

## **UTJECAJ DODATKA SIRUTKE NA KEMIJSKI SASTAV FERMENTIRANE KRME POLUPRIRODNOG TRAVNJAKA**

**M. Papac, Marina Vranić, Monika Nekić, Nataša Pukec Pintić, Andreja Babić, I. Vranić, K. Bošnjak**

### **Sažetak**

Cilj istraživanja bio je utvrditi utjecaj dodatka sirutke u prahu biljnoj masi poluprirodnog travnjaka na kemijski sastav i pH vrijednost fermentirane krme. U istraživanju je analizirano pet razina dodatka sirutke u prahu biljnoj masi poluprirodnog travnjaka kod siliranja u laboratorijske silose: (i) 0 %; (ii) 3 %, (iii) 6 %, (iv) 12 % i (v) 24% dodane sirutke.

Laboratorijski silosi su otvoreni 47. dan od zatvaranja radi utvrđivanja pH vrijednosti i sadržaja suhe tvari (ST) fermentirane krme. NIR aparatom je procijenjen kemijski sastav fermentirane krme: sadržaj sirovih proteina (SP), sirovih masti (SM), sirovih vlakana (SV), pepela i nedušičnih ekstraktivnih tvari (NET).

S povećanjem dodatka sirutke u prahu biljnoj masi kod siliranja utvrđeno je linearno povećanje sadržaja ST ( $P < 0,001$ ) fermentirane krme. Utvrđen je statistički značajan kvadratni trend dodatka sirutke u prahu na sadržaj SP ( $P < 0,001$ ) i sadržaj SM ( $P < 0,001$ ). Dodatkom sirutke u prahu (od 3 % do 24 %) biljnoj masi prilikom siliranja utvrđeno je linearno opadanje sadržaja SV u fermentiranoj krmi ( $P < 0,001$ ). Sadržaj pepela se nije statistički značajno razlikovao između istraživanih tretmana ( $P > 0,05$ ). Dodatak sirutke u prahu je snizio pH vrijednost fermentirane krme ( $P < 0,05$ ).

Zaključeno je da preporučena količina sirutke u prahu koju bi trebalo dodati biljnoj masi poluprirodnog travnjaka sadržaja ST oko 30 % prilikom siliranja je različita za pojedine kemijske parametre. Za snižavanje pH vrijednosti dovoljno je dodati 3% sirutke u prahu, za povećanje sadržaja ST 6 % dok za smanjenje sadržaja vlakana 24 %.

**Ključne riječi:** poluprirodni travnjak, sirutka u prahu, fermentirana krma

### **Uvod**

Cilj siliranja voluminozne krme je proizvesti stabilnu fermentiranu krmu visokog sadržaja hranjivih tvari za hranidbu životinja (Yitbarek i Tamir, 2014.; Hashemzadeh - Cigari i sur., 2011.). Preduvjet dobre fermentacije u silosu je dovoljna količina supstrata za fermentaciju čime se potiče rast i razvoj poželjnih mikroorganizama. Biljna masa je često siromašna ugljikohidratima u vodi koji su glavni supstrat za fermentaciju, pa joj se radi povećanja kvalitete fermentacije u silosu te očuvanja hranidbene vrijednosti prilikom siliranja i skladištenja, dodaju aditivi (Ball i sur., 2002.).

---

Mateo Papac, Monika Nekić, student/ica Agronomskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, Svetošimunska 25, 10000 Zagreb, Hrvatska, Prof. dr. sc. Marina Vranić, dopisni autor: e-mail: mvranic@agr.hr, izv. prof. dr. sc. Krešimir Bošnjak, Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zavod za specijalnu proizvodnju bilja, Svetošimunska cesta 25, 10000 Zagreb, Hrvatska, Dr. sc. Nataša Pukec Pintić dr. vet. med., Andreja Babić mag. prim. kem, Ivica Vranić, struč. spec. ing. agr., Hrvatska agencija za poljoprivredu i hranu, Poljana Križevačka 185, 48260 Križevci, Hrvatska.

Jedan od aditiva koji se može koristiti prilikom siliranja biljne mase je sirutka u prahu. Sirutka je nusproizvod mljekarske industrije koji nastaje u tehnološkom procesu proizvodnje sira. Ovisno o načinu koagulacije kazeina, može biti kisela ili slatka (Jelačić i sur., 2008.). Sirutka pripada skupini nutritivnih aditiva, bogata je mliječnim šećerom laktozom (oko 70 % u ST) (Sienkiewicz i Riedel, 1990.) te sadrži bakterije mliječne kiseline (LAB), kao što su *Lactobacillus delbreueckii*, *L. halveticus* i *Streptomyces termophilus* (Macedo i sur., 2021.). Proizvodnjom mliječne kiseline, bakterije mliječne kiseline snižavaju pH vrijednost silažne mase, a time inhibiraju mikrobnu aktivnost nepoželjnih bakterija (Zhang i sur., 2000.; Kasier i sur., 2004.).

