Hranidbena vrijednost kukuruznih silaža Sisačko-moslavačke županije

Bogičević, Milan

Master's thesis / Diplomski rad

2022

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Agriculture / Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:204:055591

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-25**

Repository / Repozitorij:

Repository Faculty of Agriculture University of Zagreb

Sveučilište u Zagrebu
Agronomski fakultet

University of Zagreb
Faculty of Agriculture

HRANIDBENA VRIJEDNOST KUKURUZNIH SILAŽA SISAČKO-MOSLAVAČKE ŽUPANIJE

DIPLOMSKI RAD

Milan Bogičević

Zagreb, svibanj, 2022.

Sveučilište u Zagrebu
Agronomski fakultet

University of Zagreb
Faculty of Agriculture

Diplomski studij:

Biljne znanosti

HRANIDBENA VRIJEDNOST KUKURUZNIH SILAŽA SISAČKO-MOSLAVAČKE ŽUPANIJE

DIPLOMSKI RAD

Milan Bogičević

Mentor:

Prof.dr.sc. Marina Vranić

Zagreb, svibanj , 2022.

Sveučilište u Zagrebu
Agronomski fakultet

University of Zagreb
Faculty of Agriculture

IZJAVA STUDENTA

O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Ja, **Milan Bogičević**, JMBAG 0178104163, rođen/a 15.12.1996 u Čačak, Srbija, izjavljujem da sam samostalno izradila/izradio diplomski rad pod naslovom:

Hranidbena vrijednost kukuruznih silaža Sisačko-moslavačke županije

Svojim potpisom jamčim:

- da sam jedina autorica/jedini autor ovoga diplomskog rada;
- da su svi korišteni izvori literature, kako objavljeni tako i neobjavljeni, adekvatno citirani ili parafrazirani, te popisani u literaturi na kraju rada;
- da ovaj diplomski rad ne sadrži dijelove radova predanih na Agronomskom fakultetu ili drugim ustanovama visokog obrazovanja radi završetka sveučilišnog ili stručnog studija;
- da je elektronička verzija ovoga diplomskog rada identična tiskanoj koju je odobrio mentor;
- da sam upoznata/upoznat s odredbama Etičkog kodeksa Sveučilišta u Zagrebu (Čl. 19).

U Zagrebu, dana _____

_____
Potpis studenta / studentice

Sveučilište u Zagrebu
Agronomski fakultet

University of Zagreb
Faculty of Agriculture

IZVJEŠĆE

O OCJENI I OBRANI DIPLOMSKOG RADA

Diplomski rad studenta/ice **Milan Bogičević**, JMBAG 0178104163, naslova

HRANIDBENA VRIJEDNOST KUKURUZNIH SILAŽA SISAČKO-MOSLAVAČKE ŽUPANIJE

obranjen je i ocijenjen ocjenom _____ , dana _____ .

Povjerenstvo:			Potpisi:
1.	prof.dr.sc. Marina Vranić	mentor	_____
2.	izv.prof.dr.sc. Krešimir Bošnjak	član	_____
3.	doc.dr.sc. Kristina Kljak	član	_____

Zahvala

Ovime zahvaljujem djelatnicima akreditiranog laboratorija Centra za kontrolu kvalitete stočarskih proizvoda Hrvatske agencije za poljoprivredu i hranu u Križevcima na ustupljenim rezultatima analiza kukuruznih silaža za potrebe izrade ovog diplomskog rada.

Također ovim putem zahvalio bih se svojoj mentorici izv. prof. dr. sc. Marini Vranić na stručnom vodstvu i savjetima tijekom pisanja diplomskog rada.

Sadržaj

1. Uvod 1

1.1. Hipoteza i cilj rada 2

2. Pregled literature 3

2.1. Proizvodnja kukuruzne silaže 4

2.1.1. Vrste silosa 7

2.2. Čimbenici kvalitete kukuruzne silaže 8

2.2.1. Utjecaj mikroklime uzgoja na kvalitetu kukuruzne silaže 8
2.2.2. Utjecaj hibrida kukuruza na kvalitetu kukuruzne silaže 8

2.3. Kemijski parametri kvalitete kukuruzne silaže 9

2.3.1 Suha tvar 9
2.3.2 Sirovi proteini (SP) 9
2.3.3 Neutralna detergent vlakna (NDV) 10
2.3.4 Kisela detergent vlakna (KDV) 10
2.3.5 Škrob 10
2.3.6 Vrijednost pH 11
2.3.7 Energija i probavljivost kukuruzne silaže 11

3. Materijali i metode rada 12

3.1. Porijeklo uzoraka kukuruzne silaže 12

3.2. Utvrđivanje sadržaja suhe tvari uzoraka 12

3.3. Procjena hranidbene vrijednosti uzoraka 12

3.4. Ocjena strukture čestica silaže 13

3.5. Ocjena mirisa i boje uzoraka kukuruznih silaža 13

3.6. Statistička obrada rezultata istraživanja 14

4. Rezultati i rasprava rezultata 15

5. Zaključak 20

6. Popis literature 21

Životopis 24

Sažetak

Diplomskog rada studenta **Milan Bogičević**, naslova

Hranidbena vrijednost kukuruznih silaža Sisačko-moslavačke županije

Kukuruzna silaža (KS) je visoke energetske vrijednosti i glavna energetska komponenta obroka u hranidbi preživača. Cilj ovog diplomskog rada bio je utvrditi hranidbenu vrijednost KS s područja Sisačko–moslavačke županije proizvedenih tijekom 2016. godine na deset većih obiteljskih poljoprivrednih gospodarstava (OPG) koja se bave proizvodnjom mlijeka. Analizirano je 65 uzoraka KS NIR spektroskopijom na organoleptičke, fizikalne, kemijske i biološke parametre kvalitete u akreditiranom laboratoriju Centra za kontrolu kvalitete stočarskih proizvoda Hrvatske agencije za poljoprivredu i hranu u Križevcima.

Utvrđeno je 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. Najzastupljenija je bila duljina sječke od 0,8-1,9 cm (55 %), a zatim od 0,4-0,8 cm (31%). Proizvedene KS su u prosjeku imale 378 g suhe tvari (ST) kg^{-1} svježeg uzorka, 73 g sirovih proteina (SP) kg^{-1} ST, i 408 g neutralnih detergent vlakana (NDV) kg^{-1} ST. Srednja vrijednost sadržaja škroba je iznosila 343 g kg^{-1} ST, a ME je 10,85 MJ kg^{-1} ST. Srednja pH vrijednost je iznosila 4,37, a kretala se od 3,5-6,5. Prosječna neto energija laktacije (NEL) je iznosila 6,56 MJ kg^{-1} ST, a prosječna probavljivost organske tvari (OT) 711 g kg^{-1} ST.

Zaključeno je da su analizirani uzorci KS, prema prosječnim vrijednostima pojedinih parametara kvalitete, visoke hranidbene vrijednosti i proizvedeni od usjeva kukuruza siliranih u kasnijim fazama fenološke zrelosti. Osim toga, široki rasponi sadržaja pojedinih parametara kvalitete proizvedenih KS, ukazuju na neujednačenu hranidbenu vrijednost kao posljedicu primjene različitih tehnologija uzgoja i siliranja usjeva kukuruza.

Ključne riječi: kukuruzna silaža, kemijski sastav, NIR spektroskopija

Summary

Of the master's thesis – student **Milan Bogičević,** entitled

Nutritive value of corn silages in Sisak-Moslavina County

Corn silage (CS) is of high energy value and the main energy component of ration in ruminant nutrition. The aim of this study was to determine the nutritive value of CS from the Sisak-Moslavina County produced in 2016 on ten larger milk producing family farms. Total of 65 samples of CS were analyzed by NIR spectroscopy for organoleptic, physical, chemical and biological quality parameters in the accredited laboratory of the Croatian Agency for Agriculture and Food in Križevci.

