

Marina Vranić, K. Bošnjak, M. Bogičević, Nataša Pintić Puček, Andreja Babić, I. Vranić, K. Krapinec, Kristina Starčević, T. Mašek

Izvorni znanstveni članak – Original scientific paper
Primljeno - Received: 19. srpanj – July 2022

SAŽETAK

Kukuruzna silaža (KS) je glavna energetska komponenta obroka u hranidbi goveda za meso i mlijeko. Cilj rada bio je utvrditi kvalitetu KS s područja Sisačko-moslavačke županije proizvedenih tijekom 2016. godine na deset obiteljskih poljoprivrednih gospodarstava (OPG). Analizirano je 65 uzoraka KS na organoleptičke, fizikalne, kemijske i biološke parametre kvalitete.

Boja analiziranih uzoraka KS se kretala od normalne i zelenkaste do tamno smeđe, a miris od mirisa po alkoholu i maslačnoj kiselini do mirisa po karamelu. Najzastupljenija je bila duljina sječke od 0,8-1,9 cm (55 % analiziranih uzoraka), a zatim od 0,4-0,8 cm (31 % analiziranih uzoraka). Proizvedene KS su u prosjeku imale sadržaj suhe tvari (ST) 378,31 g kg⁻¹ svježeg uzorka, neutralnih detergent vlakana (NDV) 407,78 g kg⁻¹ ST, pH vrijednost 4,37, sadržaj sirovih proteina (SP) 72,81 g kg⁻¹ ST, sadržaj škroba 343,3 g kg⁻¹ ST, sadržaj metaboličke energije (ME) 10,85 MJ kg⁻¹ ST, neto energije laktacije (NEL) 6,56 MJ kg⁻¹ ST i probavljivost organske tvari (POT) 71,1 %. Od ukupno analiziranih uzoraka se u optimalnu kvalitetu KS prema sadržaju ST može svrstati 23 % KS, sadržaju SP 46 %, škroba 18 %, pH vrijednosti 23 % analiziranih uzoraka dok prema POT 0% analiziranih uzoraka.

Zaključeno je da su analizirane KS proizvedene su od usjeva kukuruza siliranih u kasnijim fazama fenološke zrelosti od optimalne za proizvodnju KS visoke kvalitete. Nadalje, vrijednosti sadržaja ST, NDV, pH i škroba su veće, a vrijednosti sadržaja SP, ME, NEL i POT niže od vrijednosti utvrđenih ranijim monitorinzima kvalitete KS na OPG-ima kao i poželjnih vrijednosti za KS. Varijabilna kvaliteta proizvedenih KS ukazuje na primijenjenu različitu tehnologiju uzgoja i siliranja usjeva kukuruza u istim mikroklimatskim uvjetima.

Ključne riječi: kukuruzna silaža, kemijski sastav, NIR spektroskopija

Prof. dr. sc. Marina Vranić, e-mail: mvranic@agr.hr, orcid.org/0000-0001-6280-0116, Prof. dr. sc. Krešimir Bošnjak, e-mail: kbosnjak@agr.hr, orcid.org/0000-0002-7409-4869A, Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zavod za specijalnu proizvodnju bilja, Svetošimunska cesta 25, Zagreb, Hrvatska, Milan Bogičević, student Agronomskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, dr. sc. Nataša Pintić Puček, dr. vet. med. Andreja Babić mag. prim. kem., Ivica Vranić struč. spec. ing. agr., [orcid/org 0000-0002-6382-503X](https://orcid.org/0000-0002-6382-503X) Hrvatska agencija za poljoprivredu i hranu, Poljana Križevačka 185, Križevci, Hrvatska, Prof. dr. sc. Krešimir Krapinec, orcid.org/0000-0002-8815-7568, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zavod za zaštitu šuma i lovno gospodarstvo, Svetošimunska 25, Zagreb, Hrvatska, Doc.dr.sc. Kristina Starčević, [orcid/org 0000-0002-2606-7807](https://orcid.org/0000-0002-2606-7807), Prof. dr. sc. Tomislav Mašek, [orcid/org 0000-0002-6103-4728](https://orcid.org/0000-0002-6103-4728), Veterinarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Hainzelova 55, Zagreb, Hrvatska

UVOD

Kukuruz (*Zea mays* L.) je jednogodišnja biljna vrsta iz porodice trava (*Gramineae*). Zbog visoke adaptabilnosti na različite klimatske i pedološke uvjete, uz pšenicu i rižu, je globalno najzastupljenija žitarica (Santiago Lopez i sur., 2017.). Usjev kukuruza je pogodan za siliranje radi niskog pufernog kapaciteta. Proizvodnja KS je globalno rasprostranjena s tendencijom porasta kako u EU - 28 (CEPM, 2016.) tako i u RH gdje je 2016. godine proizvedeno oko 3,5 puta više KS u odnosu na 2000. godinu (DZS RH, 2009., 2018.).

KS ima visoki prinos ST po jedinici površine (od 13 do 20 t ha⁻¹) te je, zbog visokog sadržaja škroba (320-380 g kg⁻¹ ST), glavna energetska komponenta obroka u hranidbi goveda za proizvodnju mlijeka i mesa (Johnson i sur., 1999.).

Sadržaj hranjivih tvari i energetska vrijednost KS biološki je određena omjerom stabljike, lista i klipa (zrna) u ST hibrida (Juráček i sur., 2012.), gnojdbom, stadijem zrelosti u trenutku siliranja, tehnologijom siliranja (Bal i sur., 2000.; Moss i sur., 2001.) i mikroklimatskim čimbenicima (Vranić i sur., 2004., 2005.). Iskoristivost hranjivih tvari iz KS je ovisna o udjelu i probavljivosti škroba i vlakana u probavnom traktu preživača (Johnson i sur., 1999.). Optimalno vrijeme za siliranje cijele biljke kukuruza, s obzirom na prinos i kvalitetu, je kod sadržaja ST od 300-350 g kg⁻¹ svježeg usjeva (voštana zrioba) (Thom i sur., 1981.) kada je mliječna linija na otprilike polovici zrna (Allen i sur., 2003.).