U ranijim istraživanjima je utvrđeno da dodatak sirutke biljnoj masi kod siliranja povećava količinu supstrata za fermentaciju i potiče aktivnost bakterija mliječno kiselnog vrenja (Schingoethe, 1976.; Ha i Zemel, 2003.) čime povećava kvalitetu fermentacije u silosu, smanjuje gubitke hranjiva tijekom fermentacije te ubrzava zakiseljavanje biljne mase (Schingoethe i Beardsley, 1975.; Schingoethe, 1976.). Fermentirana krma silirana uz dodatak sirutke ima nižu pH vrijednost (Vranić i sur., 2020.) i aerobno je stabilnija (Rodriguez i sur., 2005). Kod krme silirane uz dodatak 5 i 10 % osušene sirutke utvrđena je niža pH vrijednost (ispod pH 4,5) u usporedbi s kontrolnim tretmanom (pH iznad 5,0) (Rodriguez i sur., 2005.) te opadanje pH vrijednosti paralelno s razinom dodatka sirutke u prahu provenutoj biljnoj masi (sa pH 5,47 kod kontrolnog tretmana do pH 5,1 kod tretmana s dodanom najvećom razinom sirutke) (Vranić i sur., 2020.).

Krma silirana uz dodatak sirutke sadrži više albumina i lakto-globulina, aminokiselina bogatih sumporom (cistein i metionin) i minerala (Ha i Zemel, 2003.). Osim toga, dodatkom sirutke biljnoj masi za siliranje, smanjuje se sadržaj amonijskog dušika, povećava palatabilnost fermentirane krme i proizvodnost životinja (Schingoethe, 1976.). Veća kvaliteta fermentacije sjenaže lucerne, niži sadržaj kiselih detergent vlakana (KDV), staničnih stijenki i celuloze u fermentiranoj krmu utvrđen je kod dodatka 10 % sirutke u prahu biljnoj masi prilikom siliranja u usporedbi s dodatkom 0 % i 1 % (Dash i sur., 1974. a).

Veća hranjivost fermentirane krme silirane uz dodatak sirutke u prahu se odražava na proizvodnost životinja kroz veći dnevni prirast goveda bez utjecaja na pH vrijednost buraga i sadržaj hlapivih masnih kiselina u buragu (Dash i sur., 1974.b). Samo 2 % dodatka sirutke u prahu biljnoj masi prilikom siliranja je povećao probavljivost ST obroka za skoro 6 %, probavljivost SP za oko 5 %, a KDV za oko 7 % (Dash i sur., 1974.b). Dodatak 5 % i 10 % sirutke u prahu sjenaži lucerne je povećao konzumaciju suhe tvari (ST) i organske tvari (OT) obroka, ali smanjio probavljivost obroka u hranidbi kastriranih ovnova (Vranić i sur., 2015.). Suprotno, u nekim istraživanjima je navedeno da dodatak sirutke (do 30 % od konzumirane ST) u travnu ili kukuruznu silažu u suhom, koncentriranom ili tekućem obliku povećava probavljivost obroka (Schingoethe, 1976). Dodatak sirutke u prahu voluminoznoj krmu je smanjio sadržaj ST mlijeka 7. i 14. dan nakon teljenja, ali nije utjecao na kemijski sastav kolostruma i mlijeka krava Charolais pasmine (Vranić i sur., 2019.). Količine preko 30 % od konzumirane ST mogu dovesti do probavnih smetnji (diaree) radi laksativnog učinka laktoze na probavu (Schingoethe, 1976.).

Hipoteza istraživanja je bila da će dodatak sirutke u prahu biljnoj masi prilikom siliranja povećati hranidbenu vrijednost fermentirane krme i sniziti pH vrijednost fermentirane krme. Cilj istraživanja bio je utvrditi utjecaj dodatka sirutke u prahu biljnoj masi poluprirodnog travnjaka na kemijski sastav i pH vrijednost i fermentirane krme.

### ***Materijali i metode***

Istraživanje je provedeno u jesen 2018. godine korištenjem pokusnih površina poluprirodnog travnjaka zajednice *Arrhenatheretum medioeuropaeum ruderale* na pokušalištu Centar za travnjaštvo Agronomskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Pokušalište se nalazi u sklopu Parka prirode Medvednica, a pokusne površine su na 638 metara nadmorske visine.

#### *Košnja pokusne površine i formiranje laboratorijskih silosa*

Pokusna površina je pokošena 16. listopada 2018. godine ručnom grebenastom kosilicom na visinu 5 cm od razine tla. Iz pokošene biljne mase je izdvojeno po 30 kg reprezentativne biljne mase koja je korištena za provedbu istraživanja.