It was found that the color of the analyzed CS samples 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 length of the cuttings ranged from 0.8-1.9 cm (55%), followed by 0.4-0.8 cm (31%). The CS produced had on average 378 g dry matter (DM) kg^{-1} fresh sample, 73 g crude protein (CP) kg^{-1} DM and 408 g neutral detergent fiber (NDF) kg^{-1} DM. The mean starch content was 343 g kg^{-1} DM while the average ME content 10.85 MJ kg^{-1} DM. The mean pH value was 4.37 (ranged from 3.5-6.5). The average net energy of lactation (NEL) was 6.56 MJ kg^{-1} DM, and the average digestibility of organic matter (OM) was 711 g kg^{-1} DM.

It was concluded that the analyzed CS samples, according to the average values of individual quality parameters, were produced from maize crops ensiled in the later stages of phenological maturity. In addition, wide ranges of content of individual quality parameters indicate variable nutritive value as a result of different technologies applied for growing and ensiling corn crops.

Keywords: maize silage, NIR spectroscopy, chemical composition

1. Uvod

Kukuruz (Zea mays L.) je jednogodišnja biljna vrsta iz porodice trava (Gramineae). Radi visoke adaptabilnosti na različite klimatske i pedološke uvjete, uz pšenicu i rižu, je globalno najzastupljenija žitarica (Santiago Lopez i sur. 2017). Uzgaja se na ukupnoj površini od 100 milijuna hektara u 125 zemalja (Feedipedia, 2022) te prerađuje u različite industrijske i prehrambene proizvode (zaslađivači, pića, ljepila, etanol), a čak 50 % ukupno uzgojenog kukuruza koristi se u hranidbi životinja (Kung i sur. 2018). Kukuruz ima veliki agrotehnički značaj jer se svi dijelovi biljke (osim korijena) mogu iskoristiti za prehranu ljudi, industriju ili za hranidbu domaćih životinja, a sam korijen obogaćuje tlo organskom tvari (OT) i time potiče mikrobiološku aktivnost. Prema podatcima FAOSTAT-a, u posljednjih 20-ak godina, zabilježeno je povećanje uzgoja kukuruza na globalnoj razini (Feedipedia 2022).

Kukuruzna silaža (KS) je glavna krmna komponenta u obroku muznih krava. Uključivanje KS u obroke temeljene na travnoj masi ili travnoj silaži/sjenaži u hranidbi muznih krava rezultiralo je povećavanjem konzumacije obroka, a time mliječnosti i sadržaja sirovih proteina (SP) u mlijeku (Khan i sur. 2014.). Naime, kukuruzna i travna silaža su komplementarne u hranidbi jer kukuruzna silaža je izvor energije, a travna silaža sirovih proteina. Proteini travne silaže su visoko topivi u buragu, a njihovom razgradnjom se oslobađa N za sintezu mikrobnog proteina kojega će mikrobni proteini iskoristiti za svoj rast i razvoj samo ako obrok sadrži i dovoljno energije. Ako nema dovoljno energije u obroku, dolazi do mobilizacije rezervne energije i gubitka tjelesne mase i/ili se N izluči iz organizma i ostaje neiskorišten za mikrobe buraga a time i za životinju (Vranić i sur. 2011.).

Veliki gospodarski značaj kukuruza predstavlja raznovrsnost upotrebe, veliki biološki potencijal rodnosti zrna i ukupna organska tvar (OT) po jedinici površine (Bolarić 1996.).

Istraživanja hranjivosti KS s obiteljskih poljoprivrednih gospodarstva (OPG) kontinentalne Hrvatske se periodički provode. Prvo istraživanje je provedeno 2004. Godine (Vranić i sur. 2004.), a zadnje za 2017. godinu Lukšić i sur. 2017.; Zurak i sur. 2018.). Utvrđen je isti trend proizvodnje kukuruzne silaže visoke hranjivosti, travne silaže osrednje hranjivosti, a sijena osrednje do niske hranjivosti.

KS visoke hranjivosti bi trebala sadržavati 270 - 350 g kg^{-1} ST, više od 70 g sirovih proteina (SP) kg^{-1} ST, 250 do 300 g škroba kg^{-1} ST, više od 350 g neutralnih detergent vlakana (NDV) kg^{-1} ST, 250 do 300 g organske tvari (OT) kg^{-1} ST, više od 11,5 MJ metaboličke energije (ME) kg^{-1}, pH vrijednost od 3,5 do 4,0 i probavljivost OT veću od 700 g kg^{-1} ST % (Chamberain i Wilknson 1996.).

KS proizvedena na OPG-ima sjeverozapadne Hrvatske analizirana 2004. godine (analizirano 96 uzoraka porijeklom s 19 obiteljskih poljoprivrednih gospodarstava, većih proizvođača mlijeka) je u prosjeku imala nizak udio proteina (65,19 g kg-1 ST), ali je zadovoljila standarde energetskog krmiva visoke kvalitete radi visokog udjela ST (391,78 g kg^{-1} svježeg uzorka), škroba (335,13 g kg^{-1} suhe tvari), poželjne pH vrijednosti (3,7), dobre probavljivosti OT (71,6 %) (Vranić i sur. 2004). Prema utvrđenim kemijskim i biološkim

pokazateljima hranjivosti istraživanih uzoraka KS, iz 2004. godine svi parametri su bili karakteristični za KS visokog udjela suhe tvari koja je proizvedena od cijele biljke kukuruza u kasnoj fazi zrelosti sušne i vruće 2003. godine (Vranić i sur. 2005.).

U narednom istraživanju, 2005. godine (analizirano 100 uzoraka s 18 obiteljskih poljoprivrednih gospodarstava, većih proizvođača mlijeka), uzorci KS su bili sličnih hranjivosti uz izuzetak prosječnog udjela SP koji je bio niži (58,96 g kg^{-1} ST) u usporedbi s 2004. godinom (65,19 g kg^{-1} ST) što je pripisano vremenskim uvjetima u godini proizvodnje (Vranić i sur. 2005.).

Rezultati istraživanja iz 2013. i 2014. godine (analizirano 130 uzoraka sa 45 obiteljskih poljoprivrednih gospodarstava) ukazuju na prosječan visoki sadržaj ST analiziranih uzoraka KS (389,29 g ST kg^{-1} svježeg uzorka), poželjan sadržaj škroba (336 g kg^{-1} ST) i ME (11,5 MJ kg^{-1}) te visoku probavljivost OT (737 g kg^{-1} ST) (Lukšić i sur. 2017.). Utvrđen je značajno veći udjel ST, ME, a manji udjel SP u 2013. u usporedbi s 2014. godinom. Obzirom na vrijednosti analiziranih kemijskih parametara, analizirani uzorci KS iz 2013. i 2014. godine također ukazuju na visoku hranjivost (Lukšić i sur. 2017.).

Optimalno vrijeme košnje biljke kukuruza za proizvodnju kukuruzne silaže visoke hranjivosti je u fazi nalijevanja zrna kada je gornja polovica zrna tvrda a donja još uvijek meka i mliječna (Chamberlain i Wilkinson 1996.).

1.1. Hipoteza i cilj rada

Hipoteza ovog diplomskog rada je da su analizirane kukuruzne silaže s područja Sisačko-moslavačke županije visoke do vrlo visoke kvalitete obzirom na kemijski sastav.

