

# Hranjiva i nutritivna vrijednost kukuruzne silaže na mliječnim farmama istočne Hrvatske

---

**Adrić, Matko**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2023**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:*

**Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek /  
Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:151:254519>

*Rights / Prava:* [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-02-02**



Sveučilište Josipa Jurja  
Strossmayera u Osijeku

**Fakultet  
agrobiotehničkih  
znanosti Osijek**

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the Faculty of Agrobiotechnical  
Sciences Osijek - Repository of the Faculty of  
Agrobiotechnical Sciences Osijek](#)



SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA  
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Matko Adrić

Diplomski studij Zootecnika

Smjer Hranidba domaćih životinja

**HRANJIVA I NUTRITIVNA VRIJEDNOST KUKURUZNE SILAŽE NA MLIJEČNIM  
FARMAMA ISTOČNE HRVATSKE**

**Diplomski rad**

Osijek, 2023.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA  
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Matko Adrić

Diplomski studij Zootecnika

Smjer Hranidba domaćih životinja

**HRANJIVA I NUTRITIVNA VRIJEDNOST KUKURUZNE SILAŽE NA MLIJEČNIM  
FARMAMA ISTOČNE HRVATSKE**

**Diplomski rad**

Povjerenstvo za ocjenu i obranu diplomskog rada:

1. prof.dr.sc. Pero Mijić, predsjednik
2. prof.dr.sc. Matija Domaćinović, mentor
3. Izv.prof.dr.sc. Ivana Prakatur, članica

Osijek, 2023.

# SADRŽAJ

1. UVOD .....	1
2. PREGLED LITERATURE .....	3
2.1. Podrijetlo, uzgoj i upotreba kukuruza .....	3
2.2. Morfološka i biološka svojstva kukuruza .....	4
2.2.1. Korijen .....	4
2.2.2. Stabljika kukuruza .....	5
2.2.3. List kukuruza.....	6
2.2.4. Cvat i cvijet kukuruza.....	6
2.2.5. Plod kukuruza.....	7
2.3. Proizvodnja kukuruzne silaža .....	8
2.3.1. Agrotehnika u proizvodnji silažnog kukuruza .....	9
2.3.2. Sjeta silažnog kukuruza .....	9
2.3.3. Hibridi kukuruza za proizvodnju silaže .....	10
2.3.4. Zrelost usjeva kukuruza u vrijeme žetve .....	11
2.3.5. Visina košnje usjeva kukuruza za siliranje .....	12
2.3.6. Žetva silažnog kukuruza .....	12
2.3.7. Mehaničko tretiranje biljke kukuruza za siliranje .....	13
2.3.8. Aditivi u siliranju usjeva kukuruza.....	13
2.3.9. Silosi za siliranje usjeva kukuruza .....	14
2.3.10. Sabijanje biljne mase u silosu .....	15
2.3.11. Zatvaranje silosa .....	16
2.4. Hranidbena vrijednost kukuruzne silaže na obiteljskim gospodarstvima kontinentalne Hrvatske 2013. i 2014. godine .....	17
3. MATERIJAL I METODE .....	20
4. REZULTATI .....	22

5. RASPRAVA.....	25
6. ZAKLJUČAK.....	31
7. POPIS LITERATURE .....	32
8. SAŽETAK.....	38
9. SUMMARY .....	39
10. POPIS TABLICA .....	40
11. POPIS SLIKA.....	41
12. POPIS GRAFIKONA .....	42

## 1. UVOD

U intenzivnoj govedarskoj proizvodnji voluminozni dio obroka mliječnih krava čini, između ostaloga, i kukuruzna silaža. Uz krmiva poput sijena ili sjenaže, po zastupljenosti je najznačajnija upravo silaža kukuruza. Naime, čini 30-50% obroka mliječnog goveda. Razlozi za dominantnu količinsku zastupljenost leže u mnogim čimbenicima, između kojih valja izdvojiti visoki prinos mase po jedinici proizvodne površine, minimalni gubitci biljne mase u pripremi silaže, dobra konzumacija te cjenovna konkurentnost (Mahanna i Chase, 2003.). Kukuruzna silaža je najvažnija energetska komponenta obroka mliječnih krava, a pored toga važna je i zbog fiziološkog utjecaja na tijek razgradnje hrane. Silaža kukuruza kao komponenta obroka je značajna i kao izvor sirovih vlakana o kojima ovisi pravilna mikrobiološka i celulitička razgradnja u buragu krava. Zbog svih navedenih razloga, kukuruzna je silaža neizostavni dio obroka mliječnih krava. S obzirom da se intenzivna govedarska proizvodnja temelji na visokoproizvodnim mliječnim životinjama, u cilju ostvarenja njihovog maksimalnog proizvodnog kapaciteta, neophodno je pravilnom primjenom tehnologije proizvodnje, pripreme i skladištenja osigurati silažu kukuruza visoke hranjive i energetske vrijednosti, dobre ješnosti i biodostupnosti svih hranjivih tvari tijekom procesa probave u organizmu životinje. Hranjiva vrijednost kukuruzne silaže može u značajnoj mjeri varirati, a na nju utječe izbor hibrida, fenofaza rasta biljke u trenutku žetve te optimalan odnos biljka – zrno.

Prirodni uvjeti kao što su: klima, plodni pašnjaci i dovoljan broj resursa za stočarstvo Hrvatskoj omogućava kvalitetnu mliječnu proizvodnju. Na području Republike Hrvatske nalazimo velik broj farmi koje se bave proizvodnjom mlijeka. Većina farmi su manje ili srednje veličine obiteljskih gospodarstava, a najčešće pasmine koje se koriste za proizvodnju mlijeka su Simentalska pasmina i Holstein-frizisjko govedo. Hrvatska proizvodi znatne količine mlijeka, ali unazad par godina vidimo da se količina proizvodnje mlijeka smanjila. Tako se na primjer količina kravljeg mlijeka u 2022. Godini smanjila za 5,4% u odnosu na 2021. (DZZS). Iako je domaće mliječno govedarstvo važan sektor u Hrvatskoj, kao i u većini europskih zemalja, suočava se s izazovima poput fluktuacije cijene mlijeka, potrebe za modernizacijom farmi i održavanjem visokih standarda kvalitete.

Cilj ovoga rada bio je istražiti hranjivu i nutritivnu vrijednost kukuruzne silaže na mliječnim farmama Istočne Hrvatske tijekom vegetacijske 2020. godine.

## 2. PREGLED LITERATURE

### 2.1. Podrijetlo, uzgoj i upotreba kukuruza

Kukuruz (*Zeamays*) jednogodišnja je biljka iz porodice trava (*Poaceae*). Domovinom kukuruza smatra se Središnja Amerika, a u Europi i na drugim kontinentima se proširila nakon otkrića Amerike u 15. stoljeću. Na osnovu arheoloških nalaza i genetičkih istraživanja pradomovinom kukuruza smatra se Meksiko (Slika 1.). U prilog tome govori i podatak da je pelud kukuruza stara 80 000 godina pronađena na području današnjeg Meksika (Nikolić, 2013.). Postoje razna nagađanja o porijeklu jer divlji oblik kukuruza ne postoji. Prema literaturnim navodima (Hulina, 2011.) predak je jednogodišnja samonikla vrsta teosint (*Zeamaysssp. mexicana*). Kultiviran je 6 000 godina prije Krista (Mägdefrau i Ehrendorfer, 1997.).