Monitoring kvalitete KS, proizvedenih na većim OPG-ima koja se bave proizvodnjom mlijeka ili mesa, tijekom ranijih godina ukazuje na visoki sadržaj ST (375-404 g ST kg⁻¹ svježeg usjeva) radi kasnije fenološke zrelosti usjeva kukuruza za siliranje i utjecaja sezone (Vranić i sur., 2004., 2005.; Lukšić i sur., 2018.) ili optimalan sadržaj ST koji je iznosio 341 g ST kg⁻¹ svježeg usjeva (Zurak i sur., 2018.), odnosno 340-357 g kg⁻¹ svježeg usjeva (Juráček i sur., 2012.). Također, utvrđeno je da proizvedene KS imaju poželjan sadržaj škroba (335-340 g kg⁻¹ ST), niži sadržaj SP (59-65 g kg⁻¹ ST) od optimalnog za KS (> 70 g kg⁻¹ ST) (Phipps i sur., 2000.; Vranić i sur., 2020.), ali optimalnu pH vrijednost (3,7-3,8) (Vranić i sur., 2004., 2005.; Lukšić i sur., 2018.) ili višu pH vrijednost od optimalne (3,85) (Zurak i sur., 2018.). Osim toga, kvaliteta KS proizvedenih na

većim govedarskim farmama je varijabilna zbog primijenjene različite tehnologije uzgoja i siliranja (Zurak i sur., 2018.) što ukazuje na odstupanja od poželjne hranidbene vrijednosti i očekivanih ekonomskih rezultata u govedarskoj proizvodnji. U zapadnoj Slovačkoj je u prvu klasu KS pripalo samo 17 %, odnosno 23 % analiziranih uzoraka kroz dvije godine istraživanja (Juráček i sur., 2012.). Monitoringom kvalitete proizvedenih KS, osobito s većih govedarskih farmi koje u hranidbi koriste velike količine krme, ukazuje se na moguće tehnološke propuste, ali i rješenja u cilju povećanja kvalitete proizvedenih KS u određenim mikroklimatskim uvjetima. Cilj istraživanja bio je utvrditi fizikalne, kemijske i biološke parametre kvalitete analiziranih kukuruznih silaža s područja Sisačko –moslavačke županije proizvedenih tijekom 2016. godine.

MATERIJAL I METODE RADA

Porijeklo uzoraka kukuruzne silaže

Za potrebe izrade ovoga rada korišteni su rezultati kemijskih analiza uzoraka KS s područja Sisačko-moslavačke županije. KS su proizvedene u jesen 2016. godine. Uzorci KS su uzimani mjesečno na 10 OPG, većih proizvođača mlijeka, od studenog 2016. do svibnja 2017. godine. S pet OPG-a je uzeto po šest uzoraka, a s drugih pet po sedam uzoraka. Uzorci su uzimani sondom od vrha silosa do dna silosa na više mjesta. Oko 800 grama uzorka je stavljeno u plastičnu vrećicu i čvrsto zamotano da se istisne zrak. Odmah ili sljedećeg dana po uzimanju, uzorci su dostavljani u akreditirani laboratorij Hrvatske agencije za poljoprivredu i hranu u Križevcima na analizu. Za potrebe ovog istraživanja analizirano je ukupno 65 uzoraka KS.

Utvrđivanje sadržaja suhe tvari uzoraka

Po zaprimanju uzoraka u laboratorij, svaki je uzorak označen jedinstvenim brojem. Metodom četvrtanja suzeti poduzorci (cca 500 grama) koji su sušeni na temperaturi od 103 ± 2 °C tijekom 4 sata uz dosušivanje do konstantne mase akreditiranom metodom u suglasju s HRN ISO 6496:2001 radi utvrđivanja sadržaja ST.

Osušeni uzorci su samljeveni na veličinu čestica od 1mm korištenjem mlina Cyclotec 1093, proizvođača Foss i temperirani na sobnu temperaturu prije skeniranja.

Ocjena veličine čestica silaže

Ocjena veličine čestica silaže je provedena prema metodi Pennsylvania State University (Heinrichs, 2013.) upotrebom Penn State Particle Separator (PSPS). Princip ocjene strukture čestica silaže se temelji na principu prosijavanja silaže preko četiri sita (Tablica 1.) (Anonymous 1, 2016.).

Ocjena mirisa i boje

Miris i boja uzoraka kukuruznih silaža su ocjenjivani prema ranije opisanoj metodi (Anonymous 2, 2014.).

Procjena kemijskog sastava, probavljivosti i sadržaja energije

Kemijski sastav uzoraka KS je procijenjen NIR spektroskopijom prema normi HRN EN ISO 12099:2017. Korišten je NIR aparat, model DA 7200, Perten.

S obzirom na prethodno utvrđen sadržaj ST, utvrđen je sadržaj SP, sirovih vlakana (SV), sirovih masti (SM), KDV, NDV, pepela, organske tvari (OT), škroba, nedušičnih ekstraktivnih tvari (NET), neto energije za laktaciju (NEL), probavljivosti OT (POT) i pH vrijednosti silaža.