Biljna mase je silirana neposredno nakon košnje, bez provenjavanja i sjeckanja, u laboratorijske silose. Laboratorijski silosi su formirani na način da je po 200 g svježe biljne mase odvuđnuto u PVC vrećice za vakumiranje potpuno istih dimenzija (25 cm x 30 cm). Na biljnu masu u PVC vrećicama je dodana odvuđnuta sirutka, sadržaj vrećice je ručno dobro promiješan, a vrećice nakon toga zatvorene vakumiranjem pomoću aparata marke Status, model sv750.

#### *Tretmani istraživanja*

U istraživanju je korišteno pet tretmana dodatka sirutke u prahu. Biljna masa silirana bez dodatka sirutke u prahu je označena kao tretman 1 (TR1) (kontrola). U tretman 2 (TR 2) je dodano 6 g sirutke u prahu, tretman 3 (TR 3) 12 g, tretman 4 (TR 4) 24 g i u tretman 5 (TR 5) 48 g sirutke u prahu na 200 g svježe biljne mase. Formirano je po pet laboratorijskih silosa (5 ponavljanja) po tretmanu, odnosno, ukupno 25 laboratorijskih silosa za potrebe ovog istraživanja. Laboratorijski silosi ostavljeni su fermentirati 47 dana u zatvorenom prostoru nakon čega su otvoreni radi provedbe analiza.

#### *Sirutka u prahu*

Sirutka u prahu koja je korištena u istraživanju je nabavljena od tvrtke Dukat d.d., M. Čavića 9, 10000 Zagreb.

U tablici 1. je prikazan kemijski sastav korištene sirutke u prahu.

Tablica 1. Kemijski sastav sirutke u prahu korištene u istraživanju (prema deklaraciji proizvođača)  
Table 1 Chemical composition of dried whey used in the study (according to the manufacturer's declaration)

Parametar/Parameter	Prosječna vrijednost/ The average value	Jedinica mjere/Unit
Suha tvar/Dry matter	950	g kg <sup>-1</sup> svježeg uzorka/fresh sample
Energetska vrijednost/ Energetic value	1446,5 340,5	kJ Kcal
Bjelančevine/Proteins	9	g kg <sup>-1</sup> ST
Ugljikohidrati/Carbohydrates	75	g kg <sup>-1</sup> ST
Masti/Fat	0,75	g kg <sup>-1</sup> ST
Laktoza/Lactose	750	g kg <sup>-1</sup> ST

### *Kemijske analize*

Nakon otvaranja laboratorijskih silosa utvrđena je pH vrijednost fermentirane biljne mase pomoću pH metra tvrtke Mettler Toledo model S220.

Sadržaj ST utvrđen je sušenjem uzoraka u sušioniku s ventilatorom (ELE International) na temperaturi od 60 °C tijekom 48 sati (AOAC, 1990) do konstantne mase uzorka. Osušeni uzorci su samljeveni u mlinu čekićaru tvrtke Christy Noris model 11, kroz sito otvora 1 mm.

Kemijski sastav fermentirane krme poluprirodnog travnjaka je procijenjen NIR spektroskopijom prema normi HR-ISO No. 17025 u akreditiranom laboratoriju Centra za kontrolu kvalitete stočarskih proizvoda Hrvatske agencije za poljoprivredu i hranu u Križevcima. Prije skeniranja, uzorci su dosušeni tri sata u sušioniku na temperaturi 105 °C nakon čega su hlađeni u eksikatoru na temperaturu tijela. Uzorci su u kivetama skenirani na NIR aparatu, model DA 7200, Perten.

Obzirom na prethodno utvrđen sadržaj ST, procijenjeni su sljedeći kemijski parametri: sirovi proteini (SP), sirova vlakna (SV), sirove masti (SM), sirova vlakna (SV), pepeo, organska tvar (OT), a sadržaj nedušićnih ekstraktivnih tvari (NET) je izračunat korištenjem formule:  $NET = 100 - (\% \text{ pepela} + \% \text{ sirovih proteina} + \% \text{ sirovih masti} + \% \text{ sirovih vlakana})$  (Grbeša, 2004.).

### *Statističke analize*

Rezultati istraživanja su obrađeni korištenjem statističkog programa SAS (SAS Institut, 1999) pomoću MIXED procedure, a kao izvor varijabiliteta koristilo se pet razina dodatka sirutke biljnoj masi poluprirodnog travnjaka prije siliranja u laboratorijske silose.

### ***Rezultati istraživanja i rasprava rezultata***

Kemijski sastav sirutke u prahu varira ovisno o vrsti sira čiji je nus proizvod, metodi konzerviranja, te porijeklu mlijeka. Sirutka je izvor energije prvenstveno radi visokog sadržaja laktoze u ST. U ovom istraživanju je sadržaj laktoze, prema deklaraciji proizvođača (75 % u ST) (tablica 1.) bio nešto viši od uobičajenog raspona laktoze u sirutki koji se kreće od 70 – 73 % u ST (Blaschek i sur., 2007.). Sirutka u prahu je sadržavala 9 g SP kg<sup>-1</sup> ST što je usporedivo s nekim žitaricama poput ječma, zobi i pšenice (Grbeša, 2004.).