Slika 1. Obrada kukuruza kod starih Azteka (ilustracija)

(Izvor:[https://www.mexicolore.co.uk/images-aus/aus\\_15\\_02\\_1.jpg](https://www.mexicolore.co.uk/images-aus/aus_15_02_1.jpg))

Kolumbo je, nakon svojega povijesnog putovanja, u Europu donio prve uzorke kukuruze 1492. godine te dao upute o načinu uzgoja. Tako se već početkom 16. stoljeća kukuruz uzgajao u vrtovima imućnih obitelji u Italiji, Španjolskoj, Njemačkoj, Francuskoj i Engleskoj. Na područje današnje Hrvatske došao je krajem 16. stoljeća pomorskim putem iz Italije u Dalmaciju.



Kukuruz karakterizira veliki uzgojni areal. Sije se na približno 130 mil/ha godišnje u svijetu, a prosječan je prirod oko 3700 kg/ha. (Hrgović, 2007.; Gagro, 1997.). Po zasijanim površinama kukuruz je treća kultura u svijetu; ispred nje su još jedino pšenica i riža. Sjedinjene Američke Države imaju najviše površina zasijanih kukuruzom (oko 28 mil. ha), potom slijede Kina (oko 19 mil. ha), Brazil (oko 12,5 mil. ha) te Meksiko (oko 7 mil. ha) (Gagro, 1997.).

Prema zasijanim površinama u Hrvatskoj kukuruz se nalazi na prvom mjestu. Državni zavoda za statistiku iznio je podatke za 2020. i 2021. godinu prema kojima se kukuruz uzgaja na 288 tisuća ha u 2020. godini, odnosno 287 tisuća ha u 2021. godini (DZS, 2022.). Većina proizvodnje, oko 90%, ostvaruje se na području između rijeka Drave, Save i Dunava, poglavito u Slavoniji, Baranji i zapadnom Srijemu gdje se ostvaruju i najviši prinosi (Martinčić i Kozumplik, 1996.).

Kukuruz je svoju široku upotrebu pronašao u prehrambenoj, farmaceutskoj i kozmetičkoj te tekstilnoj industriji. Za hranidbu domaćih životinja (najviše biljojeda i preživača) kukuruz se koristi u klipu, zrnute kao silaža cijele biljke ili silaža zrna kukuruza (Hrgović, 2007.). Za ljudsku prehranu najviše se koriste hibridi kokičar i šećerac. Kukuruz služi i za pravljenje kruha te peciva, kokica, konzumira se kuhan i pečen kao poslastica, a koristi se i za proizvodnju alkohola etanola te ulja. Kukuruzno ulje se smatra izrazito zdravim za ljudsku prehranu. Klica sadrži preko 30% vrlo kvalitetnog ulja. Proizvodnja etanola posljednjih godina je dosta razvijena jer se koristi kao alternativno gorivo, odnosno kao zamjena za fosilna goriva (Pospišil, 2010.).

## **2.2. Morfološka i biološka svojstva kukuruza**

### **2.2.1. Korijen**

Korijen kukuruza je žiličast i u dubinu prodire do 150 cm. Razlikuje se primarno i sekundarno korijenje. Primarno korijenje tijekom klijanja raste okomito u dubinu, dok se nakon 2-3 dana razvije i bočno korijenje, (u prosjeku 3-7). Primarno korijenje ostaje na biljci tijekom cijele vegetacije. Uloga im je opskrbiti biljku vodom i hranjivim sastojcima tijekom 2-3 tjedna nakon nicanja (Gagro, 1997.).

Sekundarno korijenje razvija se iz podzemnih i nekoliko nadzemnih nodija stabljike (Kovačević i Rastija, 2013.). Njegova je uloga pričvršćivanje i stabiliziranje biljke. Također, biljka kukuruza razvija i zračno korijenje(Slika 2.)koje raste iz nodija stabljike iznad površine tla. Ovo korijenje nosi naziv i nadzemno-nodijalno korijenje. Uloga je stabilizirati biljku; stabljika kukuruza raste visoko pa u slučaju vjetra ili jake kiše može doći do polijeganja stabljike. Kada vjetar puše u jednom pravcu, zračno nodijalno korijenje s jedne strane podupre, a s druge strane zategne stabljiku, čineći ju tako stabilnijom (Gagro, 1997.).



Slika 2. Zračno korijenje kukuruza

(Izvor:[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Prop\\_roots\\_of\\_maize\\_J1.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Prop_roots_of_maize_J1.jpg))

### **2.2.2. Stabljika kukuruza**

Stabljika kukuruza je ravna, visoka i ispunjena parenhimom koji joj daje čvrstoću. Sastoji se od nodija i internodija. Iako u tropskim uvjetima stabljika može narasti i do 7 m visine, u našim klimatskim uvjetima obično naraste 1,5-3 m visine te 1,5 cm debljine stabljike (Gagro, 1997.).

### 2.2.3. List kukuruza

Razlikuju se tri tipa lista kukuruza, a to su: klicini listovi, pravi ili listovi stabljike i listovi omotača klipa (komušina). Nakon formiranja pravih listova, klicini listovi većinom propadaju budući da gube značaj. Veći dio klicinih listova stoga se osuši u prvom dijelu vegetacije. Pravi listovi kukuruza nalaze se na stabljici (Slika 3.), a sastoje se od plojke, rukavca i jezička. Listovi omotača klipa (ili listovi „komušine“) razvijaju se na koljencima skraćenog bočnog izdanka odnosno na dršci klipa. Oni štite klip od nepovoljnih vanjskih utjecaja poput mraza, mehaničkog oštećenja, štetočina i bolesti (Kovačević i Rastija, 2013.).



Slika 3. Pravi listovi kukuruza

(Izvor: <https://www.illinoiswildflowers.info/grasses/plants/corn.html>)

### 2.2.4. Cvat i cvijet kukuruza

Kukuruz je jednodomna biljka, a muški i ženski cvjetovi razdvojeni su u posebne cvati (Slika 4.). Muški su cvjetovi skupljeni u cvat metlicu koja se nalazi na vrhu stabljike. Ženski su cvjetovi skupljeni u cvat klip i nalaze se u pazuhu listova. Metlicu čine srednja os ili glavna

grana i nekoliko (3-15) bočnih ili postranih grana. Na granama se nalaze dvocvjetni klasići koji se sastoje od dvije pljeve i imaju dva cvijeta. U dnu cvijeta nalaze se dvije pljevičice. One za vrijeme cvatnje upijaju vodu, bubre i otvaraju cvijet u kojem se nalaze tri prašnika. Tučak je zakržljao (Gagro, 1997.). Klip se oblikuje na vrhu bočnih izdanaka iz točke rasta u pazuhu listova na glavnoj stabljici, a može se oblikovati i na zapercima (Kovačević i Rastija, 2003.). Klip se sastoji od zadebljaloga vretena na kojem se uzdužno u parnim redovima nalaze klasići sa ženskim cvjetovima. Vreteno klipa nalazi se na dršci klipa. Tučak se sastoji od plodnice, dugoga vrata te njuške (svile). Njušku čine dugačke svilenkaste niti prekrivene dlačicama koje izlučuju ljepljivu tekućinu koja služi za hvatanje peludnih zrnaca nošenih vjetrom i zračnim strujanjima (Gagro, 1997.).