Tablica 1. Ocjena veličine čestica kukuruzne silaže prosijavanjem**Table 1 Estimation of corn silage particle size by sieving**

Položaj sita Sieve position	Promjer otvora sita, mm Sieve pore diameter, mm	Veličina čestica, mm Particle size, mm	Poželjni udjeli frakcija u kukuruznoj silaži, % Preferbale fraction shares in corn silage, %
(1) Gornje (1) Upper	19	> 19	3 do 8
(2) Srednje gornje (2) Middle Upper	8	8-19	45 do 65
(3) Srednje donje (3) Middle Lower	4	4-8	20 do 30
(4) Donje (4) Lower	<4	< 8	< 20

Tablica 2. Ocjena kukuruznih silaža po mirisu i boji**Table 2 Evaluation of corn silage by smell and color**

Miris / Smell	Boja / Color	Uzrok / Reason	Ocjena / Grade
Po octu After vinegar	žućkasta / yellowish	Octena kiselina (bacili) Acetic acid (bacilli)	1
Po alkoholu After alcohol	normalna / normal	Alkohol etanol (kvasci) Alcohol ethanol (yeast)	2
Oštar slatkast Sharp sweetish	normalna / normal	Propionska kiselina Propionic acid	3
Pokvareni maslac Rotten butter	zelenkasta / greenish	Maslačna kiselina (klostridije) Butyric acid (clostridia)	4
Karamel/duhan Caramel/tobacco	tamno smeđa do crna dark brown to black	Visoka temperatura fermentacije High fermentation temperature	5

Statistička obrada rezultata istraživanja

Rezultati istraživanja su obrađeni korištenjem deskriptivne statistike za sadržaj svih istraženih parametara kvalitete.

REZULTATI I RASPRAVA

Miris kukuruzne silaže, ali i fermentirane krme općenito mora biti ugodan, a boja kukuruzne silaže bi trebala biti žućkastozelena. U Tablici 3. je prikazana ocjena boje i mirisa analiziranih KS.

Tablica 3. Ocjena boje i mirisa analiziranih kukuruznih silaža (n=65)

Table 3 Evaluation of color and odor of analyzed corn silage (n=65)

Statistika Statistics	Ocjena boje Color grade	Ocjena mirisa Smell grade
Srednja vrijednost (%) Mean value (%)	4,36	4,21
SEM	0,04	0,04
SD	0,74	0,80
Varijanca / Variance	0,54	0,64
Raspon vrijednosti Value range	3,00	3,00
Minimum	2,00	2,00
Maximum	5,00	5,00
CV	0,86	0,97

SEM=standardna greška srednje vrijednosti; SD=standardna devijacija; CV=koeficijent varijacije
SEM=standard error of the mean; SD=standard deviation; CV=coefficient of variation

U ovom istraživanju je utvrđeno (Tablica 3.) da se boja analiziranih uzoraka KS kretala od normalne i zelenkaste do tamno smeđe, a miris od mirisa po alkoholu i maslačnoj kiselini do mirisa po karamelu (Tablica 2.). Prosječne ocjene za boju i miris (veće od 4.) (Tablica 3.) ukazuju na KS visokog sadržaja ST koje su potencijalno izložene visokim temperaturama fermentacije i kvarenju djelovanjem *Clostridium* bakterija (Kung i sur., 2018.).

Ako se organoleptičkom analizom utvrde nepoželjni mirisi i boje KS, preporuča se bolje sabijanje biljne mase u silosu i/ili korištenje nekog od aditiva kod narednog punjenja silosa.

U tablici 4. je prikazana veličina čestica analiziranih uzoraka KS.

Tablica 4. Veličina čestica analiziranih uzoraka kukuruznih silaža (% prolaza čestica kroz sito određene veličine) (n=65)

Table 4 Particle size of analyzed corn silage samples (% of particle passage through a sieve of a certain size) (n=65)

Statistika Statistics	Sito / Sieve			
	1 (> 19 mm)	2 (8-19 mm)	3 (4-8 mm)	4 (< 4 mm)
Srednja vrijednost (%) Mean value (%)	11,00	55,03	31,66	2,31
SEM	0,50	0,47	0,46	0,07
SD	9,89	9,25	9,06	1,37
Varijanca Variance	97,81	85,47	82,03	1,88
RV / VR	52,94	61,16	62,77	8,92
Minimum	0,65	24,10	8,68	0,00
Maksimum/ Maximum	53,59	85,26	71,45	8,92
CV	4,57	0,85	1,45	3,01

SEM=standardna greška srednje vrijednosti; SD=standardna devijacija; RV=raspon vrijednosti CV=koeficijent varijacije
SEM=standard error of the mean; SD=standard deviation; VR=value range; CV=coefficient of variation

Veličina sječke usjeva kukuruza za siliranje je u negativnoj korelaciji sa zbijenošću ST biljnog materijala u silosu (Hoover i sur., 1998.), a u pozitivnoj s prolaskom cijelog zrna kroz probavni trakt životinja. Kraće sjeckanje usjeva kukuruza za siliranje negativno utječe na probavljivost vlakana KS i sadržaj mliječne masti u mlijeku, ali ne povećava konzumaciju ST ili proizvodnju mlijeka (Allen i sur., 2003.). Hranidba kraće sjeckanom KS ne utječe na dužinu preživanja ako životinje imaju ponuđene dovoljne količine druge voluminozne krme.

U ovom istraživanju je najzastupljenija frakcija sječke KS bila 8-19 mm (55 % analiziranih čestica KS) (Tablica 4.) što se uklapa u preporuku duljine sječke zrelijeg usjeva kukuruza čime se sprječava prolaz cijelog neprobavljenog zrna kukuruza kroz probavni trakt (Allen i sur., 2003.).

Kraće sjeckana KS, u rasponu sječke od 4-8 mm, obuhvatila je 31 % analiziranih čestica KS (Tablica 4.) te se uklapa u preporuku sječke 0,64 cm koja može povećati konzumaciju ST i probavljivost za životinje nižih hranidbenih potreba kao npr. mesnih pasmina goveda (Chamberlain i Wilkinson, 1996.).

Veća duljina sječke od 0,95-1,27 cm, poželjna za muzne krave ako u obrok nije uključena druga vrsta voluminozne krme (Hoover i sur., 1998.), je u ovom istraživanju obuhvatila 11 % čestica KS. Sjecanje na veće komadiće oklasaka u silaži životinje izbjegavaju konzumirati, kao i slabije sabijenu biljnu masu u silosu.

U Tablici 5. je prikazan osnovni kemijski sastav uzoraka KS.