Cilj rada bio je utvrditi kemijski sastav analiziranih kukuruznih silaža s područja Sisačko-moslavačke županije proizvedenih tijekom 2016. godine.

2. Pregled literature

Kukuruz je visoko pogodan za siliranje radi niskog pufernog kapaciteta i visokog sadržaja vodotopivih ugljikohidrata. Proizvodnja silaže od cijele biljke kukuruza je potpuno mehanizirana, a usjev se kosi jedan puta godišnje što smanjuje potrebnu radnu snagu. Osim za silažu cijele biljke, kukuruz u hranidbi stoke koristi se kao silaža vlažnog zrna ili klipa te suho zrno.

KS je glavna energetska komponenta u hranidbi preživača jer je visoke hranjive kvalitete i visoke energetske vrijednosti. Osim toga, usjev kukuruza je relativno lak za uzgoj i ima visoki prinos suhe tvari (ST) po jedinici površine (Carpentier i Cabon 2011.). Kao takav, usjev kukuruza za siliranje je široko rasprostranjen u mnogim dijelovima svijeta s tendencijom porasta proizvodnje 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 je energetsko krmivo jednako značajno u proizvodnji mlijeka i proizvodnji mesa. Daje visoke prinose ST krme po jedinici površine (od 13 do 20 t ha^{-1}). KS u odnosu na silaže drugih voluminoznih krmiva odlikuje laka i fleksibilna proizvodnja i spremanje (Philippeau i Michalet 1998.), visoka ješnost, visoki sadržaj ST (Coors 1996.) te osobito visoka koncentracija neto energije u obliku škroba (Phipps i sur. 1993.).

Zbog sve većeg oslanjanja na kukuruznu silažu kao glavnu komponentu u hranidbi muznih krava važno je odrediti hranjivu vrijednost te utjecaj kvalitete KS na proizvodne rezultate muznih krava. Visoka konzumacija KS osobito je važna za krave s visokom proizvodnjom mlijeka. Krma u svježem ili siliranom obliku često je glavni izvor polizasićenih masnih kiselina (PUFA) u obroku muznih krava.

Sadržaj hranjivih tvari i energetska vrijednost KS biološki je određena omjerom stabljike, lista i klipa (zrna) u ST hibrida, gnojidbom, sezonskim vremenskim prilikama, stadijem zrelosti i tehnologijom siliranja te udjelom i probavljivošću škroba i vlakana u probavnom traktu preživača (Bal i sur. 2000.; Moss i sur. 2001.) Na probavljivost, energetsku vrijednost i prikladnost cijele biljke kukuruza za siliranje najviše utječe stadij zrelosti usjeva kukuruza u trenutku košnje (Johnson i sur. 1999).

Najviši prinosi hranjivih tvari po jedinici površine se ostvaraju kod siliranja cijele biljke kukuruza u fazi voštane ili kasno voštane zriobe, odnosno kad biljka sadrži 300-350 g ST kg^{-1} svježeg usjeva.

U obroku muznih krava kukuruzna silaža se može koristiti kao jedino krmivo bez negativnih posljedica po zdravlje životinja uz dodatak potrebnih količina proteina, fosfora i minerala (Chamberlain i Wilkinson, 1996.)

2.1. Proizvodnja kukuruzne silaže

Proizvodnja krmiva za hranidbu životinja obuhvaća proces od sjetve do skidanja usjeva, odnosno do siliranja i zatvaranja silosa.

Sjetva kukuruza započinje kad je temperatura sjetvenog sloja tla 8-10°. Optimalni rokovi sjetve su od 10. do 25. travnja. Kukuruz dijelimo s obzirom na duljinu vegetacije po FAO grupama 100-1000. Ranije grupe se prve siju, a zatim sa napredovanjem vegetacije kasniji hibridi.

Mjere njege kod kukuruza su zaštita od korova te međuredna kultivacija. Kukuruz ima spor početni porast i zato je važno zaštiti usjev od korova u početnim fazama razvoja.

Za silažu se koriste hibridi kasnijih FAO grupa. Optimalan trenutak za siliranje je u stadiju 1/2 do 2/3 mliječne linije na zrnu. Tada se postiže optimalan omjer između sadržaja škroba kao nosioca energetske vrijednosti i vodotopivih šećera potrebnih za proizvodnju dovoljne količine mliječne kiseline koja snižavanjem kiselosti ispod pH 4.0 konzervira cijelu biljku kukuruza. Na slici 1 je prikazan presjek klipa kukuruza na dan siliranja.

Slika 1. Presjek klipa kukuruza optimalnog za siliranje
Izvor: https://agrosavjet.com/wp-content/uploads/2020/08/KUKURUZ-KLIP.jpg

Pojam „siliranje“ označava konzerviranje i skladištenje zelene krme u anaerobnim uvjetima, pogodnim za razvoj i aktivnost mikroorganizama koji vrše fermentaciju biljnih ugljikohidrata u organske kiseline što dovodi do povećanja kiselosti biljne mase i njenog konzerviranja u obliku silaže.

Tehnološki proces siliranja cijele biljke kukuruza sastoji se od nekoliko faza: košnja i usitnjavanje biljne mase, transport usitnjene biljne mase do mjesta skladištenja (silosa), sabijanje biljne mase u silosu, zatvaranje silosa.

Košnja i usitnjavanje biljne mase je prvi korak u pospremanju kukuruzne silaže (slika 2). Sadržaj ST biljke kukuruza za siliranje je oko 350 g kg^{-1} svježeg usjeva kako bi masu mogli čvrsto sabiti i što prije postići anaerobne uvjete (Antov i sur. 2004.) Visina košnje usjeva kukuruza za siliranje bi trebala biti 15-20 cm od razine tla. Košnja usjeva kukuruza za siliranje na veću visinu rezultira većom probavljivošću kukuruzne silaže. Kod klasičnih hibrida donji dijelovi stabljike slabije su probavljivi jer sadrže više lignina, a košnjom do 50 cm se povećava probavljivost kukuruzne silaže, ali i smanjuje profitabilnost gubitkom prinosa (Vranić i sur. 2020).

Usjev se kosi silo-kombajnima, koji nakon košnje sjecka cijelu biljku kukuruza na dijelove dužine 1,5-3 cm. Dulja sječka (>2,5 cm) može otežati sabijanje biljne mase i time stvoriti uvjete za razvoj nepoželjnih mikroorganizama (plijesni) i mikotoksina u silaži kukuruza. Silo-kombajni trebaju biti opremljeni drobilicom zrna koja svako zrno usitni ili ošteti čime se povećava površina za rast i razvoj poželjnih mikroorganizama koji razgrađuju organsku tvar i konzerviraju biljku kukuruza (Jensen i sur. 2005.). Dobro sasjeckana kukuruzna silaža bi trebala imati 95 % nagnječenih (oštećenih) zrna.

Slika 2. Košnja i usitnjavanje biljne mase – silo-kombajn

Sljedeći korak je prijevoz usitnjene silažne mase do silosa. Prijevoz se može obaviti prikolicama ili poluprikolicama raznih namjena koje imaju mogućnost brzog istovara na mjestu skladištenja (slika 3).

Slika 3. Istovar silažne mase na mjestu skladištenja i formiranje silo hrpe

Nakon dovoza biljne mase do silosa potrebno je njeno ravnomjerno raspoređivanje te sabijanje kako bi se postigli anaerobne uvjeti za fermentaciju. Sabijanje biljne mase treba obaviti s dovoljno teškim strojem poput traktora (slika 4). Optimalna sabijenost silaže iznosi oko 700 kg/m^3 zelene mase. Važno je kontinuirano gaziti silažnu masu da se izbjegne stvaranje „zračnih jastuka“ i moguće kvarenje. Najbolje je kada se punjenje i zatvaranje silosa može završiti u jednom danu.