Slika 4. Muški i ženski cvat kukuruza

(Izvor: <https://www.semanticscholar.org/paper/ZEA-MAIZE-%3A-A-MODERN-CRAZE-Parle-Dhamija/5901194820cb9386d8c7ed77d3cf6d953894e48d>)

### 2.2.5. Plod kukuruza

Plod je kukuruza zrno koje se počinje formirati nakon oplodnje. Sastoji se od triju osnovnih dijelova: omotač ploda (pericarp), sjemena ljuska (perisperm) te endosperm i klica. Zrno je najčešće okruglastog, klinastoga ili ovalnoga oblika. Endosperm čini oko 80% zrna, ljuska

oko 7%, a klica 7-10% (Gagro, 1997.). Boja zrna može biti različita: crvena, prošarana prugama, narančasta, smeđa, bijela, a ponekad i bezbojna (Slika 5.). Zrno je osnovna sirovina u pripremi stočne hrane i bogato je ugljikohidratima, uljima i određenim mineralnim tvarima. U prehrani ljudi kukuruzno zrno se koristi za pripremu kruha, kokica i slično (Gagro, 1997.).



Slika 5. Plod kukuruza (zrno na klipju)

(Izvor: <https://www.britannica.com/plant/corn-plant>)

### **2.3. Proizvodnja kukuruzne silaža**

Kukuruz je biljka koja je izrazito značajna u hranidbi domaćih životinja. Za njihovu hranidbu se može koristiti suho ili vlažno zrno, kukuruz za zelenu krmu i kukuruz za siliranje. Silirati se može cijela biljka, samo klip sa zrnom ili samo visokovlažno zrno.

Silaža od cijele biljke kukuruza visokoenergetsko je voluminozno krmivo koje se koristi za hranidbu svih vrsta preživača, uključujući i goveda za proizvodnju mlijeka (Harrison i sur., 1998.). Kod silaže cijele biljke kukuruza prinos suhe tvari(ST) po jedinici površine je visok. Cijela biljka kukuruza pogodna je za siliranje zbog visokog šećernog minimuma i niskog pufernog kapaciteta. Također, siliranje cijele biljke kukuruza jeftinije je za proizvodnju u



usporedbi s drugima krmivima. Za proizvodnju kukuruzne silaže vrlo je bitno gospodarenje usjevom, dok tehnološki postupci siliranja moraju biti pravovremeno i pravilno provedeni (Johnson i sur., 1999.). Za proizvodnju visokoenergetskog krmiva visoke hranidbene vrijednosti bitna je pravovremena i usklađena provedba svih potrebnih agrotehničkih i tehnoloških postupaka.

Kako je već navedeno, kukuruz za silažu može dati visok prirod kvalitetne stočne hrane. Prinos zelene mase cijele biljke za siliranje može biti i do 10 vagona po hektaru. Zelena masa cijele biljke za siliranje u prosjeku treba sadržavati od 30% do najviše 34% suhe tvari, a to se postiže siliranjem u optimalnom trenutku fenofaze rasta biljke kukuruza, odnosno na prijelazu iz mliječno-voštane zriobe u voštanu zriobu zrna (Gagro, 1998.).

### **2.3.1. Agrotehnika u proizvodnji silažnog kukuruza**

Agrotehnika u proizvodnji silažnog kukuruza vrlo je slična agrotehnici za proizvodnju kukuruza za zrno. Obrada je tla ista, dok se u gnojidbi treba povećati količina hraniva budući da se silažni kukuruz sije u gušćem sklopu. Od mineralnih gnojiva u pred sjetvenoj pripremi kao i u vrijeme rasta biljke odnose se kombinirane umjetna gnojiva na bazi dušika, fosfora i kalija. Uz mineralna gnojiva, kukuruz za silažu može se gnojiti i stajskim gnojivom (Gagro, 1998.).

### **2.3.2. Sjeta silažnog kukuruza**

Sjetva silažnog kukuruza obavlja se kao i sjetva kukuruza za zrno. Ovisno o hibridu može se povećati gustoća sklopa za oko 10 do 15%. Razmak između redova može se smanjiti na 60 cm. Naknadni kukuruz za silažu može se sijati nakon ozimih krmnih usjeva ili nakon ranih usjeva koji do sredine svibnja napuštaju tlo, ali pritom treba ostaviti dovoljno vremena za vegetaciju kukuruza. Za ovakvu sjetvu stoga je potrebno birati hibride s kraćom vegetacijom (Gagro, 1998.).

### 2.3.3. Hibridi kukuruza za proizvodnju silaže

Razvijeni su brojni hibridi kukuruza pogodni za proizvodnju kukuruzne silaže; primjerice, hibrid manjeg udjela lignina, hibrid visokog udjela ulja u zrnu, hibrid visoko kvalitetnih proteina, hibrid visokog udjela voska ili hibrid visokog udjela lista. Različiti hibridi kukuruza za siliranje imaju i različitu hranidbenu vrijednost. Ipak, osnovni pokazatelj kod odabira hibrida kukuruza za siliranje je prinos suhe tvari (ST) krme po jedinici površine koji je proporcionalan proizvodnji mlijeka muznih krava (Kolver i sur., 2003.).

Hranidba kukuruznom silažom koja je proizvedena od hibrida visoko kvalitetnih proteina može povećati konzumaciju ST obroka preživača, što pak rezultira većom proizvodnošću životinje (Phipps i sur., 2000.). Dakle, veća konzumacija ST obroka rezultira i većom proizvodnjom mlijeka ili mesa.

Proizvodnja kukuruzne silaže započinje odabirom hibrida za sjetvu. Primijenjenom agrotehnikom proizvodnje usjeva kukuruza za siliranje utječe se na prinos suhe tvari po jedinici površine, dok se pravilno provedenim tehnološkim postupcima siliranja značajno utječe na hranidbenu vrijednost proizvedene silaže kukuruza (Johnson i sur., 1999.).

Hibridi kukuruza s više od 60 g ulja u zrnu  $\text{kg}^{-1}\text{ST}$  smatraju se hibridima visokog udjela ulja i veće koncentracije energije (Lambert, 1994.). Hranidba kukuruznom silažom visokog udjela ulja ne mora nužno biti bolja u odnosu na kukuruznu silažu nižeg udjela ulja. Prinos zrna i ST po jedinici površine obično je niži kod hibrida kukuruza s visokim udjelom ulja (Atwell i sur., 1988.).

Hibridi visokog udjela voska imaju veći udio amilopektina u endospermu zrna (Alexander, 1988.). Kukuruzna silaža hibrida visokog udjela voska ne znači nužno i veću kvalitetu kukuruzne silaže s obzirom na konzumaciju i proizvodnost životinja.

Povećana lisna masa biljke kukuruza značajno povećava intenzitet fotosinteze tijekom nalijeivanja zrna; uzgojem hibrida visokog udjela lisne mase osigurava se veći prinos i zrna i cijele biljke kukuruza (Shaver, 1983). Korištenje silirane cijele biljke kukuruza ovakvog hibrida u hranidbi muznih krava rezultira većom proizvodnjom mlijeka (Thomas i sur., 2001.).

Prilikom odabira hibrida za proizvodnju kukuruzne silaže valja uzeti u obzir nekoliko čimbenika: jedinica površine, duljina vegetacije i zrelost, hranidbena vrijednost, potencijalne

bolesti, otpornost na štetnike te mikroklimatski uvjeti područja na koje mu se uzgoj planira. Ukoliko se planira uzgajati kukuruz za zrno i kukuruz za siliranje, tada se mogu koristiti i dvonamjenski hibridi.