U Tablici 6. je prikazan postotni udio analiziranih uzoraka grupiranih u skupine prema sadržaju pojedinih parametara kvalitete.

Prosječan sadržaj ST svih analiziranih uzoraka KS (378,31 g kg⁻¹ svježeg uzorka) je veći od ranije utvrđenog na OPG-ima kontinentalne Hrvatske (341,55 g kg⁻¹ svježeg uzorka) (Zurak i sur., 2018.). Veći sadržaj ST u odnosu na poželjne vrijednosti sadržaja od 300 – 350 g kg⁻¹ svježeg uzorka ukazuje na kasniju fenološku fazu zrelosti biljke kukuruza kod siliranja (Jensen i sur., 2005). Kod siliranja biljke kukuruza nižeg sadržaja ST (< 250 g kg⁻¹ svježeg usjeva) može doći do gubitaka hranjivih

tvari otjecanjem silažnog soka iz silosa, a visokog sadržaja ST (> 400 g ST kg⁻¹ svježeg usjeva) otežanog sabijanja biljne mase u silosu (Phipps i sur., 2000.). U ovom istraživanju je 23 % uzoraka imalo optimalan sadržaj ST za KS (Tablica 6.).

U analiziranim uzrocima KS utvrđen je varijabilan sadržaj ST (Tablica 5.) koji se kretao od 231,80 g kg⁻¹ svježeg uzorka do 563,90 g kg⁻¹ svježeg uzorka što može biti uzrokovano fenološkom zrelošću usjeva kukuruza za siliranje, hibridom (tvrđunci, zubani), vegetacijskom grupom (Hunt i sur., 1993.; Dado, 1999.; Juráček i sur., 2012.), gnojidbom različitim vrstama i količinama gnojiva (Moss i sur., 2001.), različitim mikroekološkim uvjetima uzgoja (Vranić i sur., 2004.) te dužinom sjeckanja biljne mase kod siliranja (Bal i sur., 2000.). Proizvođači trebaju težiti siliranju usjeva kukuruza optimalnog sadržaja ST, pa je svako značajnije odstupanje sadržaja ST KS posljedica nepravovremenog siliranja.

Analizirane KS imale su veću varijabilnost sadržaja SP (od 56,18-110,21 g kg⁻¹ ST) (Tablica 5.) od raspona sadržaja SP u KS SZ Hrvatske (od 55 g kg⁻¹ ST do 63,8 g kg⁻¹ ST) (Vranić i sur., 2005.). Utvrđeni prosječni sadržaj SP od 72,81 g kg⁻¹ ST je viši od ranije utvrđenog sadržaja SP na OPG-ima SZ Hrvatske (65,19 i 58,96 g SP kg⁻¹ ST kroz dvije godine istraživanja), niži od prosjeka za KS koja sadrži 400 g ST kg⁻¹ svježeg uzorka prema NRC (2001.) i DLG (1997) (85 i 80 g kg⁻¹ ST, tim redom) te niži od

Tablica 5. Kemijski sastav uzoraka kukuruzne silaže (u g kg⁻¹ ST ako nije drugačije navedeno) (n=65)

Table 5 Chemical composition of corn silage samples (in g kg⁻¹ DM if not otherwise stated) (n=65)

Statistika Statistics	ST / DM	OT / OM	SP / CP	NDV / NDF	KDV / ADF	SV / CF	SM / CFat	NET
\bar{x}	378,31	961,47	72,81	407,78	241,22	188,21	27,18	673,24
SEM	2,67	0,26	0,46	2,48	1,54	1,21	0,19	1,41
SD	52,64	5,07	8,99	48,95	30,35	23,89	3,81	27,85
Varijanca Variance	27,71	25,69	80,74	235,88	920,98	570,65	14,52	775,50
RV / VR	332	30,63	86	294,71	182,72	142,08	49,00	172,82
Minimum	231,80	941,77	46,18	311,21	182,41	130,18	20,34	574,12
Maximum	563,90	972,40	110,21	606,14	365,46	272,42	69,18	746,32
CV %	0,71	0,03	0,63	0,61	0,64	0,64	0,71	0,21

\bar{x} =srednja vrijednost; ST=suha tvar (u g kg⁻¹ svježeg usjeva); OT=organska tvar; SP=sirovi proteini; NDF=neutralna detergent vlakna; KDV=kisela detergent vlakna; SV=sirova vlakna; SM=sirove masti; NET=nedušične ekstraktivne tvari; SEM=greška srednje vrijednosti; SD=standardna devijacija; RV=raspon vrijednosti; CV=koeficijent varijacije
 \bar{x} =mean value; DM=dry matter (in g kg⁻¹ fresh sample); OM=organic matter; CP=crude protein; NDF=neutral detergent fibre; ADF=acid detergent fibre; CF=crude fiber; CFat=crude fat; VR=value range; CV=coefficient of variation;

Tablica 6. Postotak analiziranih uzoraka prema sadržaju pojedinih kemijskih parametara kvalitete u kukuruznim silažama**Table 6 Percentage of analyzed samples according to the content of individual chemical quality parameters in corn silage**

Parametar Parameter	Raspon vrijednosti Value range (g kg ⁻¹ ST/DM)	% od analiziranih uzoraka % of the analyzed samples
ST (g kg ⁻¹ svježeg uzorka)	<300	12
	310-350*	23
	>350	64
NDV / NDF	< 380*	32
	390-430	48
	>440	20
POT / OMD	<714	72
	715-720	28
	>730*	0
SP / CP	<50	8
	50-70	46
	>71*	46
ME (MJ kg ⁻¹ ST)	>11	92
	>11*	8
Škrob / Starch	<300	35
	310-350*	18
	> 360	46
pH	<3,8*	23
	3,8-4	54
	>4	23

* optimalna vrijednost; ST=suha tvar; NDV=neutralna detergent vlakna; POT=probavljivost organske tvari; SP=sirovi protein; ME=metabolička energija;