Slika 4. Sabijanje biljne mase u silosu

Zadnji korak je zatvaranje silosa koji slijedi nakon završetka punjenja te završnog gaženja kako bi postigli optimalnu sabijenost. Za zatvaranje silosa najčešće se koriste polietilenske

folije za tu namjenu. Debljine folija iznosi 100-200 µm. One štite silažu od kiše i prodiranja zraka. Najviše su u upotrebi crno-bijele silo folije koje sprječavaju oštećenja djelovanjem Sunca. Bijela boja sprječava pregrijavanje silaže, a crna osigurava potpunu nepropusnost svijetlosti. Ispod silo folije stavlja se pod-folija koja ima funkciju stvaranja „vakuuma“ te u slučaju oštećenja gornje folije sprječava ulazak zraka. Na kraju se postavljaju zaštitne mreže kako bi spriječile eventualna mehanička oštećenja folije pristupom domaćih i divljih životinja te ptica. Slika 5. prikazuje zatvoreni „trench“ silos pokriven silo folijom.

Slika 5. Pokrivanje silosa

Izvor: https://hansonsilo.com/wp-content/uploads/long-narrow-bunker-silo-covered-with-tarp.jpg

2.1.1. Vrste silosa

U praksi su u upotrebi različite vrste i dimenzije silosa. Silose možemo podijeliti na vertiklalne i vodoravne. Vertikalni ili silo-tornjevi su cilindričnog oblika te njihovo punjenje i pražnjenje može biti potpuno automatizirano pa iziskuju i najveća kapitalna ulaganja.

Vodoravni ili horizontalni silosi se koriste za skladištenje velikih količina krme i mogu se izgraditi uz puno manja ulaganja od silo-tornjeva. Dijelimo ih na silo jame, silo hrpe te na bunker ili „trench“ silose. Silo jame su bile prvo korišteni silosi, a danas se više ne koriste. Silo hrpe se postavljaju na ocjeditom zemljištu te su minimalna financijska ulaganja jer zahtijevaju samo betonsku podlogu ili plastičnu foliju. „Trench“ ili bunker silos je omeđen sa dvije ili tri strane zidovima koji su obično visoki 2-4 m. Poželjan je konusni oblik zidova kako bi dobili bolje zbijanje biljne mase uz stranice silosa i postigli kontakt između zidova i silirane mase. U praksi se često rade bunker silosi s ravnim zidovima gdje je otežano zbijanje silirane mase uz zidove pa uz zidove može doći do prodora zraka u biljnu masu i njenog kvarenja. Slika 6. prikazuje otvorenu silo hrpu.

Slika 6. Silo hrpa

2.2. Čimbenici kvalitete kukuruzne silaže

Na kvalitetu kukuruzne silaže utječu mnogi čimbenici kao što su mikroklima uzgoja, hibridi kukuruza, agrotehnika proizvodnje, visina košnje biljke kukuruza za siliranje, način skladištenja te zatvaranje silosa. Najveći utjecaj imaju mikroklima uzgoja te izbor hibrida.

2.2.1. Utjecaj mikroklime uzgoja na kvalitetu kukuruzne silaže

Ovisno o klimi uzgojnog područja siju se različite FAO grupe kukuruza zbog duljine vegetacije. U hladnijim zonama umjerenog okoliša za proizvodnju silaže koriste se hibridi tipa tvrdunac zbog njihove tolerancije na hladnoću.

2.2.2. Utjecaj hibrida kukuruza na kvalitetu kukuruzne silaže

Glavna podjela hibrida po osnovi teksture zrna je na zubane i tvrdunce. Većina sorti uzgajanih za silažu u Europi i sjevernoj Americi su tipa zuban zbog visokog prinosa ST i visokog sadržaja škroba. Nije utvrđena razlika u proizvodnji i sastavu mlijeka muznih krava hranjenih silažom kukuruza pripremljene od sorte zubana ili tvrdunca (Schroeder i sur. 1998.). Suprotno tome, Jensen i sur. (2005.) utvrdili su veću razgradnju škroba kukuruzne silaže u buragu janjadi kod sorte zubana. Zaštita slabo razgradivom proteinskom matricom i

tvrda tekstura samog škroba rezultiraju nižom brzinom i nižom razinom razgradnje u buragu preživača kod sorti tvrdunaca u odnosu na sorte zubana. Škrob u zrnu kukuruza tipa zuban pokazao je veću brzinu i stupanj razgradnje škroba od tipa tvrdunac. Iako se genetski razlikuju (zuban vs. tvrdunac) caklavost zrna se povećava tijekom sazrijevanjem usjeva. Caklavost predstavlja udio caklavog u odnosu na brašnavi endosperm zrna kukuruza i koristi se za procjenu tvrdoće endosperma. Sadržaj škroba važan je kriterij prihvaćanja novih sorti kukuruza na preporučenim sortnim listama kukuruza.

2.3. Kemijski parametri kvalitete kukuruzne silaže

U kemijske parametre kvalitete kukuruzne silaže ubrajamo sadržaj ST, sirovih proteina (SP), neutralnih detergent vlakana (NDV), kiselih detergent vlakana (KDV), škroba te pH vrijednost.

2.3.1 Suha tvar

Suha tvar je onaj dio biljne mase koji nije voda. Dio varijacija u sadržaju ST pripisuje se mikroklimatskim faktorima, različitoj agrotehnici proizvodnje i korištenju različitih hibrida kukuruza (Hunt i sur. 1993.) Razina ST ne utječe samo na sadržaj važnih hranjivih sastojaka nego i na njihovu probavljivost i kvalitetu fermentacije. Sa zrenjem usjeva kukuruza povećava se sadržaj ST te se relativno smanjuje količina vlakana u ST. Kod sadržaja ST nižeg od 280 g kg^{-1} svježeg usjeva postoji opasnost od prekomjernog otjecanja silažnog soka iz silosa. Suprotno tome, biljna masa koja sadrži više od 400 g ST kg^{-1} svježeg usjeva se otežano sabija u silosu.

2.3.2 Sirovi proteini (SP)

Kukuruzne silaže imaju relativno nizak sadržaj SP koji se na OPG-ima u SZ Hrvatskoj kretao od 55 g kg^{-1} ST do 63,8 g kg^{-1} ST (Vranić i sur. 2005) što je niže od prosjeka za kukuruznu silažu (85 i 80 g kg^{-1} ST) koja sadrži 400 g ST kg^{-1} svježeg uzorka prema NRC (2001.) i DLG (1997.), i niži od 90 g kg^{-1} ST prema Leaveru (1992.) za kukuruznu silažu koja sadrži 280 g ST kg^{-1} svježeg usjeva. Osim količinski, silaže kukuruza su i kvalitativno siromašne na SP jer zrnu kukuruza nedostaju dvije esencijalne amino kisleina; lizin i triptofan.

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.). Poželjna je proizvodnja voluminozne krme visokog sadržaja SP kako bi proizvodnja bila što ekonomičnija jer se u suprotnom moraju osiguravati iz koncentrata.

2.3.3 Neutralna detergent vlakna (NDV)

Neutralna detergent vlakna (NDV) predstavljaju sadržaj celuloze, hemiceluloze i lignina u biljkama tj. strukturna vlakna koja izgrađuju stanične stjenke. 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, visina žetve te oplodnja. Khan i sur. (2012) su utvrdili velike razlike u sadržaju NDV u silaži kukuruza koje su bile pretežno uzrokovane velikim razlikama u zrelosti usjeva. Zaključno, odgađanje vremena košnje za dobivanje visokog sadržaja škroba u silaži kukuruza rezultira nižim sadržajem NDV, a posebno probavljivog NDV.