Kukuruzu za siliranje koji ima nizak udio zrna (što znači i da ima visok udio neutralnih detergent vlakana (NDV) te nizak udio škroba) može se prilikom siliranja dodati zrno kukuruza. Tim se postupkom smanjuje sadržaj NDV te se povećava sadržaj škroba do kukuruzne silaže hibrida kukuruza visokog udjela zrna.

Hranidba kukuruznom silažom visokog udjela NDV i niskog udjela zrna ne uvjetuje manju konzumaciju hrane i manju proizvodnju mlijeka, (Al-Jobeile, 2000.). Svojevrsna pogodnost pri korištenju hibrida s visokim udjelom zrna ogleda se i u pripremi cjelovitog obroka, kada se pri komponiranju obroka dodaje manja količina koncentriranih komponenti. Kod odabira hibrida potrebno je uvažiti hranidbene potrebe životinja koje će tu kukuruznu silažu konzumirati.

#### **2.3.4. Zrelost usjeva kukuruza u vrijeme žetve**

Stadij zrelosti usjeva kukuruza u trenutku košnje utječe na probavljivost, energetske vrijednosti i pogodnost cijele biljke kukuruza za siliranje (Johnson i sur., 1999.).

Prinos i kvaliteta usjeva dostižu svoje maksimalne vrijednosti otprilike u isto vrijeme kod usjeva kukuruza koji je namijenjen za siliranje. Maksimalni prinosi po jedinici površine ostvareni su kada je koncentracija ST biljke kukuruza između 310-420 g kg<sup>-1</sup> svježeg usjeva (Ledrew i sur., 1984.). Poželjna koncentracija ST svježe biljke kukuruza za silažu iznosi oko 35% (faza voštane ili kasno voštane zriobe). Tada se postiže optimalan omjer između sadržaja škroba koji je nositelj energetske vrijednosti te vodotopljivih šećera koji su potrebni za proizvodnju dovoljne količine mliječne kiseline koja pak snižavanjem pH ispod 4,0 konzervira cijelu biljku kukuruza (Horrocks i Vallentine, 1999.).

Predloženo je da se za određivanje najboljega vremena košnje cijele biljke kukuruza namijenjene za silažu fokusira na mliječnu liniju u zrnu (Slika 6.). Mliječna bi linija trebala biti na 1/3 do 1/2 zrna u optimalno vrijeme košnje (Bal i sur., 1996.).





Slika 6. Mliječna linija zrna kukuruza

(Izvor: <https://www.agroklub.com/ratarstvo/podsjetnik-za-siliranje-kukuruza/3728/>)

### **2.3.5. Visina košnje usjeva kukuruza za siliranje**

Usjev kukuruza namijenjenog siliranju kosi se na visini oko 10 cm. Košnja usjeva takvog kukuruza na veću visinu rezultira većom probavljivošću kukuruzne silaže. Donji su dijelovi stabljike kod klasičnih hibrida slabije probavljivi budući da sadrže više lignina, a košnjom do 50 cm povećava se probavljivost kukuruzne silaže. Viša košnja radi povećanja hranidbene vrijednosti nije iskoristiva, budući da se povećanjem kvalitete ne mogu nadomjestiti gubitci prinosa (Lauer, 1998.). Povećanje visine košnje za 30 cm smanjuje ST za oko 15%, povećava proizvodnju po grlu za 3-4%, ali i smanjuje proizvodnju mlijeka po ha za 3-4%.

Ukoliko se očekuje viša koncentracija nitrata (koji se nalaze u prizemnim dijelovima stabljike) onda je košnja na visinu 15-20 cm poželjna i opravdana.

Povećanjem visine košnje usjeva kukuruza za siliranje raste sadržaj ST, škroba te SP kukuruzne silaže, dok s druge strane opada sadržaj pepela i vlakana.

### **2.3.6. Žetva silažnog kukuruza**

Žetvu silažnog kukuruza treba obaviti na početku voštane zriobe. Prosječan sadržaj suhe tvari trebao bi biti između 28 i 34%. Pokošenu masu nakon pravilnog usitnjavanja treba u što

kraćem vremenskom roku prevesti do silosa i početi s nabijanjem zelene mase. Kukuruznu je silažu moguće obogatiti kvalitetnim proteinima ako se silažnoj masi kukuruza doda zelena masa soje ili sijena soje ili zelena masa lucerne (Gagro, 1998.).

Dulje je sjeckanje (0,95-1,27 cm) poželjno je za muzne krave ukoliko im u hranidbu i obroke nisu uključene neke druge vrste voluminoznih krmiva (Hoover i sur., 1998.). Duljina sjeckanja ograničena je na 0,95 cm kako bi se spriječio prolaz cijelog neprobavljivog zrna kroz probavni trakt (Alien, 1997.). Valja napomenuti i kako dulje sjeckanje rezultira većim komadićima oklasaka u silaži, a to životinje izbjegavaju konzumirati. Također, dulje sjeckanje kukuruzne biljkeza silažu rezultira i manjom zbijenošću u silosu. Biljku kukuruza visokoga sadržaja ST (>380 g ST kg<sup>-1</sup> svježeg usjeva) moguće je čvršće sabiti u silosu ukoliko se biljka kukuruza sjecka kraće. Takvo sjeckanje također sprečava rast nepoželjnim aerobnih mikroorganizama. Obrnuto, kada je biljna masa kukuruza u trenutku žetve s manjim sadržajem suhe tvari (< 32 g ST kg<sup>-1</sup> svježeg usjeva) moguće ju je sjeckati dulje.

### **2.3.7. Mehaničko tretiranje biljke kukuruza za siliranje**

Kukuruzna se silaža može mehanički tretirati prije siliranja tako da se gnječi zrnje i lome stabljike i oklasci. Mehaničko tretiranje biljke kukuruza ima različit utjecaj na hranidbenu vrijednost kukuruzne silaže u hranidbi muznih krava. Ono može smanjiti konzumaciju ST kukuruzne silaže (Larson, 1979.), povećati proizvodnju mlijeka kod muznih krava, ali i smanjiti sadržaj mliječne masti u mlijeku (Harrison i sur., 1998.). Vrsta hibrida kukuruza za siliranje pri mehaničkom tretiranju vrlo je bitna. Mehaničko tretiranje hibrida kukuruza za siliranje s visokim udjelom masti nužno ne povećava proizvodnju mlijeka. S druge strane, kod konvencionalnih hibrida kukuruza za siliranje mehaničko tretiranje dovodi do povećanja proizvodnje mlijeka (Weiss i Wyatt, 2000.).

### **2.3.8. Aditivi u siliranju usjeva kukuruza**

Primjenom dobre tehnologije siliranja gubitci hranjivih tvari respiracijom, siliranjem te prilikom uzimanja silaže iz silosa, mogu iznositi 10%. Kod primjene loše tehnologije siliranja taj se postotak penje na 30%. Niža hranidbena vrijednost kukuruzne silaže dovodi do slabije

produktivnosti životinje. Stoga je potrebno koristiti aditive. Oni se koriste kako bi se održala kvaliteta krmiva ili poboljšala kvaliteta fermentacije. Aditivi koji se obično koriste kod siliranja kukuruza su bakterijski inokulanti, NPN spojevi te enzimi.