Hranidbena vrijednost krme uključuje palatabilnost, konzumaciju, probavljivost krme (Cleale i Bull, 1986.) te sadržaj hranjivih tvari po jedinici ST (Chamberlain i Wilkinson, 1996.). Sadržaj hranjivih tvari u krmivu je pokazatelj potencijalne opskrbe životinja hranjivim tvarima (Vranić i sur., 2005.).

Tablica 2. prikazuje utjecaj dodatka sirutke u prahu biljnoj masi poluprirodnog travnjaka na kemijski sastav fermentirane krme.

Tablica 2. Utjecaj dodatka sirutke u prahu biljnoj masi prilikom siliranja na kemijski sastav fermentirane krme (g kg<sup>-1</sup> ST ako nije drugačije navedeno)Table 2 The effect of dried whey supplementation on fermented forage chemical composition (g kg<sup>-1</sup> DM if not otherwise stated)

Tretmani	Kemijski parametri / Chemical parameters					
	ST DM	SV CF	SM Crude Fat	NET (%)	PEPEO ASH	pH
TR1	298,57 <sup>a</sup>	191,16 <sup>a</sup>	22,6 <sup>a</sup>	49,8 <sup>a</sup>	118 <sup>ab</sup>	5,1 <sup>a</sup>
TR2	326,71 <sup>a</sup>	183,1 <sup>a</sup>	20,9 <sup>ab</sup>	52,2 <sup>b</sup>	116 <sup>a</sup>	4,4 <sup>b</sup>
TR3	390,77 <sup>b</sup>	188,1 <sup>c</sup>	19,7 <sup>b</sup>	54,9 <sup>c</sup>	120 <sup>ab</sup>	4,2 <sup>b</sup>
TR4	452,77 <sup>c</sup>	169,62 <sup>c</sup>	13,7 <sup>c</sup>	57,7 <sup>d</sup>	110 <sup>a</sup>	4,3 <sup>b</sup>
TR5	635,89 <sup>d</sup>	157,78 <sup>c</sup>	15,4 <sup>c</sup>	58,4 <sup>e</sup>	131 <sup>b</sup>	4,4 <sup>b</sup>
Lin	***	***	***	***	NS	NS
Q	NS	NS	***	NS	NS	*
SEM	15,43	6,22	0,74	0,51	4,76	0,18

TR1-TR5, istraživani tretmani dodatka sirutke na 200 g silirane biljne mase; TR1, dodatak 0 g osušene sirutke; TR2, dodatak 6 g osušene sirutke; TR3, dodatak 12 g osušene sirutke; TR4, dodatak 24 g osušene sirutke; TR5, dodatak 48 g osušene sirutke; ST, suha tvar; SV, sirova vlakna; SM, sirove masti; NET, nedušične ekstraktivne tvari; SEM, standardna greška srednje vrijednosti; Lin, linearni utjecaj dodatka sirutke biljnoj masi prilikom siliranja; Q, kvadratni trend dodatka sirutke u prahu biljnoj masi prilikom siliranja. Vrijednosti u istom stupcu označene različitim slovima se statistički značajno razlikuju (\*, P<0,05; \*\*\*, P<0,001).

TR1-TR5, investigated treatments of whey supplementation per 200 g of ensiled forage; TR1, addition 0 g of dried whey; TR2, addition 6 g of dried whey; TR3, addition 12 g of dried whey; TR4, addition 24 g of dried whey; TR5, addition 48 g of dried whey; DM, dry matter; CF, crude fiber; CF, crude fat; NET, non-nitrogen extractives; SEM, standard error of the mean; Lin, the linear effect of the addition of whey at ensiling; Q, the square trend of the addition of whey at ensiling. Values in the same column marked with different letters differ statistically significantly (\*, P<0.05; \*\*\*, P<0.001).

