production, possible animal health problems, thus a negative impact on farm economics.

The silo closure is the last step in fermented fodder production. The effect of proper and timely silo closure on the quality of ensiled forage is particularly evident in horizontal ensiling where the silo cover should protect a large surface, thus a large amount of ensiled forage from being spoiled.

Silo cover must meet certain quality standards and must be adhere to the ensiled forage. For this purpose, mostly plastic films are used with new generations constantly developed. Limitations in the use of plastic film are human labour needed, possibilities of plastic damage, no or limited re-use and a need for a disposal of large amounts of plastic in an ecologically acceptable way. Alternative solutions to plastic films for horizontal silo closure have not yet produced satisfactory results for widespread use in practice because of lower silage nutritive value and / or higher costs compared to the use of plastic film.

Keywords: ensiled forage, silos cover types, silos closure