### **2.3.9. Silosi za siliranje usjeva kukuruza**

Kukuruzna silaža se najčešće silira u horizontalne ili tzv. „trench“ silose (Slika 7.). Takve vrste silosa osiguravaju optimalne uvjete siliranja velike količine krmiva uz niža ulaganja, u odnosu na vertikalne silose. Konstrukcija ovakvih tipova silosa uključuje podnicu silosa od čvrstog materijala (beton) s dva ili tri bočna zida (armirani beton) uobičajene visine 2-4 metra. Unutarnja ploha zidova ukošena je, dok je vanjska strana okomita. Ovakav konusni oblik silosa omogućuje bolje zbijanje biljne mase uz stjenke zidova silosa te postizanje dobrog kontakta između silažne mase i zidova silosa. Na taj se način sprečava mogući prodor kisika u silažnu masu. U praksi je češće podizanje ravnih zidova silosa, pri čemu se silažna masa teže sabija uz zid silosa pa se na tim mjestima uz često pojavljuje kvarenje tijekom vremena skladištenja.

Kod horizontalnih silosa je potrebno više rada tijekom uzimanja silaže, ali se mogu brzo spremati velike količine krmiva te se stoga ovakve vrste silosa za silažu cijele biljke kukuruza najčešće koriste na domaćim velikim mliječnim i tovnim govedarskim farmama.



Slika 7. Trench silos

(Izvor: <https://www.patiodrummond.com/en/store/precast-concrete/storage/silage-bunker/silage-bunker/>)

### **2.3.10. Sabijanje biljne mase u silosu**

Sabijanje biljne mase u silosu vrlo je važan postupak u cijelom tehnološkom procesu pripreme kukuruzne silaže (cijela biljka). Sabijanje usitnjene zelene biljne mase se najčešće obavlja traktorima točkašima, ili drugim strojevima (bageri, građevinski valjci) krećući se sporo preko biljne mase. Pravilno nabijanje silirane mase podrazumijeva da se strojevi koji nabijaju masu kreću po cijeloj dužini silosa pomičući pravac kretanja od jednog ruba prema drugom. Zbog nepravilnog i nedovoljnog sabijanja biljne mase u silosu može doći do nepoželjnih uvjeta fermentacije, a time i do velikih gubitaka hranjivih tvari i niske hranidbene vrijednosti kukuruzne silaže. Kvaliteta fermentacije, točnije intenzitet i duljina fermentacije, biljke kukuruza u pozitivnoj je korelaciji s jačinom sabijanja biljne mase u silosu (Toruk i sur., 2010.).

Zbijenost biljne mase u silosu povećava se, ukoliko je potrebno, korištenjem težih traktora te strojeva za sabijanje krmne (Darby i Jofriet, 1993.), ili se na traktore manje mase dodatno postavljaju utezi. Jedna mogućnost poboljšanja kvalitete sabijanja je i sabijanje tanjih slojeva biljne mase u silosu, te produljenjem vremena sabijanja krmiva u silosu ili sabijanjem krmiva

nižeg sadržaja ST (Roy i sur., 2001.). Biljka kukuruza koja ima veći sadržaj ST (više od 400 g ST kg<sup>-1</sup> svježeg usjeva) teže se sabija u silosu (Ruppel i sur., 1995.). Preporučena sabijenost biljne mase u silosu iznosi 750-800 kg svježih silirane krme po m<sup>3</sup>.

Ukoliko biljka kukuruza sadrži 30 g ST kg<sup>-1</sup> svježeg usjeva, sabijenost biljne mase u silosu bi trebala iznositi oko 250 kg ST po m<sup>3</sup> siliranog krmiva, a ako sadrži 400 g ST kg<sup>-1</sup> svježeg usjeva, sabijenost biljne mase u silosu trebala bi iznositi oko 320 kg ST po m<sup>3</sup> silirane krme (Savoie i sur., 2004.).

Slabije sabijena kukuruzna silaža niže je hranidbene vrijednosti (dulje vrijeme oksidacije biljke u silosu), a za proizvodnju jače sabijene troši se previše energije jer se povećava broj prohoda strojevima po tankim slojevima krme (Savoie i sur., 2004.).

### **2.3.11. Zatvaranje silosa**

Pravilno zatvaranje silosa (Slika 8.) utječe na kvalitetu silirane biljne mase, a to je posebice izraženo kod siliranja biljne mase u horizontalne silose u kojima pokrov treba zaštititi veliku količinu krme od kvarenja. Pokrovi moraju zadovoljiti određene standarde kvalitete te moraju dobro prijanjati uz biljnu masu. Zbog toga se neprekidno razvijaju nove generacije plastičnih folija. Ipak, plastične folije imaju i ograničenja, poput mnogo ljudskog rada, moguće oštećenja folije te korištene velike količine plastike. Ipak, alternativna rješenja plastičnim folijama nisu dala zadovoljavajuće rezultate za široku primjenu u praksi budući da njihovo korištenje dovodi do niže hranidbene vrijednosti fermentirane krme i/ili je cijena previsoka u odnosu na plastične folije. Zbog produljene aerobne faze tijekom punjenja silosa ili naknadnog prozračivanja silaže u vrijeme izuzimanja silaže iz silosa dolazi do većih gubitaka hranjivih tvari, niže konzumacije silaže, a zbog toga i do smanjenja proizvodnosti životinja, uz napomenu da su u tim slučajevima mogući i zdravstveni problemi kod životinja (Vranić i sur., 2018.).



Slika 8. Pokriveni silos

(Izvor: <https://www.sano.hr/hr/sano-tehnologija-siliranja-trava>)

#### **2.4. Hranidbena vrijednost kukuruzne silaže na obiteljskim gospodarstvima kontinentalne Hrvatske 2013. i 2014. godine**

Istraživanje koje su proveli Lukšić i suradnici (2018.) ispitalo je hranjivu vrijednost kukuruzne silaže u kontinentalnoj Hrvatskoj. U radu je korišteno 130 uzoraka kukuruzne silaže s 48 OPG-ova kontinentalne Hrvatske. Uzorci su uzeti i sa farmi istočne Hrvatske. S područja Virovitičko-podravske županije uzeto je 4 uzorka, Osječko-baranjske 82 uzorka, a s područja Vukovarsko-srijemske županije uzeta su 3 uzorka. Uzorci su analizirani tijekom 2013. i 2014. godine. Prosječan sadržaj suhe tvari analiziranih uzoraka iznosio je  $389,29 \text{ g kg}^{-1}$ . Dio uzoraka je pokazao veći sadržaj ST od optimalne, što znači da je biljka kukuruza u trenutku siliranja bila zrelija (što kazuje na zakašnjelu žetvu).

Analizirani uzorci kukuruzne silaže prosječno su imali manji udio sirovih proteina (SP) ( $62,6 \text{ g kg}^{-1}$  ST) od optimalnoga za kukuruznu silažu (više od  $70 \text{ g kg}^{-1}$  ST). Razlog toga može biti u žetvi kukuruza za siliranje koje je bilo u kasnijim fazama zrelosti budući da je opadanje SP vezano uz povećanje udjela klipa (Phipps i sur., 2000.).

Analizirani su uzorci prosječno imali viši udio škroba ( $336 \text{ g kg}^{-1} \text{ ST}$ ) od uobičajenih vrijednosti ( $250\text{-}300 \text{ g kg}^{-1} \text{ ST}$ ) za kukuruznu silažu. Važno je napomenuti kako su vrijednosti u skladu s ranije spomenutim kasnijim fazama zrelosti biljke kukuruza.

Siliranje biljke kukuruza u kasnijoj voštanoj zriobi pokazuje i relativno visok udio neutralnih detergent vlakana (NDV) ( $415,1 \text{ g kg}^{-1} \text{ ST}$ ). Udio NDV bio je, dakle, veći od poželjne vrijednosti koja po Chamberlainu i Wilkinsonu (1996.) iznosi  $380 \text{ g kg}^{-1} \text{ ST}$ . Važno je napomenuti kako kemijski sastav NDV, odnosno omjer celuloze, hemiceluloze i lignina, utječe na probavljivost NDV frakcije. Nadalje, koncentracija je NDV u negativnoj korelaciji s koncentracijom energije.