*optimal value; DM=dry matter; NDF=neutral detergent fiber; OMD=digestibility of organic matter; CP=crude protein; ME=metabolic energy

90 g kg⁻¹ ST za KS koja sadrži 280 g ST kg⁻¹ svježeg usjeva (Leaver, 1992.), ali se 46 % analiziranih uzoraka (Tablica 6) uklapa u poželjan sadržaj SP za KS koji bi trebao biti viši od 70 g kg⁻¹ ST (Chamberlain i Wilkinson, 1996.). U obroku mliječnih krava sadržaj SP bi se trebao kretati od 12 % u suhostaju do 18 % pri mliječnosti od 40 kg mlijeka d⁻¹ (NRC, 2001.). Voluminozna krma visokog sadržaja SP iziskuje dodatak manjih količina koncentriranih krmiva obroku (Vranić i sur., 2011.) da bi se zadovoljile hranidbene potrebe životinja, čime se izravno utječe na ekonomiku proizvodnje.

NDV obuhvaćaju sadržaj celuloze, hemiceluloze i lignina u biljkama tj. strukturna vlakna koja izgrađuju stanične stijenke. Primarni čimbenici koji utječu na sadržaj NDV u silaži su zrelost usjeva u trenutku žetve i genotip. Manje važni čimbenici koji utječu na sadržaj NDV su temperatura rasta, ozračenost, gustoća sklopa i visina košnje (Phipps i sur., 2000.). Sa zrenjem usjeva kukuruza povećava se sadržaj ST te se relativno smanjuje sadržaj vlakana u ST, ali i sadržaj probavljivog NDV (Khan i sur., 2014.). Prosječna vrijednost NDV od 407,78 g kg⁻¹ ST je veća od poželjne za KS koja iznosi 380 g kg⁻¹ ST (Chamberlain i Wilkinson, 1996.) i obuhvaća 32 % uzoraka u ovom istraživanju (Tablica 6.). Raspon sadržaja NDV (311,21-606,14 g kg⁻¹ ST) (tablica 5.) ukazuje na velike razlike u fenološkoj zrelosti usjeva kukuruza za siliranje što je u suglasju s ranijim istraživanjem (Khan i sur., 2012.).

Sadržaj NDV se tijekom siliranja smanjuje, budući da se dio hemiceluloze razgradi u kiselom mediju silaže (Morrison, 1979.). Prema Leaveru (1992.), KS sadrži uobičajeno 390 g NDV kg⁻¹ ST. Prema ranijem istraživanju Na OPG-ima SZ Hrvatske sadržaj NDV u KS se kretao u rasponu 380 – 450 g kg⁻¹ ST (Vranić i sur., 2005.).

U Tablici 7. je prikazan sadržaj škroba i energije, pH vrijednost te probavljivost organske tvari u analiziranim uzorcima KS.

KS je energetska krmiva bogato škrobom kao izvorom energije koji osigurava energiju za mikroorganizme buraga, pa KS visokog sadržaja škroba (355 g kg⁻¹ ST) kao komponenta obroka, potiče konzumaciju i probavljivost obroka (Fitzgerald i Murphy, 1999.).

Uobičajeni sadržaj škroba KS koja sadrži 280 g ST kg⁻¹ je 240 g kg⁻¹ ST (Leaver, 1992.; Jensen i sur., 2005.), a može se kretati od 289,33 g kg⁻¹ ST do 401,67 g kg⁻¹ ST (Vranić i sur., 2005.) ili od 356 do 365 g kg⁻¹ ST (Juráček i sur., 2012.). Visoki sadržaj škroba te visoki sadržaj ST ukazuju na siliranje cijele biljke kukuruza u kasnijim fazama zrelosti DLG (1997.). Srednja vrijednost sadržaja škroba (343,30 g kg⁻¹ ST) u ovom istraživanju je bila veća od prosječnih vrijednosti (310-350 g kg⁻¹ ST) idealne KS (Chamberlain i Wilkinson, 1996.) u koje vrijednosti se uklapa 18 % analiziranih uzoraka u ovom istraživanju (Tablica 6.). Odgađanjem roka košnje usjeva kukuruza za siliranje opada sadržaj SP i NDV, a sadržaj škroba raste zbog većeg udjela klipa, od-

nosno zrna u biljnoj masi u odnosu na stabljiku (Leaver, 1992.). Utvrđeno je da su analizirani uzorci KS bogati škrobom čiji se sadržaj kretao u rasponu 236,14-580,21 g škroba kg⁻¹ ST (Tablica 6.). Široki raspon sadržaja škroba ukazuje na neujednačenost kvalitete KS što je u suglasju s ranijim istraživanjima u kojima je utvrđen sličan prosječni sadržaj škroba u KS (339,86 g kg⁻¹ ST), ali manja varijabilnost (od 289,33 g kg⁻¹ ST do 401,67 g kg⁻¹ ST (Vranić i sur., 2005.). Uobičajeni sadržaj škroba u uzorcima KS sadržaja ST od 280 g kg⁻¹ svježeg uzorka je 240 g kg⁻¹ST i raste s odgađanjem roka košnje biljke kukuruza (Leaver, 1992.). Međutim kod sadržaja ST usjeva kukuruza za siliranje >350 g kg⁻¹ svježeg usjeva opada razgradivost škroba u buragu životinja čime opada i sadržaj ME (Fitzgerald i Murphy, 1999.) pa je manje energije dostupno za mikrobu buraga (Chamberlain i Wilkinson, 1996.). Utvrđeno je da sa zrenjem usjeva kukuruza za siliranje od 230 g ST kg⁻¹ svježeg usjeva do 350 g ST kg⁻¹ svježeg usjeva raste sadržaj ME (od 10,3 odnosno do 11,6 MJ kg⁻¹ ST) nakon čega opada na 11,2 MJ kg⁻¹ ST kod sadržaja ST 380 g kg⁻¹ svježeg usjeva (Phipps i sur., 2000.). Utvrđeni prosječan sadržaj ME u ovom istraživanju (10,85 MJ kg⁻¹ ST) je nešto niži od poželjnog sadržaja ME u KS visoke kvalitete koji obuhvaća 8 % analiziranih uzoraka (> 11,5 MJ kg⁻¹ ST) (Chamberlain i Wilkinson, 1996.) i nešto niži od prosječnog sadržaja ME u KS s OPG

SZ Hrvatske (11,39 MJ kg⁻¹ ST) (Vranić i sur., 2004.; 2005.), ali se uklapa u uobičajeni sadržaj ME u KS (Leaver, 1992.).