Sadržaj NDV se tijekom siliranja smanjuje, jer se dio hemiceluloze razgradi u kiselom mediju silaže (Morrison, 1979.). Kukuruzna silaža prema Leaveru (1992.) ima uobičajeno 390 g NDF kg^{-1} ST. Na OPG-ima SZ Hrvatske se sadržaj NDV u kukuruznim silažama kreće od 380 – 450 g kg^{-1} ST (Vranić i sur. 2005).

2.3.4 Kisela detergent vlakna (KDV)

Kisela detergent vlakna (KDV) predstavljaju količinu slabo probavljivih ili neprobavljivih biljnih komponenti (staničnih stijenki) u krmi. Sastoji se uglavnom od celuloze i lignina. Preko sadržaja KDV se procjenjuje sadržaj energije i probavljivost krme. Na OPG-ima SZ Hrvatske se sadržaj KDV je u prosjeku iznosio 263 g kg^{-1} ST (Vranić i sur. 2004), odnosno 256 g kg^{-1} ST (Vranić i sur. 2005).

2.3.5 Škrob

Odgađanjem roka košnje usjeva kukuruza za siliranje, povećava se sadržaj škroba i smanjuje sadržaj vlakana u krmi, pa kukuruzna silaža bogata škrobom osigurava više energije za mikroorganizme buraga, veću konzumaciju i veću proizvodnju mlijeka.

Međutim, kod sadržaja ST usjeva kukuruza za siliranje >400 g kg^{-1} opada razgradivost škroba u buragu životinja pa je manje energije dostupno za mikrobe buraga (Chamberlain i Wilkinson 1996.).

Kukuruzna silaža je energetsko krmivo bogato škrobom kao izvorom energije. Sadržaj škroba u kukuruznoj silaži se kreće od 289,33 g kg^{-1} ST do 401,67 g kg^{-1} ST (Vranić i sur. 2005.). Veći sadržaj škroba ukazuje da su silirane cijele biljke kukuruza u kasnijim fazama zrelosti DLG (1997.). Uobičajeni sadržaj škroba kukuruzne silaže koja sadrži 280 g ST kg^{-1} je 240 g kg^{-1} ST (Leaver 1992.).

2.3.6 Vrijednost pH

Vrijednost pH kvalitetne kukuruzne silaže kreće se u rasponu od 3,7 – 4,2 (Zadravec i sur. 2013.). Vrijednost pH silaže iznad 4,5 ukazuje siliranje nije optimalno provedeno te da je silaža niske kvalitetu. Sadržaj pH u silosu je povezan i s pufernim kapacitetom krme koja se silira. Puferni kapacitet predstavlja prirodnu otpornost biljnog materijala na promjenu pH vrijednosti, osobito na povećanje kiselosti (Kung i sur. 2018.). Visina pufernog kapaciteta najviše ovisi o sadržaju organskih kiselina, ortofosfata, nitrata, sulfata, klorida i samo 10-20% o sadržaju proteina (Kung i sur. 2018.). Visoki puferni kapacitet imaju lepirnjače i kupusnjače, pa se teško siliraju, trave imaju osrednji puferni kapacitet, a kukuruz niski i zato je pogodan za siliranje.

2.3.7 Energija i probavljivost kukuruzne silaže

Neto energija laktacije (NEL) je količina energije iz krme potrebna za zadovoljenje uzdržnih potreba životinja i za proizvodnju mlijeka kod muznih krava (NRC, 2001). Sadržaj NEL je u pozitivnoj korelaciji sa zrelošću usjeva kukuruza za siliranje, ali do određene zrelosti usjeva (Neylon i Kung 2003). Tehnologija proizvodnje kukuruzne silaže utječe na sadržaj NEL. S povećanjem visine košnje usjeva kukuruza za siliranje povećava se NEL kukuruzne silaže proizvedene od usjeva kukuruza košenog u kasnijoj zrelosti (biljka kukuruza sadržaja ST 410 g kg^{-1} svježeg usjeva), ali ne u ranijoj (biljka kukuruza sadržaja ST 340 g ST kg^{-1} svježeg usjeva) kod koje sadržaj NEL nije ovisan o visini košnje usjeva kukuruza za siliranje (Neylon i Kung 2003). Viša košnja usjeva kukuruza za siliranje (45,7 cm vs. 12,7 cm) povećava proizvodnju mlijeka po toni konzumirane KS proizvedene od usjeva košenog u ranijoj fazi zrelosti (340 g ST kg^{-1} svježeg usjeva), ali ne i u kasnijoj (410 g ST kg^{-1} svježeg usjeva) (Neylon i Kung 2003).

Probavljivost krme ukazuje na iskoristivost hranjiva u probavnom traktu preživača i na energetsku vrijednost 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).

3. Materijali i metode rada

3.1. Porijeklo uzoraka kukuruzne silaže

Za potrebe izrade ovoga rada korišteni su rezultati kemijskih analiza uzoraka kukuruznih silaža s područja Sisačko-moslavačke županije. Kukuruzne silaže su proizvedene u jesen 2016. godine siliranjem usjeva kukuruza u horizontalne silose ili silo hrpe. Uzorci kukuruznih silaža su uzimani na 10 obiteljskih poljoprivrednih gospodarstava, većih proizvođača mlijeka, od studenog 2016. do travnja 2017. godine.

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 slijedećeg dana po uzimanju, uzorci su dostavljani u laboratorij Hrvatske agencije za poljoprivredu i hranu u Križevcima na analizu.

Ukupno je prikupljeno i analizirano 65 uzoraka kukuruzne silaže.

3.2. Utvrđivanje sadržaja suhe tvari uzoraka

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

Dostavna suha tvar je utvrđena pomoću slijedeće formule:

$$Dostavna\ suha\ tvar = (masa\ uzorka\ prije\ sušenja - masa\ vrećice\ za\ sušenje) - (masa\ uzorka\ nakon\ sušenja - masa\ vrećice\ za\ sušenje) * 100$$

Osušeni uzorci su samljeveni na veličinu čestica od 1 mm korištenjem mlina Cyclotec 1093, proizvođača Foss. Uzorci su prije skeniranja dosušivani na temperaturi od 105 ^{o}C tijekom 2 sata i hlađeni u eksikatoru na sobnu temperaturu.

3.3. Procjena hranidbene vrijednosti uzoraka

Kemijski sastav uzoraka kukuruznih silaža je procijenjen NIR spektroskopijom u suglasju s normom HRN EN ISO 12099:2017 u akreditiranom laboratoriju Centra za kontrolu kvalitete stočarskih proizvoda Hrvatske agencije za poljoprivredu i hranu u Križevcima. Korišten je NIR aparat, model DA 7200, Perten.

S obzirom na prethodno utvrđen sadržaj suhe tvari (ST), procijenjeni su slijedeći kemijski parametri hranjivosti: sirovi proteini (SP), sirova vlakna (SV), sirove masti (SM), kisela detergent vlakna (KDV), neutralna detergent vlakna (NDV), pepeo, organska tvar (OT), škrob, pH vrijednost. Nadalje, procijenjen je i sadržaj: nedušične ekstraktivne tvari (NET), neto energija za laktaciju (NEL) i probavljivost OT.

3.4. Ocjena strukture čestica silaže

Ocjena strukture čestica silaže je provedena prema metodi Pennsylvania State University (Heinrichs, 2013.) upotrebom Penn State Particle Separatora (PSPS). Princip ocjene strukture čestica silaže se temelji na principu prosijavanja silaže preko tri sita (tablica 1), (Lammers i sur. 1996.)