Vrijednost metaboličke energije (ME) u ovom je ispitivanju sukladna s ostalim ispitanim parametrima hranjivosti kukuruzne silaže budući da je ME proporcionalan sadržaju škroba i probavljivosti uzoraka kukuruzne silaže.

Fermentirajuća metabolička energija u ME (FME/ME) označuje energiju krmiva koja je dostupna mikroorganizmima buraga za rast i razvoj. Nastaje razgradnjom šećera i škroba te, u manjoj mjeri, razgradnjom vlakana. FME/ME uzoraka u ovom je ispitivanju bila veća od 0,7 pri čemu se uklapa u idealne parametre prema Chamberlainu i Wilkinsonu (1996.).

Kiselost silaže se izražava pH vrijednošću. Prema Chamberlainu i Wilkinsonu (1996.) idealan raspon iznosi  $3,5 - 4,0$ , dok se prema Zdravcu i suradnicima (2013.) taj raspon kreće između  $3,7 - 4,2$ , a domaći sustav ocjene silaže kukuruza (Domaćinović i Solić, 2019.) za optimalne vrijednosti preporuča pH u rasponu od  $3,8 - 4,2$ . Niska pH vrijednost označuje visoku proizvodnju organskih kiselina tijekom procesa fermentacije. S druge pak strane, visoka pH vrijednost (viša od 5,5) rezultat je visokog udjela ST prilikom siliranja kukuruza, odnosno sporijeg ili nedovoljnog sabijanja biljne mase u silosu te neadekvatnih uvjeta skladištenja. pH vrijednost viša od 7,5 može biti posljedica prozračivanja silosa tijekom skladištenja. Viša pH vrijednost može dovesti do razvoja plijesni i mikotoksina u silosu te razvoja klostridija. Kao rezultat višeg vrijednost pH nastaje i više amonijaka, maslačne kiseline te se stvara jak i neugodan miris. Takvo krmivo životinje izbjegavaju jesti pa posljedično opada i proizvodnja mlijeka. Takvo mlijeko je neugodnog i nepoželjnog okusa i mirisa te nosi veću opasnost od razvoja metaboličkih bolesti (poput ketoze). Gotovo polovica analiziranih uzoraka imala je veću pH vrijednost od poželjne, dok je druga polovica bila u rasponu idealne pH vrijednosti.

Probavljivost organske tvari (OT) u ST naziva se i D-vrijednošću. Analizirani uzorci prikupljeni za ovo ispitivanje ubrajaju se u poželjni interval za iznos D-vrijednosti (više od 70%) prema Chamberlainu i Wilkinsonu (1996.). Prema Stegu i Hindleu (1988.) idealna D-vrijednost za kukuruznu silažu iznosi oko 73%. Prosječna D-vrijednost uzoraka u ovom ispitivanju iznosila je 73,7%.

NIR spektrometrijom procijenjeni su parametri hranjivosti: korigirana suha tvar (KST), sirovi proteini (SP), škrob, neutralna detergent vlakna (NDV), organska tvar (OT), metabolička energija (ME), fermentirajuća metabolička energija u ME (FME/ME), kiselost (pH) te probavljivost OT u ST (D-vrijednost). Dobivene vrijednosti prikazane su u Tablici 1.

Rezultati ovoga ispitivanja ukazali su na proizvodnju kvalitetne kukuruzne silaže visoke hranjivosti.

**Tablica 1.** Kemijski sastav i hranidbena vrijednost uzoraka kukuruzne silaže u trima slavonskim županijama tijekom 2013. i 2014. godine.

Godina	Uzorak	ST	KST	SP, g/kg <sup>-1</sup>	Škrob, g/kg <sup>-1</sup>	NDV, g/kg <sup>-1</sup>	OT, g/kg <sup>-1</sup>	ME/MJ, kg <sup>-1</sup> ST	FME/ME	pH vrijednost	D-vrijednost, %
		g kg <sup>-1</sup> svježeg uzorka									
2013.	n=36	403,8	422,4	63,03	339,2	410,08	951,28	11,61	0,77	4,23	73,89
2014.	n=53	381,5	403,4	72,77	330,3	416,98	954,11	11,36	0,76	4,17	73,69

n-broj uzoraka; ST-suha tvar; KST-korigirana suha tvar; SP-sirovi proteini; NDV-neutralna detergent vlakna; OT-organska tvar; ME-metabolička energija; FME/ME-fermentirajuća metabolička energija u ME; D-vrijednost-probavljivost OT u ST;



### 3. MATERIJAL I METODE

Istraživanje o hranjivoj i nutritivnoj vrijednosti kukuruzne silaže na mliječnim farmama istočne Hrvatske provedeno je u sklopu četvrtog ocjenjivanja kukuruzne silaže u Hrvatskoj te je uključivalo govedarske farme različitih proizvodnih kapaciteta. Ovo monitoring istraživanje obuhvatilo je tri županije Istočne Hrvatske: Brodsko-posavsku, Osječko-baranjsku i Vukovarsko-srijemsku. Iz svake je županije uzorkovano po 25 uzoraka silaže kukuruza, što znači da je ukupno prikupljeno 75 uzoraka. Ti su se uzorci silaže odnosili na vegetacijsku 2020. godinu. Nadalje, uzorkovanje su provele stručne osobe iz Centra za kontrolu i kvalitetu stočarskih proizvoda te djelatnici područnih ureda Centra za stočarstvo HAPIH-a. Uzorkovanje je obavljeno ručno, a pri tome je s više uzorkovanih lokacija poprečnog presjeka silaže izuzet uzorak (najmanje 1000 g). Potom su od ukupne mase načinjena dva reprezentativna uzorka: jedan je korišten za analizu nutritivnih i fermentativnih pokazatelja, a drugi je korišten za određivanje veličine čestica silaže. Pripremljeni uzorci zapakirani su u vakuumirane PVC vrećice te su dostavljeni u laboratorij u kojem su skladišteni u kontroliranim uvjetima (0 – 4°C).

Analitičko istraživanje uzoraka silaže rađeno je FT-NIR metodom uz primjenu spektrometra AgriQuant-B1 (Model: QIA 1020), a njome su za ovu priliku ispitano petnaest (15) sljedećih pokazatelja: nutritivni (suha tvar, sirovi protein, sirovi pepeo, sirova vlakna, škrob, NDV, KDV, KDL, energetska vrijednost (NEL MJ/kg<sup>-1</sup> ST-GfE, 2009-njemačka preporuka), pokazatelji fermentacije buraga: probavljiva organska tvar (pOT), probavljiva neutralna deterđent vlakna (pNDV) te pokazatelji fermentacije silaže (pH vrijednost, octena kiselina, mliječna kiselina). Uz upotrebu baze podataka nizozemskog laboratorija Eurofins Agro Testing Wageningenbv. utvrđene su vrijednosti prethodno navedenih pokazatelja. Pored navedenih nutritivnih i fermentativnih, u istraživanje je uključen i jedan fizički pokazatelj (distribucija veličine čestica), a određen je metodom prosijavanja preko sustava triju sita (Penn State Particle Separator, Heinrichs, 2013.).