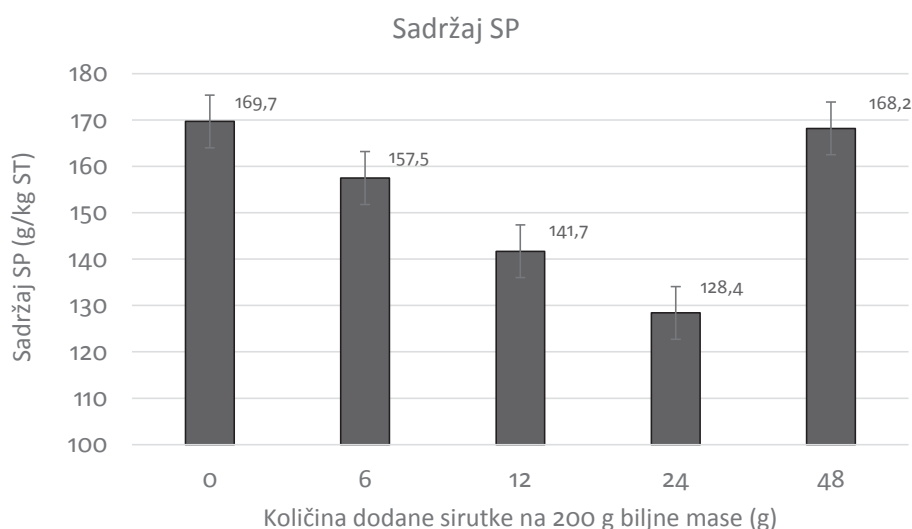
Sadržaj ST krme ukazuje na potencijalnu konzumaciju krme kao najvažniju varijablu o kojoj ovisi proizvodnost životinja. Konzumacija krme je u pozitivnoj korelaciji s količinom hranjiva koju životinja dobije hranom i s probavljivošću hrane (Illius, 1998.; Cushnahan i Gordon, 1995.).

O sadržaju ST krme ovisi intenzitet fermentacije u silosu. Fermentirana krma većeg sadržaja ST sadrži manje kiseline pa je aerobno nestabilnija (Kung i sur., 2018.).

Fermentirana voluminozna krma najčešće sadrži 25-60 % ST u koje vrijednosti se uklapaju tretmani T1-T4 (tablica 2.). Prema O'Kielyu i Mucku (1998.) tretmani TR2 i TR3 se uklapaju u optimalne vrijednosti sadržaja ST fermentirane biljne mase (od 300 do 400 g kg<sup>-1</sup> svježeg uzorka) dok je kod tretmana TR1 utvrđen niži, a kod tretmana TR4 i TR 5 viši sadržaj ST od optimalnog (tablica 2.). Sirutka u prahu ima visoki sadržaj ST (tablica 1.) da bi se mogla uskladištiti bez kvarenja, pa je s povećanjem dodatka sirutke u prahu biljnoj masi prilikom siliranja utvrđeno linearno povećanje sadržaja ST (P<0,001) fermentirane krme što je u suglasju s ranijim istraživanjima (Vranić i sur., 2020.).

Krma koja ima visoki sadržaj SP je veće hranidbene vrijednosti i sadržaja energije u usporedbi s krmom niskog sadržaja SP (Knežević i sur., 2009.; Vranić i sur., 2009., Ramirez-Ordones i sur., 2013.). Tretmani TR3 i TR4 su sadržavali manje SP, a ostali tretmani istraživanja se prema sadržaju SP uklapaju u idealnu fermentiranu travnu masu koja bi trebala sadržavati

od 150 – 175 g SP kg<sup>-1</sup> ST (Chamberlain i Wilkinson, 1996) (grafikon 1). Utvrđen je statistički značajan kvadratni trend utjecaja dodatka sirutke u prahu na sadržaj SP ( $P < 0,001$ ) prema kojemu je fermentirana krma imala veći sadržaj SP kod tretmana nižih i viših dodataka sirutke u prahu biljnoj masi prilikom siliranja (grafikon 1). U ranijem istraživanju su provenutoj biljnoj masi prvog otkosa prilikom siliranja dodavane veće količine sirutke u prahu čime se linearno povećavao sadržaj SP fermentirane krme (Vranić i sur., 2020.).



Grafikon 1. Utjecaj dodatka sirutke na sadržaj sirovih proteina fermentirane krme (traka pogreške predstavlja SEM = 5,7 g kg<sup>-1</sup> ST)

Graph 1 The effect of whey supplementation on crude protein content in fermented forage (error bar is SEM = 5.7 g kg<sup>-1</sup> DM)

U fermentiranoj travnoj masi, vlakna su općenito kao strukturni ugljikohidrati, glavni izvor energije (Phipps i sur., 2000.). Međutim, u ovom istraživanju je fermentirana biljna masa imala niži sadržaj vlakana jer se radilo o četvrtom otkosu u jesen, pa je glavni izvor energije predstavljao NET koji se uglavnom sastoji od šećera. S povećanjem udjela sirutke u prahu 0 % vs. 3 % vs. 6 % vs. 12 % vs. 24 % kod siliranja, utvrđeno je linearno povećanje sadržaja NET u fermentiranoj krmi (0,001). Dodatak sirutke od samo 3 % je bio dovoljan za snižavanje pH vrijednosti fermentirane krme ( $P < 0,05$ ) dok dodatak većih količina sirutke s aspekta pH vrijednosti nije bio opravdan i rezultirao je povećanjem NET-a u fermentiranoj krmi. Visoki sadržaj NET u ovom istraživanju može biti rezultat uobičajeno većeg sadržaja šećera u biljnoj masi kasnijih otkosa u odnosu na prvi otkos u proljeće (Grbeša, 2004.). Sa odgađanjem roka košnje biljne mase od optimalnog (kod trava tzv „boot“ faza, kod lucerne 20-30 % usjeva u punoj cvatnji), u biljnoj masi se akumuliraju vlakna, osobito lignin. Takva biljna masa je niže hranidbene vrijednosti, sadrži manje SP i energije. Dodatkom sirutke u prahu (od 3 % do 24 %) biljnoj masi prilikom siliranja utvrđeno je linearno opadanje sadržaja SV u fermentiranoj krmi ( $P < 0,001$ ), a time potencijalno povećanje konzumacije hranjivih tvari iz silirane krme. Životinje konzumiraju manje količine hranjivih tvari iz krme koja sadrži više vlakana, pa se dulje zadržava u probavnom traktu preživača (2-3 dana) u usporedbi s krmom nižeg sadržaja vlakana (Phipps i sur., 2000.).