Tablica 1. Preporuke za veličinu čestica (preračunato u mm) prosijavanjem Penn State Particle Separatorom za kukuruznu silažu (Lammeres i sur. 1996)

Položaj sita	Promjer pora sita, mm	Veličina čestica, mm	Tipične vrijednosti za kukuruznu silažu, %
Gornje (1.)	19	> 19	3 do 8
Srednje gornje (2.)	8	8-19	45 do 65
Srednje donje (3.)	4	4-8	20 do 30
Donje (4.)	<4	< 7	< 10

3.5. Ocjena mirisa i boje uzoraka kukuruznih silaža

Miris i boja uzoraka kukuruznih silaža su ocjenjivani prema metodi koju je opisao Van Saun (2016) (tablica 2).

Tablica 2. Ocjena kukuruznih silaža po mirisu i boji

Miris	Boja	Uzrok	ocjena
Po octu	žućkasta	Octena kiselina (bacili)	1
Po alkoholu	normalna	Alkohol etanol (kvasci)	2
Oštar slatkast	normalna	Propionska kiselina	3
Pokvareni maslac	zelenkasta	Maslačna kiselina (klostridije)	4
Karamel/duhan	Tamno smeđa do crna	Visoka temperatura fermentacije	5

3.6. Statistička obrada rezultata istraživanja

Rezultati istraživanja su obrađeni korištenjem deskriptivne statistike za sadržaj svih istraživanih parametara hranidbene vrijednosti.

4. Rezultati i rasprava rezultata

U tablici 4 je prikazana ocjena boje i mirisa analiziranih kukuruznih silaža.

Tablica 4. Ocjena boje i mirisa kukuruznih silaža (n=65)

Statistički pokazatelj	Ocjena boje	Ocjena mirisa
Srednja vrijednost (%)	4,36	4,21
SEM	0,04	0,04
SD	0,74	0,80
Varijanca	0,54	0,64
Raspon vrijednosti	3,00	3,00
Minimum	2,00	2,00
Maximum	5,00	5,00
Confidence Level (95,0%)	0,07	0,08
CV	0,86	0,97

SEM, standardna greška srednje vrijednosti; SD, standardna devijacija; CV, koeficijent varijacije

Miris kukuruzne silaže, ali i fermentirane krme općenito mora biti svjež i ugodno kiselkast, blago slatkast ali ne intenzivan jer najzastupljenija kiselina u dobro fermentiranoj krmi bi trebala biti mliječna kiselina koja je nehlapiva, pa je gotovo bez mirisa, a kiselkast miris je porijeklom iz octene kiseline koja je hlapiva masna kiselina i druga po zastupljenosti u dobro fermentiranoj krmi. Boja kukuruzne silaže bi trebala biti žućkasto zelena. U ovom istraživanju je utvrđeno (tablica 3) da se boja analiziranih uzoraka kukuruznih silaža 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 kukuruzne silaže visokog sadržaja ST koje su potencijalno izložene visokim temperaturama fermentacije i kvarenju djelovanjem *Clostridium* bakterija (Chamberlain i Wilkinson 1996).

Ako se utvrde nepoželjni mirisi i boje kukuruzne silaže, preporuča se bolje sabijanje biljne mase u silosu kod narednog punjenja silosa i/ili korištenje nekog od aditiva (Vranić i sur. 2005.). U tablici 5 je prikazana veličina čestica analiziranih uzoraka kukuruznih silaža.

Tablica 5. Veličina čestica analiziranih uzoraka kukuruznih silaža (% prolaza čestica kroz sito određene veličine) (n=65)

Statistički pokazatelj	SITO 1 (19 mm)	SITO 2 (8 -19 mm)	SITO 3 (4 - 8 mm)	SITO 4 (<4 mm)
Srednja vrijednost (%)	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	97,81	85,47	82,03	1,88
Raspon vrijednosti	52,94	61,16	62,77	8,92
Minimum	0,65	24,10	8,68	0,00
Maximum	53,59	85,26	71,45	8,92
Confidence Level(95,0%)	0,99	0,92	0,90	0,14
CV	4,57	0,85	1,45	3,01

SEM, standardna greška srednje vrijednosti; SD, standardna devijacija; CV, koeficijent varijacije

Duljina sjeckanja 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. Sitnije sjeckanje usjeva kukuruza za siliranje negativno utječe na probavljivost, nema utjecaja na konzumaciju ST ili proizvodnju mlijeka, ali smanjuje sadržaj mliječne masti u mlijeku (Allien 1997). Hranidba kraće sjeckanom silažom od cijele biljke kukuruza ne utječe na dužinu preživanja ako životinje imaju ponuđene dovoljne količine druge voluminozne krme.

Optimalna duljina sjeckanja biljke kukuruza za siliranje ovisi o potrebama životinja za voluminoznom krmom. U ovom istraživanju je najzastupljenija bila duljina sječke od 0,8-1,9 cm (55 %) (tablica 5) koja se uklapa u preporuku duljine sječke zrelijeg usjeva kukuruza od 0,95 cm ili kraće da se spriječi prolaz cijelog neprobavljenog zrna kroz probavni trakt (Allien 1997).
Sitnije sjeckana kukuruzna silaža u rasponu sječke od 0,4-0,8 cm je bila zastupljena 31% (tablica 5) i uklapa se u preporuku sječke 0,64 cm koja može povećati konzumaciju ST i probavljivost za životinje nižih hranidbenih potreba kao npr. mesnih pasmina goveda.

Dulje sjeckanje biljke kukuruza za siliranje (0,95-1,27 cm) je poželjno za muzne krave ako im u obrok nije uključena druga vrsta voluminozne krme (Hoover i sur. 1998) što je u ovom istraživanju obuhvatilo 11% čestica analiziranih uzoraka. Dulje sjeckanje rezultira većim komadićima oklasaka u silaži koje životinje odbijaju konzumirati, kao i slabijom sabijenošću biljne u silosu. U tablici 6 je prikazan osnovni kemijski sastav uzoraka kukuruzne silaže.

Tablica 6. Osnovni kemijski sastav uzoraka kukuruzne silaže (g kg^{-1} ST) (n=65)

Statistički pokazatelj	ST	OT	SP	NDV	KDV	SV	SM	NET
Srednja vrijednost	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	2771	25,69	80,74	239,88	920,98	570,65	14,52	775,50
Raspon vrijednosti	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	564	972,40	110,21	606,14	365,46	272,42	69,18	746,32
Confidence Level(95,0%)	5,25	0,51	0,90	4,89	3,03	2,38	0,38	2,78
CV	0,71	0,03	0,63	0,61	0,64	0,64	0,71	0,21

ST, suha tvar; OT, organska tvar; SP, sirovi proteini; NDF, neutralna detergent vlakna; KDV, kisela detergent vlakna; SV, sirova vlakna; SM, sirove masti; net, nedušićne ekstraktivne tvari; SEM, greška srednje vrijednosti; SD, standardna devijacija; CV, koeficijent varijacije

Vrijednost ST kukuruzne silaže (378,31) svih analiziranih uzoraka ukazuje na veći sadržaj ST u odnosu na poželjne vrijednosti sadržaj ST od 270 – 350 g kg^{-1} svježeg uzorka. Prema prosječnom sadržaju ST od 378,32 g kg^{-1} svježeg uzorka (tablica 6) vidljivo je da su kukuruzne silaže spremane u nešto kasnijoj fazi fenološke zrelosti. Relativno velike razlike u udjelu ST od 231,80 g kg^{-1} svježeg uzorka do 563,90 g kg^{-1} svježeg uzorka u analiziranim uzorcima kukuruznih silaža mogu biti uzrokovane različitim datumima žetve, različitim stadijima zrelosti, naknadnom sjetvom, siliranjem različitih hibrida (tvrdunci, zubani), raznovrsnim vegetacijskim grupama (Dado 1999.), gnojidbom različitim vrstama i količinama gnojiva (Moss i sur. 2001.), različitim mikroagroekološkim uvjetima te različitom dužinom sjeckanja biljne mase kod siliranja (Bal i sur. 2000).