Za opis distribucije frekvencija istraživanih varijabli, zbirno kao i između županija, upotrijebljene su deskriptivne statističke metode. Sve varijable testirane su na normalnost distribucije Kolmogorov-Smirnovljevim testom. Numeričke varijable opisane su aritmetičkom sredinom i standardnom devijacijom. Za usporedbu vrijednosti numeričkih varijabli više

nezavisnih skupina uporabljena je ANOVA te Kruskal-Wallis test. U ovisnosti o homogenosti varijance za normalno distribuirane varijable nakon testiranja pomoću ANOVA testa primijenjen je LSD post hoc test kojim je utvrđena razlika između pojedinih skupina. Za utvrđivanje razlika između pojedinih skupina, kod varijabli koje nisu bile normalno distribuirane nakon testiranja Kruskal-Wallis testom, primijenjen je Mann-Whitney U test. Značajnost razlika utvrđenih statističkim testiranjem iskazana je na razini  $P < 0,05$ . U obradi podataka uporabljeni su izvorno pisani programi za baze podataka te statistički paket Statistica for Windows 2010 (inačica 10.0, StatSoft Inc., Tulsa, OK). Različita mala slova na razini statističke značajnosti  $P < 0,05$  na pojedinim vrijednostima u tablici označavaju postojanje statistički značajne razlike, dok ista mala slova na pojedinim vrijednostima u tablici označavaju izostanak odnosno nepostojanje statistički značajne razlike.

#### 4. REZULTATI

Rezultati ovoga istraživanja prikazani su tablično. Tablica 2. prikazuje prosječnu vrijednost analiziranih pokazatelja kukuruzne silaže, zbirno za tri navedene županije Istočne Hrvatske.

Tablicom 3. prikazana je distribucija strukture čestica silaže. Tablicom 4. prikazane su prosječne vrijednosti analiziranih pokazatelja kukuruzne silaže po županijama. Grafikonom 1. prikazan je broj nesukladnih uzoraka distribucije veličine čestica silaže kukuruza.

**Tablica 2.** Prosječna vrijednost analiziranih pokazatelja kukuruzne silaže, zbirno za tri županije Istočne Hrvatske (n=75).

Pokazatelj	Prosjek	Maksimum	Minimum	sd	Željeni raspon*
ST (g kg <sup>-1</sup> svježe silaže)	349,8	477,0	175,0	39,99	320 – 360
Sirovi protein (g kg <sup>-1</sup> ST)	71,4	107,0	37,0	9,23	> 75
Sirovi pepeo (g kg <sup>-1</sup> ST)	39,6	75,0	30,0	7,33	< 45
Sirova vlakna (g kg <sup>-1</sup> ST)	186,6	528,0	133,3	46,87	180 – 200
KDV (g kg <sup>-1</sup> ST)	212,6	360,0	150,0	28,72	< 220
NDV (g kg <sup>-1</sup> ST)	393,6	636,0	300,1	44,25	< 420
KDL (g kg <sup>-1</sup> ST)	17,0	30,0	11,0	3,64	< 20
Škrob (g kg <sup>-1</sup> ST)	325,1	437,0	221,0	47,03	300 – 400
pH vrijednost	3,86	4,2	3,6	0,13	3,8 – 4,2
Mliječna kiselina (g kg <sup>-1</sup> ST)	56,4	92,0	21,0	12,23	40 – 60
Octena kiselina (g kg <sup>-1</sup> ST)	20,7	37,0	10,0	5,38	< 20
Probavljiva OT (% u ST)	75,9	81,1	63,4	2,35	> 73
pNDV (%)	53,7	66,6	45,8	4,24	> 50

NEL (MJ kg <sup>-1</sup> ST)	6,8	7,4	5,5	0,30	> 6.5
*- prema domaćem sustavu ocjene silaže kukuruza sd- standardna devijacija;ST-suha tvar; KDV-kisela deterdžent vlakna; NDV-neutralna deterdžent vlakna;KDL-kiseli deterdžent lignin; pNDV-probavljivost neutralnih deterdžentnih vlakana; OT-organska tvar; NEL-neto energija mijeka					

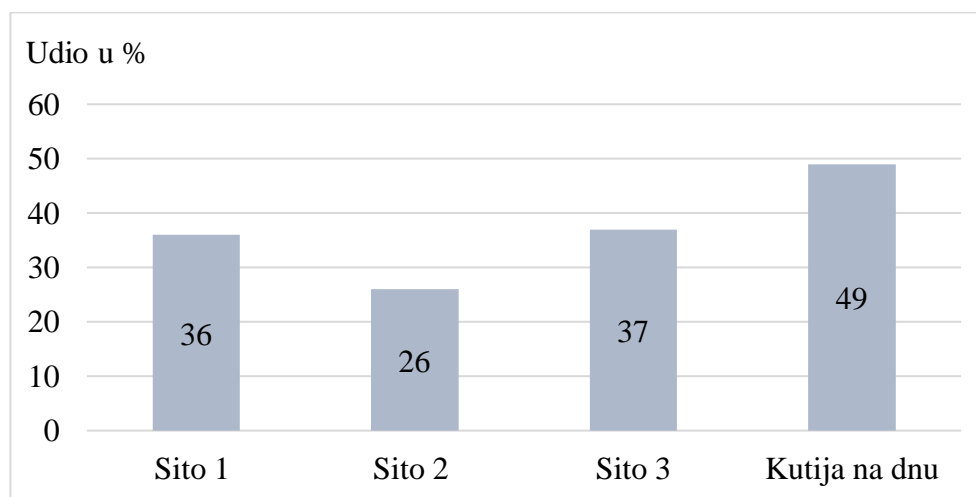
**Tablica 3.** Distribucija strukture čestica silaže (%).

Sito 1 (> 19 mm), (%)	7,13	28,39	0,24	5,36	3 - 8
Sito 2 (> 8 mm), (%)	56,34	85,39	35,87	9,98	45 – 65
Sito 3 (> 4 mm), (%)	24,83	41,61	7,83	6,49	20 – 30
Kutija na dnu (< 4 mm), (%)	11,70	22,24	3,32	3,75	< 10

**Tablica 4.** Prosječne vrijednosti analiziranih pokazatelja kukuruzne silaže, po županijama (n=75).

Pokazatelj	Županija $\bar{x} \pm sd$			P-vrijednost
	Osječko- baranjska županija	Brodsko- posavska županija	Vukovarsko- srijemska županija	
ST (g kg <sup>-1</sup> svježe silaže)	346,3±35,3	356,0±48,6	347,2±36,4	0,651*
Sirovi protein (g kg <sup>-1</sup> ST)	73,9±11,4	69,5±10,0	70,8±5,2	0,223*
Sirovi pepeo (g kg <sup>-1</sup> ST)	43,0 <sup>a</sup> ±9,1	36,0 <sup>bc</sup> ±5,2	39,8 <sup>a</sup> ±5,7	0,002**
Sirova vlakna (g kg <sup>-1</sup> ST)	177,2±18,0	194,5±77,4	188,0±19,9	0,136**
KDV (g kg <sup>-1</sup> ST)	207,3±19,6	209,7±39,2	221,1±23,4	0,199*
NDV (g kg <sup>-1</sup> ST)	386,5±32,3	390,8±61,5	403,5±33,6	0,379*