Utvrđeni rezultati su u suglasju s ranijim istraživanjima u kojima je dodatak sirutke u prahu biljnoj masi prilikom siliranja u količini od 10 % rezultirao smanjenjem sadržaja vlakana u fermentiranoj krmi, u usporedbi s dodatkom 0 % i 1% (Dash i sur., 1974.a; 1974.b).

Udio sirovih masti (SM) je linearno opadao s povećanjem dodatka sirutke u prahu voluminoznoj krmi prilikom siliranja ( $P < 0,001$ ). Utvrđen je statistički značajan kvadratni trend za sadržaj SM ( $P < 0,001$ ) prema kojem je kod dodatka 24 % sirutke u prahu utvrđen trend povećanja sadržaja SM u fermentiranoj krmi u usporedbi s dodatkom 12 % sirutke.

Sadržaj pepela u voluminoznoj krmi je važan pokazatelj energetske vrijednosti krme jer se oduzimanjem pepela (mineralne komponente) od ST dobije organska tvar u kojoj sve kemijske sastavnice imaju energetska vrijednost. Poželjno je da sav pepeo u voluminoznoj krmi bude internog porijekla (iz biljke). Veći sadržaj pepela u voluminoznoj krmi može biti pokazatelj onečišćenja krmiva česticama tla, što smanjuje energetska vrijednost ST krme u hranidbi životinja. Sadržaj pepela se nije statistički značajno razlikovao između istraživanih tretmana ( $P > 0,05$ ). Sirutka je bogata mineralima, ali utjecaj dodatka sirutke na sadržaj minerala značajno ovisi o dodanoj količini (Ha i Zemel, 2003.). Utvrđeno je linearno smanjenje sadržaja organske tvari (OT) u fermentiranoj krmi kojoj su dodavane veće količine sirutke u prahu prilikom siliranja (0-173 % dodane sirutke) (Vranić i sur., 2020 ) u usporedbi s ovim istraživanjem (0-24 % dodane sirutke).

Osnovni kemijski parametar koji ukazuje na kvalitetu fermentacije u silosu je kiselost biljne mase. Vrijednost pH silirane biljne mase ovisi o pogodnosti usjeva za siliranje (puferni kapacitet, šećerni minimum), ali i o sadržaju ST biljne mase. Vrijednost pH travne silaže izvrsne kvalitete može varirati od 3.8 kod sadržaja ST od 15 % do 5-5.5 kod sadržaja suhe tvari 30-40 % (Kung i sur., 2018.). Prema Chamberlainu i Wilkinsonu (1996.) idealna travna silaža ima pH vrijednost u rasponu od 4,0 do 4,5 u koje vrijednosti se uklapaju svi istraživani tretmani s dodatkom sirutke koji su imali i niže pH vrijednosti od kontrolnog tretmana ( $P < 0,05$ ). Na snižavanje pH vrijednosti nije utjecala količina dodane sirutke što je u suglasju s ranijim istraživanjima u kojima je kod krme silirane uz dodatak 5 i 10 % osušene sirutke utvrđena ista pH vrijednost (ispod pH 4,5) u usporedbi s kontrolnim tretmanom (pH iznad 5,0) (Rodriguez i sur., 2005.). Iako je s dodatkom sirutke u prahu biljnoj masi prilikom siliranja došlo do povećanja sadržaja ST fermentirane krme, po završetku fermentacije je pH vrijednost bila niža jer sirutka osigurava supstrat za fermentaciju i potiče aktivnost bakterija mliječno kiselinskog vrenja (Schingoethe, 1976.; Ha i Zemel, 2003.). U prethodnom istraživanju je biljna masa poluprirodnog travnjaka prije siliranja uz dodatak sirutke provenuta na oko 40 % ST, pa je bila potrebna veća količina sirutke u prahu (86 %) za snižavanje pH vrijednosti fermentirane krme dok dodatak nižih razina sirutke (9 % i 43 %) nije utjecao na pH vrijednost (Vranić i sur. 2020.).