Prema Chamberlainu i Wilkinsonu (1996.) idealan sadržaj SP kukuruzne silaže trebao bi biti viši od 70 g kg^{-1} ST u što se uklapa prosječan sadržaj SP analiziranih uzoraka od 72,81 g kg^{-1} ST. To ističe povećanu kvalitetu kukuruzne silaže te na kraju ekonomičniju proizvodnju jer većina potreba na SP u obroku se najčešće podmiruje dodavanjem koncentrata koji su skupi.

Prosječna vrijednost NDV od 407,78 g kg^{-1} ST je veća od poželjne. Poželjna vrijednost NDV prema Chamberlainu i Wilkinsonu (1996.) iznosi 380 g NDV kg^{-1} ST. Minimalne i maksimalne vrijednosti sadržaja NDV (min 311 g kg^{-1} ST, max 606 g kg^{-1} ST) ukazuju na velike razlike u fenološkoj zrelosti usjeva kukuruza za siliranje što se može potvrditi i širokim rasponom vrijednosti sadržaja KDV (tablica 6). U tablici 7 je prikazan sadržaj škroba i energije, pH vrijednost te probavljivost organske tvari.

Tablica 7. Sadržaj škroba i energije (g kg^{-1} ST), pH vrijednost i probavljivost organske tvari (g kg^{-1} ST) u analiziranim uzorcima kukuruznih silaža (n=65)

Statistički pokazatelj	ŠKROB	BE	ME	NEL	pH	POT
Srednja vrijednost	343	18,38	10,85	6,56	4,37	711
SEM	4,36	0,00	0,00	0,00	0,05	0,19
SD	85,89	0,09	0,09	0,06	0,95	3,75
Varijanca	3,42	0,01	0,01	0,00	0,90	14,07
Raspon vrijednosti	344	1,21	0,86	0,56	4,48	22,67
Minimum	236	18,01	10,56	6,37	3,5	697
Maximum	580	19,22	11,42	6,92	6,5	720
Confidence Level (95,0%)	8,57	0,01	0,01	0,01	0,09	0,37
CV	1,31	0,02	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

Srednja vrijednost sadržaja škroba (343,30 g kg^{-1} ST) je bila veća od prosječnih vrijednosti (250-300 g kg^{-1} ST) idealnih kukuruznih silaža (Chamberlain i Wilkinson 1996.). Odgađanjem roka košnja usjeva kukuruza za siliranje opada sadržaj SP i NDV, a sadržaj škroba raste zbog većeg udjela klipa, odnosno zrna u biljnoj masi u odnosu na stabljiku. Škrob iz kukuruzne silaže osigurava energiju za mikroorganizme buraga, pa kukuruzna silaža visokog sadržaja škroba (355 g kg^{-1} ST) kao komponenta obroka, potiče konzumaciju i probavljivost obroka u odnosu na hranidbu kukuruznom silažom niskog sadržaja škroba (15 g kg^{-1} ST) (Fitzgerland i Murphy 1999.). Utvrđeno je da su analizirani uzorci kukuruznih silaža bogati škrobom (343 g kg^{-1} ST) čiji se sadržaj kretao od 236-580 g škroba kg^{-1} ST (tablica 1). Širok raspon sadržaja škroba u analiziranim uzorcima ukazuju na neujednačenost kvalitete silaže cijele biljke kukuruza na farmama što je u suglasju s ranijim istraživanjima (Zurak i sur. 2018). U ranijem istraživanju je u uzorcima kukuruznih silaža s obiteljskih poljoprivrednih gospodarstava u RH također utvrđen visok prosječni sadržaj škroba po vrijednosti približno isti ovom istraživanju koji je iznosio 339,86 g kg^{-1} ST te manja varijabilnost sadržaja škroba u analiziranim uzorcima (od 289,33 g kg^{-1} ST do 401,67 g kg^{-1} ST (Vranić i sur. 2005). Visoki prosječan sadržaj škroba u analiziranim uzorcima kukuruznih silaža te visoki sadržaj ST ukazuju na siliranje biljke kukuruza u kasnijim fazama zrelosti, što je u suglasju s vrijednostima sadržaja škroba prema DLG (1997.). Uobičajeni sadržaj škroba u uzorcima kukuruznih silaža sadržaja ST od 280 g ST kg-1 svježeg uzorka je 240 g kg^{-1}ST i raste s odgađanjem roka košnje biljke kukuruza (Leaver 1992.)

Utvrđeni prosječan sadržaj ME u ovom istraživanju (10,85 MJ kg^{-1} ST) je nešto niži od poželjnog sadržaja ME u kukuruznoj silaži visoke kvalitete koji bi trebao biti viši od 11,5 MJ

kg^{-1} ST (Chamberlain i Wilkinson 1996.) i nešto niži od prosječnog sadržaja ME kukuruznih silaža s OPG SZ Hrvatske (11,39 MJ kg^{-1} ST) (Vranić i sur. 2004.; 2005.).

Sa zrenjem usjeva kukuruza za siliranje raste sadržaj ST i sadržaj škroba, a sadržaj ME raste do određenog sadržaja ST nakon čega opada radi manje razgradivosti škroba (Fitzgerland i Murphy 1999.). Utvrđeno je da sa zrenjem usjeva kukuruza za siliranje od 230 g ST kg^{-1} svježeg usjeva do 330 g ST kg^{-1} svježeg usjeva raste sadržaj ME (od 10,3 do 11,6 MJ kg^{-1}ST respektivno) nakon čega opada na 11,2 MJ kg^{-1} ST kod sadržaja ST 380 g kg^{-1} svježeg usjeva (Phipps i sur. 2000.). Međutim, utvrđene vrijednosti sadržaja ME se uklapaju u uobičajeni sadržaj ME u kukuruznoj silaži (Leaver 1992.).

Srednja pH vrijednost u analiziranim kukuruznim silažama je iznosila 4,37. Prema Zadravec i sur. (2013) pH kvalitetne kukuruzne silaže kreće se u rasponu od 3,7 – 4,2. Međutim, analizirani uzorci kukuruznih silaža su imali veći sadržaj ST od preporučenog za dobro sabijanje biljne mase u silosu, a veći sadržaj ST rezultira težim postizanjem anaerobnih uvjeta u silosu i stabiliziranjem fermentirane biljne mase kod većih pH vrijednosti (Chamberlain i Wilkinson 1996.). Radi veće pH vrijednosti, odnosno nižeg sadržaja kiselina nastalih fermentacijom takve kukuruzne silaže su aerobno nestabilnije uz povećanu opasnost od razvoja kvasaca, plijesni i njihovih mikotoksina radi djelomičnog ulaza kisika u siliranu biljnu masu (Zurak i sur. 2018).

Utvrđen prosječan sadržaj NEL u analiziranim uzorcima kukuruzne silaže je iznosio 6,56 MJ kg^{-1} (tablica 7) koja se vrijednost uklapa u sadržaj NEL od 6,52-6,57 MJ kg^{-1} kukuruzne silaže sadržaja ST od 300-420 g kg^{-1} svježeg uzorka (Khan i sur. 2012).