Vrijednost pH kvalitetne kukuruzne silaže kreće se od 3,7 – 3,8 kojim vrijednostima je obuhvaćeno 23 % analiziranih uzoraka u ovom istraživanju (Tablica 6.) dok više pH vrijednosti (>4,1) ukazuju na slabiju kvalitetu fermentacije, aerobno nestabilnu silažu visokog sadržaja ST (Zurak i sur., 2018.). Srednja pH vrijednost od 4,37 u ovom istraživanju je veća od 3,85 u ranijem istraživanju kvalitete KS na OPG-ima kontinentalne Hrvatske (Zurak i sur., 2018.). Upravo su analizirani uzorci KS imali veći sadržaj ST od preporučenog što je rezultiralo težim postizanjem anaerobnih uvjeta u silosu, ograničenom fermentacijom i stabiliziranjem fermentirane biljne mase kod većih pH vrijednosti (Chamberlain i Wilkinson, 1996.). Zbog više pH vrijednosti, odnosno nižeg sadržaja kiselina nastalih fermentacijom, proizvedene KS su bile pogodnije za razvoj aerobnih mikroorganizama kvarenja (kvasaca, plijesni) i stvaranje njihovih mikotoksina (Zurak i sur., 2018.).

Neto energija laktacije (NEL) je količina energije iz krme koja se koristi za zadovoljenje uzdržanih potreba i proizvodnju mlijeka kod muznih krava (NRC, 2001.). Sadržaj NEL-a je u pozitivnoj korelaciji sa zrelošću usjeva kukuruza za siliranje do oko 350 g ST kg⁻¹ svježeg usjeva (Neylon i Kung, 2003.).

Tablica 7. Sadržaj škroba, energije, pH vrijednost i probavljivost organske tvari analiziranih uzoraka kukuruznih silaža (n=65)

Table 7 Starch content, energy, pH value and digestibility of organic matter of analyzed corn silage samples (n=65)

Statistika Statistics	Škrob / Strach	ME	NEL	pH	POT / OMD
	g kg ⁻¹ ST / g kg ⁻¹ DM	MJ kg ⁻¹ ST / MJ kg ⁻¹ DM			%
Srednja vrijednost / Mean value	343,30	10,85	6,56	4,37	71,1
SEM	4,36	0,00	0,00	0,05	0,019
SD	85,89	0,09	0,06	0,95	0,375
Varijanca / Variance	3,42	0,01	0,00	0,90	1,407
RV / VR	344	0,86	0,56	4,48	2,267
Minimum	236,14	10,56	6,37	3,5	69,7
Maximum	580,21	11,42	6,92	6,5	72,0
CV (%)	1,31	0,04	0,05	1,10	0,03

BE=bruto energija; ME=metabolička energija; NEL=neto energija laktacije; POT=probavljivost organske tvari; SEM=greška srednje vrijednosti; SD=standardna devijacija; CV=koeficijent varijacije; RV=raspon vrijednosti
SEM=standard error of mean; SD=standard deviation; VR=value range, CV=coefficient of variation; BE=bruto energy; ME=metabolic energy; NEL=neto energy for lactation; OMD=organic matter digestibility.

Utvrđen prosječan sadržaj NEL-a u ovom istraživanju je iznosio 6,56 MJ kg⁻¹ST (Tablica 7.) što se uklapa u sadržaj NEL-a od 6,52-6,57 MJ kg⁻¹ST KS sadržaja ST od 300-420 g kg⁻¹ svježeg uzorka (Khan i sur., 2012.). Probavljivost krme ukazuje na iskoristivost hranjiva u probavnom traktu preživača i na energetske vrijednosti krme (Moseley i sur., 1988.). Hranidba životinja krmom veće probavljivosti rezultira većom proizvodnošću životinja (proizvodnja mlijeka, proizvodnja mesa). Krma veće probavljivosti se brže i potpunije razgradi u probavnom traktu preživača, a volumen buraga ne ograničava konzumaciju u odnosi na krmu niske probavljivosti (Ørskov, 1998.). Prosječna probavljivost OT analiziranih KS u ovom istraživanju je iznosila 71 %, a kretala se od 69,6-71,9 % (Tablica 7.) što je niže od optimalne probavljivosti OT (73,0 %) (Di Marco i sur., 2002.). Probavljivost OT KS ne opada sa zrelošću usjeva kukuruza za siliranje do 350 g ST kg⁻¹ svježeg usjeva (Di Marco i sur., 2002.) nakon čega opada razgradivost škroba i vlakana u buragu, a time i probavljivost OT (Phipps i sur., 2000.). Isto je potvrđeno ovim istraživanjem u kojem su KS u prosjeku proizvedene od zrelijeg usjeva kukuruza te stoga niže probavljivosti OT od optimalne (Chamberlain i Wilkinson, 1996.).