### **Zaključak**

Ovim istraživanjem zaključeno je da dodatak sirutke u prahu biljnoj masi poluprirodnog travnjaka prilikom siliranja ima pozitivan utjecaj na pH vrijednost i kemijski sastav fermentirane krme. Preporučena količina sirutke u prahu koju bi trebalo dodati biljnoj masi poluprirodnog travnjaka sadržaja ST oko 30.% prilikom siliranja je različita za pojedine kemijske parametre. Za snižavanje pH vrijednosti dovoljno je dodati 3 % sirutke u prahu, za povećanje sadržaja ST 6 %, za smanjenje sadržaja vlakana 24 %.

## LITERATURA

1. AOAC (1990.): Official methods of the association of analytical, Vol. 2, 15<sup>th</sup> Edition. AOAC, Arlington, Virginia, USA.
2. Ball, D. M., Hoveland, C. S., Lacefield, G. D. (2002.): Southern Forages. Third edition. Published by the Potash & Phosphate Institute (PPI), Georgia, USA.
3. Blaschek, K. M., Wendorff, W. L., Rankin, S. A. (2007.): Survey of Salty and Sweet Whey Composition from Various Cheese Plants in Wisconsin. *Journal of Dairy Science*, 90(4): 2029–2034.
4. Chamberlain, A. T., Wilkinson, J. M. (1996.): Feeding the Dairy Cow. Chalcombe Publication, Painshall, Ln2 3LT. UK.
5. Cleale, R. M., Bull, L. S. (1986.): Effect of Forage Maturity on Ration Digestibility and Production by Dairy-Cows. *Journal of Dairy Science*, 69: 1587-1594.
6. Cushnahan, A., Gordon, F. J. (1995.): The effects of grass preservation on intake, apparent digestibility and rumen degradation characteristics. *Animal Science* 60: 429-438.
7. Dash, S. K., Voelker, H. H., Muller, L. D., Schingoethe D. J. (1974.a): Dried Whey as an Additive for Reconstituted Alfalfa Hay Silage. *Journal of Dairy Science*, 57: 314-318.
8. Dash, S. K., Voelker, H. H., Schingoethe, D. J., Muller, L. D. (1974.b): Evaluation of Whey-Treated Alfalfa Haylage. *Journal of Dairy Science* 57: 434-438.
9. Grbeša, D. (2004.): Metode procjene i tablice kemijskog sastava i hranjive vrijednosti krepkih krmiva, Zagreb: Hrvatsko agronomsko društvo, (monografija).
10. Ha E., Zemel, M. B. (2003.): Functional properties of whey, whey components, and essential amino acids: mechanisms underlying health benefits for active people (review). *Journal of Nutrition Biochemistry*, 14: 251-258.
11. Hashemzadeh-Cigari, F., Khorvash, M., Ghorbani, G. R., Taghizadeh, A. (2011.): The effects of wilting, molasses and inoculants on the fermentation quality and nutritive value of lucerne silage. *South African Journal of Animal Science*, 41: 4.
12. Illius, A. W. (1998.): Advances and retreats in specifying the constraints on intake of grazing ruminants. In: Buchanan-Smith, J. G., Bailey, L., McCaughey, P. (eds) Proceedings of XVIII International Grassland Congress, Vol III, Association Management centre, Calgary, 39-44.
13. Jeličić I., Božanić, R., Tratnik, Lj. (2008.): Napitci na bazi sirutke – nova generacija mliječnih proizvoda. *Mljekarstvo*, 58(3): 257-274.
14. Kaiser, A. G., Piltz, J. W., Burns, H. M., Griffiths, N. W. (2004.): Successful Silage. Dairy Australia and New South Wales Department of Primary Industries.
15. Knežević, M., Vranić, M., Perčulija, G., Kutnjak, H., Matić, I., Teskera, M. (2009.): Effect of the maturity stage of grass at harvesting on the chemical composition of grass clover silage. *Mljekarstvo*, 59: 49-55.
16. Kung, L. M., Shaver, R. D., Grant, R. J., Schmidt, R. J. (2018.): Silage review: Interpretation of chemical, microbial, and organoleptic components of silages. *Journal of Dairy Science*, 101: 4020-4033.
17. O'Kiely, P., Muck, R. E. (1998.): Grass silage. In: Cherney, J. H., Cherney, D. J. R. (eds) Grass for Dairy Cattle. CAB International, 223-250.
19. Phipps, R. H., Sutton, J. D., Beever, D. E., Jones, A. K. (2000.): The effect of crop potential and the limitations. *Australian Journal of the Experimental Agriculture*, 38: 697-706.
20. Ramirez-Ordones, S., Dominguez-Diaz, D., Salmeron-Zamora J. J., Villalobos-Villalobos, G., Ortega-Gutierrez, J. A. (2013.): Yield and Quality of Forage Varieties of Oats According to Planting System and Maturity Stage at Cutting. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 36: 395-403.