Prosječna probavljivost OT analiziranih kukuruznih silaža u ovom istraživanju je iznosila 711 g kg^{-1} ST, a kretala se od 696-719 g kg^{-1} ST (tablica 7) što je niže od optimalne probavljivosti OT (730 g kg^{-1} ST) (Steg i Hindle 1988.). Analizirani uzorci kukuruznih silaža su bili veće zrelosti (visok sadržaj ST i škroba), ali probavljivost OT kukuruzne silaže ne opada sa zrelošću usjeva kukuruza za siliranje jer se niža probavljivost, radi većeg sadržaja NDV, kompenzira većim sadržajem škroba u zrnu (Di Marco i sur. 2002.).

5. Zaključak

Zaključeno je da su analizirani uzorci kukuruznih silaža proizvedeni na 10 obiteljskih poljoprivrednih gospodarstava Sisačko-moslavačke županije prema prosječnim vrijednostima pojedinih parametara kvalitete, visoke hranidbene vrijednosti, proizvedeni od usjeva kukuruza siliranih u kasnijim fazama fenološke zrelosti. Prema širokim rasponima sadržaja pojedinih parametara kvalitete, varijabilne hranidbene vrijednosti kao posljedice primjene različitih tehnologija uzgoja i siliranja usjeva kukuruza.

6. Popis literature

1. Alien M.S. (1997). Relationship between ruminal fermentation and the requirement for physically effective fiber. Journal of Dairy Science. 80:1447-1462.
2. Antov G., Čobić T., Antov A. (2004). Siliranje i silaže. Poljoprivredni fakultet. Novi Sad.
3. Bal M.A., Shaver R.D., Shinners 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
4. Bolarić S. (1996). Nasljeđivanje zrnatog i nezrnatog dijela biljke kukuruza za silažu. Magistarski rad. Zagreb; Agronomski fakultet.
5. Carpentier B., Cabon G. (2011). Forage maize: elaboration of yield and quality, harvest, and conservation. Fourrages. 205: 11–23.
6. CEPM (2016). https://www.maizeurop.com/en/structure/cepm/figures/- pristup 16. 03. 2021.
7. Chamberlain A.T., Wilkinson J.M. (1996). Feeding the Dairy Cow. Chalcombe Publications, PainShall, Ln2 3LT, UK.
8. Coors J.G. (1996). Findings of the Wisconsin corn silage consortium. In: Proceedings of Cornell Nutrition Conference and Feed Manufacture, Rochester, NY, Cornell University Ithaca, NY, 20-28.
9. Dado R.G. (1999). Nutritionalbenefits od specialtycorngrainhybridsindairydiets. Journal od DairyScience (Suppl.2,) 197 – 207.
10. DEUTSCH LANDWIRTSCHAFFS GESELLSCHAFT (DLG) (1997). Futterwettabellen Wiederkäuer. DLG – Verlag, Frankfurt, 212 pp.
11. 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 sittu and in vitro). Animal Feed Science and Technology. 99: 37-43.
12. DZS RH – Državni zavod za statistiku RH (2009, 2018). Statistički ljetopis Republike Hrvatske.
13. Feedipedia (2022) Dostupno na : https://www.feedipedia.org/node/12872- pristup 15.1.2021.
14. Fitzgerland 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.
15. Heinrichs J. (2013). The Penn State Particle Separator. Penn State Extension, Department of Animal Science, DSE 13- 186: 1-8.
16. Hoover L.L., D.R Buckmaster, A.J. Heinrichs, G.W. Roth (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.

17. 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: 34-38.
18. 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.
19. 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.
20. 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.
21. 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.
22. Kukuruz. Dostupno na : https://www.feedipedia.org/node/12872- pristup 15.1.2021.
23. 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.
24. Lammers, B. P., D. R. Buckmaster, and A. J. Heinrichs. 1996. A simple method for the analysis of particle sizes of forage and total mixed rations. J. Dairy Sci. 79:922-928.
25. Leaver J.D. (1992). Whole-crop forages and alkali-treated straights. Practical Cattle Nutrition. Proceedings, British Cattle Veterinary Association Summer Meeting, pp 45.
26. Morrison I.M. (1979). Change in the cell wall components of laboratory silages and the effects on various additives on these changes. Journal of Agriculture Science (Cambridge). 93: 581-586.
27. 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.
28. 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.
29. 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.
30. NRC - National Research Council (2001). Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 6th Rev. Ed. National Academy of Sciences, Washington, D.C.
31. Ørskov E.R. (1998). The feeding of ruminants. Rowett Institute Aberdeen, Chalcombe Publications.
32. Philipeau C., Michalet-Doreau (1998). Influence of genotype and ensiling of corn grain on in situ degradation of starch in the rumen. Journal of Dairy Science. 81: 2178-2184.

33. Phipps R.H., Sutton J.D., Jones B.A., Allen D., Fisher W. (1993). The effect of mixed forage diets on food intake and milk production of dairy cows. Animal Production. 56: 424-432.
34. 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.
35. 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.
36. Schroeder J.W., Marx G.D., Park C.S. (1998). Waxy corn as a replacement for dent corn for lactating dairy cows. Animal Feed Science and Technology. 72:111-120.
37. Steg A., Hindle V.A. (1988). Some observations on forage maize evaluation. International seminar proceedings «Quality of Silage maize, Digestibility and Zootechnical performance» Gembloux, Belgium, str. 68-84.
38. Van Saun R. (2016). Troubleshooting Silage Problems. https://extension.psu.edu/troubleshooting-silage-problems - pristup 12.03.2022.
39. Vranić M., Knežević M., Perčulija G., Grbesa D., Leto J., Bošnjak K., Rupić I. (2004). Kvaliteta kukuruzne silaže na obiteljskim poljoprivrednim gospodarstvima. Mljekarstvo. 54 (3): 175-186.
40. 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.
41. Vranić M., Perčulija G., Bošnjak K., Leto J., Kutnjak H., Vnučec I., Hajredini P. (2011). Dodatak kukuruzne silaže travnoj silaži povećava iskoristivost dušika u hranidbi kastriranih ovnova. Stočarstvo. 65: 189-199.
42. Vranić M., Bošnjak K., Kolar S., Božić L., Bogičević M. (2020). Siliranje cijele biljke kukuruza. Krmiva. 62 (2): 97-106.
43. Zadravec M., Duvnjak M., Pleadin J., Kljak K., Jaki Tkalec V., Majnarić D., Mitak M., (2013). Kvaliteta kukuruzne silaže s obiteljskih poljoprivrednih gospodarstava Koprivničko – križevačke županije tijekom 2012. godine. Veterinarska stanica. 44: 187 – 193.
44. 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.

Životopis

Milan Bogičević je rođen 15. prosinca 1996. godine u Čačku, Srbija.

Pohađao je srpsku pravoslavnu opću gimnaziju „Kantakuzina Katarina Branković“ u Zagrebu od 2011. do 2015.

Nakon završene gimnazije upisao je preddiplomski studij Biljne znanosti na Sveučilištu u Zagrebu Agronomskom fakultetu. Završni rad je obranio 2018. godine i stekao akademski naziv sveučilišni prvostupnik (baccalaureus) biljnih znanosti.
2018. godine je upisao diplomski studij Biljne znanosti.

Koristi se različitim računalnim programima, osobito MS officeom i Excelom.
Dobro se služi engleskim jezikom u govoru i pismu.
Posjeduje vozačku dozvolu B kategorije.

Koautor je na jednom objavljenom stručnom radu:
Vranić Marina; Bošnjak Krešimir; Kolar Sara; Božić Lucija; Bogičević Milan (2020). Siliranje cijele biljke kukuruza. Krmiva : časopis o hranidbi životinja, proizvodnji i tehnologiji krme. 2 : 97-106.