ZAKLJUČCI

Zaključeno je da su kukuruzne silaže, s deset obiteljskih poljoprivrednih gospodarstava Sisačkomoslavačke županije, tijekom 2016. godine u prosjeku proizvedene od usjeva kukuruza siliranih u kasnijim fazama fenološke zrelosti od optimalne za osiguranje visoke kvalitete u hranidbi. Proizvedene kukuruzne silaže su u prosjeku imale visoki sadržaj ST, a s tim u vezi visoki sadržaj škroba, ali niži sadržaj ME i NEL-a te nižu probavljivost OT, a s time nižu dostupnost energije za mikrobe buraga od optimalne ili utvrđene u ranijim monitorinzima kvalitete KS proizvedene na OPG. Ocjena boje i mirisa te visoka prosječna pH vrijednost ukazuju da je u proizvedenim KS bilo teško postići anaerobne uvjete što dovodi do ograničene fermentacije te veće pogodnosti za razvoj aerobnih mikroorganizama kvarenja (kvasca, plijesni). Osim toga, varijabilna kvaliteta proizvedenih kukuruznih silaža ukazuje na primijenjenu različitu tehnologiju uzgoja i siliranja usjeva kukuruza u istim mikroklimatskim uvjetima.

LITERATURA

1. Allen, S. M., Coors, G. J., Roth, W.G. (2003.): Silage Science and Technology, 42: 547-608. <https://doi.org/10.2134/agronmonogr42.c12>
2. Anonymous 1 (2016.): <https://extension.psu.edu/penn-state-particle-separator>. [Accessed 10 March 2016].
3. Anonymous 2 (2014.): <https://extension.psu.edu/troubleshooting-silage-problems> [Accessed 10 March 2016].
4. Bal, M.A., Shaver, R. D., Shinnors, K. J., Coors, J.G., Lauer, J. G., Straub, R. J., Koegl, R. G. (2000.): Stage of maturity, processing, and hybrid effects on ruminal in situ disappearance of whole-plant corn silage. *Animal Feed Science and Technology*, 86: 83-94. [https://doi.org/10.1016/S0377-8401\(00\)00163-2](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(00)00163-2)
5. CEPM (2016.): <https://www.maizeurop.com/en/structure/cepm/figures/> [Accessed 22 March 2022]
6. Chamberlain, A. T., Wilkinson, J. M. (1996.): Feeding the Dairy Cow. Chalcombe Publications, Painshall, Ln2 3LT, UK.
7. Dado, R. G. (1999.): Nutritional benefits of specialty corn grain hybrids in dairy diets. *Journal of Dairy Science*, (Suppl.2.) 197 – 207. https://doi.org/10.2527/1999.77suppl_2197x
8. Deutsch landwirtschafts gesellschaft (DLG) (1997.): Futterwettabellen Wiederkäuer. DLG – Verlag, Frankfurt, 212.
9. Di Marco, O. N., Aello, M. S., Nomdedeu, M., Van Houtte, S. (2002.): Effect of maize crop maturity on silage chemical composition and digestibility (in vivo, in situ and in vitro). *Animal Feed Science and Technology*, 99: 37-43. [https://doi.org/10.1016/S0377-8401\(02\)00077-9](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(02)00077-9)
10. Državni zavod za statistiku RH (2009.): Statistički ljetopis Republike Hrvatske. [Online] Available at: https://www.dzs.hr/Hrv_Eng/ljetopis/2009/PDF/15-bind.pdf [Accessed 16 March 2022].
11. Državni zavod za statistiku RH (2018.): Statistički ljetopis Republike Hrvatske. [Online] Available at: https://www.dzs.hr/Hrv_Eng/ljetopis/2018/sljh2018.pdf [Accessed 16 March 2022].
12. Fitzgerald, J. J., Murphy, J. J. (1999.): A comparison of low starch maize silage and grass silage and the effect of concentrate supplementation of the forages or inclusion of maize grain with the maize silage on milk production by dairy cows. *Livestock Production Science*, 57: 95-111. [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(98\)00200-0](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(98)00200-0)