21. Rodriguez A. A., Peres H. M., Perez-Munoz, F. (2005.). Evaluation of hydrated/fermented milk whey as additive for tropical grass silage. *Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico*, 89: 1-22.
22. SAS (1999.): SAS® Software, SAS Institute Inc., Cary, North Carolina, USA.
23. Schingoethe, D. J., Beardsley, G. L. (1975.): Feeding value of corn silage containing added urea and dried whey. *Journal of Dairy Science*, 58(2): 196– 201.
24. Schingoethe, D. J. (1976.): Whey utilization in animal feeding: a summary and evaluation. *Journal of Dairy Science*, 59(3): 556–570.
25. Sienkiewicz, T., Riedel, C. (1990.): Whey and whey utilization: Possibilities for utilization in agriculture and foodstuffs production. Chemistry. Th. Mann, Gelsenkirchen-Bauer, Germany.
26. Vranić, M., Knežević, M., Leto, J., Perčulija, G., Bošnjak, K., Kutnjak, H., Maslov, L. (2005.). Kvaliteta voluminozne krme na obiteljskim poljoprivrednim gospodarstvima u Republici Hrvatskoj: Monitoring kvalitete travne silaže tijekom dvije sezone zimske hranidbe muznih krava. *Mljekarstvo*, 55(4): 283-296.
27. Vranić, M., Knežević, M., Perčulija, G., Bošnjak, K., Leto, J. (2009.): Intake, Digestibility In vivo, N Utilization and In sacco Dry Matter Degradability of Grass Silage Harvested at Three Stages of Maturity. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 22: 225-231.
28. Vranić, M., Bošnjak, K., Pintar, J., Leto, J., Čačić, I., Stipičić, I., Protulipac, M., Bukal, M. (2015.): The influence of dried whey supplementation to alfalfa haylage on ration intake and digestibility in wether sheep. *Stočarstvo: časopis za unapređenje stočarstva*, 69: 17-24.
29. Vranić, M., Bošnjak, K., Mašek, T., Čačić, I., Nekić, M., Papac, M. (2019.): Utjecaj dodatka sirutke u prahu voluminoznoj krmi na kemijski sastav kolostruma i mlijeka krava Charolais pasmine. 54 hrvatski i 14 međunarodni simpozij agronoma/ Milan, Pospišil (ur.), Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet, Zagreb, Hrvatska, 520-524
30. Vranić, M., Bošnjak, K., Mašek, T., Starčević, K., Lukšić, B., Kiš, G., Stjepčević, L. (2020.): Utjecaj dodatka sirutke na hranidbenu vrijednost fermentirane krme poluprirodnog travnjaka. *Krmiva*, 62: 15-21.
31. Yitbarek, M. B., Tamir, B. (2014.): Silage additives: Review. *Open Journal of Applied Sciences*, 4: 5.
32. Zhang, J.G., Tanaka, O., Uegaki, R., Cali, Y., Kobayashi, R. (2000.). The effect of inoculation and additives on D(-) and L(+) lactic acid production and fermentation quality of guineagrass (*Panicum maximum* Jacq.) silage. *Journal of Science Food Agriculture*, 80: 2186-2189.

## THE EFFECT OF WHEY SUPPLEMENTATION ON THE CHEMICAL COMPOSITION OF FERMENTED FORAGE

### Summary

The objective of the study was to determine the effect of dried whey supplementation at ensiling on chemical composition and quality of fermented forage originated from semi-natural grassland. The study consists of 5 levels of dried whey supplemented to forage at ensiling into laboratory siloses: (i) 0%; (ii) 3%, (iii) 6%, (iv) 12% and (v) 24%. After 47 days fermentation the laboratory siloses, the pH value of fermented forage and the dry matter content (DM) were determined. The NIR instrument was applied to predict the chemical composition and quality parameters of fermented forage: crude protein (CP), crude fat (CF), ash and non-nitrogen extractives (NET).

With an increase in dried whey supplementation at ensiling, a linear increase in the DM content ( $P < 0.001$ ) of fermented forage was found. A statistically significant square trend of whey powder supplementation to CP content ( $P < 0.001$ ) and CF content ( $P < 0.001$ ) was found. The whey supplementation (from 3% to 24%) to forage at ensiling showed a linear decrease in CF content in fermented forage ( $P < 0.001$ ). The ash content did not differ significantly between the investigated treatments ( $P > 0.05$ ). The whey supplementation lowered the pH of the fermented forage ( $P < 0.05$ ).

It was concluded that the recommended quantity of whey powder that should be added to semi-natural forage ensiled at about 30% is different for individual chemical parameters. To lower the pH value, it is enough to add 3% whey powder, to increase the content of ST 6% while to reduce fiber content by 24%.

**Key words:** semi-natural grassland, whey powder, fermented fodder

Primljeno – received : 27.12.2021.  
Prihvaćeno – accepted: 04.04.2022.