13. Heinrichs, J. (2013.): The Penn State Particle Separator. Penn State Extension, Department of Animal Science, DSE 13- 186: 1-8.
14. Hoover, L. L., Buckmaster, D. R., Heinrichs, A. J., Roth, G. W. (1998.): Particle size and compaction characteristics of mechanically processed corn silage at varying lengths of cut. Paper no. AETC98-1 03 from 1998 Agric. Equip. Tech. Conf. Louisville, KY. 9-11 Feb. 1998. Am. Soc. Agric. Eng., St. Joseph, MI.
15. Hunt, C. W., Kezar, W., Hinman, D. D., Comb, J. J., Loesche, J.A., Moen, T. (1993.): Effects of hybrid and ensiling with and without a microbial inoculat on the nutritional characteristics of whole-plant corn. *Journal of Animal Science*, 71: 38-43. <https://doi.org/10.2527/1993.711138x>
16. Jensen, C., Weisbjerg, M. R., Norgaard, P., Hvelplund, T. (2005.): Effect of maize silage maturity on site of starch and NDF digestion in lactating dairy cows. *Animal Feed Science and Technology*, 118: 279–294. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2004.10.011>
17. Johnson, L., Harrison, J. H., Hunt, C., Sinners, K., Doggett, C. G., Sapienza, D. (1999.): Nutritive value of corn silage as affected by maturity and mechanical processing a contemporary review. *Journal of Dairy Science*, 82: 2813-2825. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(99\)75540-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(99)75540-2)
18. Juráček, M., Bíro, D., Šimko, M., Gálik, B., I Rolinec, M. (2012.): The quality of maize silages from west region of Slovakia. *Journal of Central European Agriculture*, 13(4): 695–703. <https://doi.org/10.5513/JCEA01/13.4.1114>
19. Khan, N. A., Tewoldebrhan, T. A., Zom, R. L. G., Cone, J. W., Hendriks, W. H. (2012.): Effect of corn silage harvest maturity and concentrate type on milk fatty acid composition of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 95(3): 1472–1483. <https://doi.org/10.3168/jds.2011-4701>
20. Khan, N. A., Yu, P., Ali, M., Cone, J. W., Hendriks, W.H. (2014.): Nutritive value of maize silage in relation to dairy cow performance and milk quality. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 95(2): 238–252. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6703>
21. Kung, L., 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(5): 4020–4033. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13909>
22. Leaver, J. D. (1992.): Whole-crop forages and alkali-treated straights. *Practical Cattle Nutrition. Proceedings, British Cattle Veterinary Association Summer Meeting*, 45.
23. Lukšić, B., Bošnjak, K., Čačić, I., Kljak, K., Božić, L., Vranić, M. (2018.): Hranidbena vrijednost kukuruzne silaže na obiteljskim poljoprivrednim gospodarstvima kontinentalne Hrvatske 2013. i 2014. godine. *Stočarstvo: časopis za unapređenje stočarstva*, 72 (1-2), 3 – 11. <https://doi.org/10.33128/s.72.1-2.1>
24. Moseley, G., Jones, E. L., Ramanathan, V. (1988.): The nutritional evaluation of Italian ryegrass cultivars fed as silage to sheep and cattle. *Grass and Forage Science*, 43: 291-295. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.1988.tb02154.x>
25. Moss, B. R., Reeves, D.W., Lin, J. C., Torbert, W. H., Mc Elhenny, Mask, P., Kezar, W. (2001.): Yield and quality of three corn hybrids as affected by broiler litter fertilization and crop maturity. *Animal Feed Science and Technology*, 94: 43-56. [https://doi.org/10.1016/S0377-8401\(01\)00303-0](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(01)00303-0)
26. Neylon J. M., Kung L. (2003.): Effects of cutting height and maturity on the nutritive value of corn silage for lactating cows. *Journal of Dairy Science*, 86: 2163–2169. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)73806-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)73806-5)
27. NRC - National Research Council (2001.): *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. 6th Rev. Ed. National Academy of Sciences, Washington, D.C.
28. Ørskov, E. R. (1998.): *The feeding of ruminants*. Rowett Institute Aberdeen, Chalcombe Publications.
29. Phipps, R. H., Sutton, J. D., Beever, D. E., Jones, A. K. (2000.): The effect of crop maturity on the nutritional value of maize silage for lactating dairy cows. 3. Food intake and milk production. *Animal Science*, 71: 401-409. <https://doi.org/10.1017/S1357729800055259>
30. Santiago Lopez, U., Rosales-Nieto, C. A., López Santiago, E., Lopez Santiago, N., Preciado-Rangel, P., Gil Palmo, A., Real, D. (2017.): Yield of forage, grain and biomass in eight hybrids of maize with different sowing dates and environmental conditions. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 9: 86. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v9i1.4403>
31. Thom, E. R., Dorofaeff, F. D., Dyson, C. B. (1981.): Effect of Plant-Population and Time of Harvest on Yield and Quality of Maize (*Zea-Mays-L*) Grown for Silage. Yield and Chemical-Composition, and Sampling Procedures for Large Areas. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 24: 285 - 292. <https://doi.org/10.1080/00288233.1981.10423389>
32. Vranić, M., Knežević, M., Perčulija, G., Grbeša, D., Leto, J., Bošnjak, K., Rupiće, I. (2004.): Kvaliteta kukuruzne silaže na obiteljskim poljoprivrednim gospodarstvima. *Mljekarstvo*, 54(3): 175-186. <https://hrcak.srce.hr/1558>

33. 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 kukuruzne silaže tijekom dvije sezone zimske hranidbe muznih krava. *Mljekarstvo*, 55(4): 269 – 282. <https://hrcak.srce.hr/492>
34. Vranić, M., Perčulija, G., Bošnjak, K., Leto, J., Kutnjak, H., Vnućec, I., Hajredini, P. (2011.): Dodatak kukuruzne silaže travnoj silaži povećava iskoristivost dušika u hranidbi kastriranih ovnova. *Stočarstvo*, 65: 189-199. <https://hrcak.srce.hr/566746>
35. Vranić, M., Bošnjak, K., Kolar, S., Božić, L., Bogičević, M. (2020.): Siliranje cijele biljke kukuruza. *Krmiva*, 62, 2: 97-106. <https://doi.org/10.33128/k.62.2.4>
36. Zurak, D., Grbeša, D., Kljak, K. (2018.): Fizikalna svojstva i fermentacijski profil silaže cijele biljke kukuruza s velikih farma Republike Hrvatske. *Journal of Central European Agriculture*, 19(1): 126-141. <https://doi.org/10.5513/JCEA01/19.1.2031>

SUMMARY

Corn silage (CS) is the main energy component of the ration in feeding cattle for meat and milk. The objective of this study was to determine the quality of CS from the Sisak-Moslavina County produced in 2016 on ten family farms. Total of 65 CS samples were analyzed for organoleptic, physical, chemical and biological quality parameters.

The color of the analyzed CS ranged from normal and greenish to dark brown, and the smell from the smell of alcohol and butyric acid to the smell of caramel. The most common was the chopping length of 0.8-1.9 cm (55% of the analyzed samples), followed by 0.4-0.8 cm (31% of the analyzed samples). The CS produced had on average dry matter (DM) content 378.31 g kg⁻¹ fresh sample, neutral detergent fiber (NDF) 407.78 g kg⁻¹ DM and pH value 4.37, crude protein (CP) 72.81 g kg⁻¹ DM, starch 343.3 g kg⁻¹ DM, metabolic energy (ME) 10.85 MJ kg⁻¹ DM, net energy for lactation (NEL) 6.56 MJ kg⁻¹ DM and digestibility of organic matter (OMD) 711 g kg⁻¹ DM. Out of the total of analyzed samples, the optimal quality was determined in 23% of CS for DM, 46% for CP content, 18% for starch, 23% for pH value and 0% for OMD.

It was concluded that the analyzed CS were produced from corn crops ensiled in later stages of phenological maturity than optimal for the production of high quality CS. Also, the values determined for DM, NDF, pH, starch were higher while the values for CP, ME, NEL i OMD lower than reported by previous monitoring of CS quality on family farms as well as the desired values for CS. The variable quality of the produced CS indicates applied different technology of cultivation and ensiling of corn crops in the same microclimatic conditions.

Keywords: corn silage, NIR spectroscopy, chemical composition