KDL (g kg <sup>-1</sup> ST)	15,6 <sup>a</sup> ±3,9	17,3 <sup>bc</sup> ±3,6	18,0 <sup>c</sup> ±2,0	0,005**
Škrob (g kg <sup>-1</sup> ST)	313,2 <sup>a</sup> ±46,4	348,6 <sup>b</sup> ±43,5	313,6 <sup>a</sup> ±44,9	0,008*
pH-vrijednost	3,82 <sup>a</sup> ±0,12	3,94 <sup>b</sup> ±0,15	3,84 <sup>a</sup> ±0,10	0,003**
Mliječna kiselina (g kg <sup>-1</sup> ST)	63,08 <sup>a</sup> ±11,24	47,08 <sup>b</sup> ±10,89	58,96 <sup>a</sup> ±8,87	<0,001*
Octena kiselina (g kg <sup>-1</sup> ST)	22,76 <sup>a</sup> ±5,87	18,28 <sup>b</sup> ±5,11	21,00 <sup>ab</sup> ±4,39	0,011*
Probavljiva OT (% u ST)	76,99 <sup>a</sup> ±2,38	75,61 <sup>b</sup> ±2,74	75,07 <sup>bc</sup> ±1,43	0,011*
pNDV (%)	56,84 <sup>a</sup> ±4,54	53,07 <sup>b</sup> ±3,47	51,33 <sup>bc</sup> ±2,66	<0,001*
NEL (MJ kg <sup>-1</sup> ST)	6,91 <sup>a</sup> ±0,30	6,77 <sup>a</sup> ±0,36	6,68 <sup>b</sup> ±0,20	0,006**
*ANOVA; ** Kruskal-Wallis test; $\bar{x}$ -aritmetička sredina; sd-standardna devijacija; značajne razlike između srednjih vrijednosti skupina <sup>a,b,c</sup> P<0,05				



Grafikon 1. Broj nesukladnih uzoraka distribucije čestica silaže kukuruza (n=75).

## 5. RASPRAVA

Hranjiva i energetska vrijednost silaže kukuruza opisana je utvrđivanjem vrijednosti petnaest (15) odabranih pokazatelja, pri čemu je Tablicom 2. prikazana prosječna vrijednost pojedinih pokazatelja zbirno (za tri županije), uz vrijednosti odstupanja u Max. i Min., kao i vrijednosti željenog raspona vrijednosti za pojedine pokazatelje. Tablicom 3. opisana je hranjiva vrijednost kukuruzne silaže po županijama, a izražena je srednjom vrijednošću i standardnom devijacijom uz testiranje razlika srednjih vrijednosti i utvrđivanje postojanja statističke značajnosti analiziranih pokazatelja između pojedinih županija.

**Suha tvar** je značajan nutritivni pokazatelj koji ima utjecaj na pravilan tijek procesa siliranja, a sadržajem stvorenih produkata fermentacije utječe naješnost silaže. Prosječna vrijednost ST-a u silažama tri županije (Tablica 2.) iznosila je optimalnih 349,8 g kg<sup>-1</sup> svježe silaže, no vrijednosti odstupanja od prosjeka u minimum i maksimum su bile značajne (175-477 g kg<sup>-1</sup>), što je rezultiralo čak do 29,3% nesukladnih uzoraka. Heterogenost rezultata suhe tvari silaže mogu izazvati brojni čimbenici kao što su: fenofaza biljke u vrijeme žetve (De Boever, 1999.), genotip hibrida te primijenjena agrotehnika. Razlike srednjih vrijednosti ST-a (Tablica 3.) između županija su bile ujednačene te između pojedinih županija nisu utvrđene statistički značajne razlike ( $P > 0,05$ ).

Prosječan **sadržaj sirovih proteina** u silažama tri županije (Tablica 2.) iznosio je niskih 71,4 g kg<sup>-1</sup> ST, što je ispod ciljanih vrijednosti ( $> 75$  g kg<sup>-1</sup> ST). Iako je potvrđeno da niži sadržaj proteina dolazi obično od visokih FAO grupa (700) kao i zbog kasnije žetve, Ahmadi i sur. (1993.) su utvrdili povećanje SP-a s kasnijom žetvom. Zabilježena su izraženija odstupanja od prosječnih vrijednosti sirovog proteina u Min i Max (37-107 g kg<sup>-1</sup> ST), a zbog velikih odstupanja od prosjeka čak 70,6% vrijednosti proteina u uzorcima silaža bilo je ispod očekivanih vrijednosti. Utvrđene razlike srednjih vrijednosti sirovog proteina (Tablica 3.) između pojedinih županija nisu bile i statistički značajne ( $P > 0,05$ ). S obzirom na umjeren sadržaj sirovog proteina u silažama kukuruza, ne može se reći da je primarno proteinska komponenta, ipak praktični značaj proteina silaže u hrani mliječnih krava nije mali. Polazeći od pretpostavke daje ovo krmivo dominantna komponenta pri komponiranju obroka mliječnih krava, proteinom iz silaže kukuruza podmiruje i do 40% ukupnih potreba (Grbeša 2016.; NRC, 2001.). Zato će za proizvođače silaže biti neophodno kako u proizvodnji, tako i u

pripremi silaže kukuruza primjenjivati bolja tehnološka rješenja s ciljem povećanja ukupne hranjive vrijednosti silaže kao i povećanja sadržaja proteina.

Zbirna prosječna **vrijednost sirovog pepela** u istraživanim silažama (Tablica 2.) zabilježena je na zadovoljavajućih 39,6 g kg<sup>-1</sup> ST, i kretala se u okviru očekivanih vrijednost (<45 g kg<sup>-1</sup> ST). Distribucija pojedinačnih vrijednosti sirovog pepela je bila relativno ujednačena te je zabilježeno od 75 uzorka samo 15 nesukladnih (samo 20%). Testiranjem razlika srednjih vrijednosti sirovog pepela između pojedinih županija, utvrđena je najniža vrijednost od 36 g kg<sup>-1</sup> ST u Brodsko-posavskoj županiji, što je bilo i statistički značajno (P<0,05) u odnosu na Vukovarsko-srijemsku i Osječko-baranjsku. Povećane koncentracije pepela nisu poželjne i obično su potvrda povećanog onečišćenja zemljom koja se povećava kod košnje nisko pri zemlji ili kod skidanja usjeva u vrijeme nepovoljnih vremenskih prilika (kiša). Zemlja sa sobom nosi brojne patogene mikroorganizme izaziva higijensko onečišćenje silaže. Pored toga, viši udjeli pepela u silaži su također u negativnoj korelaciji sa energetsom vrijednošću. Bolja kontrola količine pepela se postiže pravilno određenom visinom kosidbe biljke kukuruza.

**Sirova vlakna** kao jedna od frakcija teže probavljivih ugljikohidrata, koja u najvećoj mjeri dolazi od vegetativnog dijela biljke, a izražena kao prosječna vrijednost triju županija (Tablica 2.) iznosila je optimalnih 186,6 g kg<sup>-1</sup> ST. Iako je srednja vrijednost sirove vlaknine u rasponu poželjnih vrijednosti za silažu kukuruza (180-200 g kg<sup>-1</sup> ST), i kod ovog pokazatelja je utvrđeno samo 17% nesukladnih uzoraka. Na temelju dobivenih razlika srednjih vrijednosti sirove vlaknine (Tablica 3.) nisu utvrđene statistički značajne razlike (P>0,05) između pojedinih županija.

Silaže kukuruza dobre nutritivne vrijednosti pored poželjne koncentracije sirovih vlakana, zahtijevaju utvrđivanje i udjela **KDV-a, NDV-a i KDL-a**, a njihove vrijednosti su poželjne u sljedećim rasponima (<220, <420 i <20 g kg<sup>-1</sup> ST). Prosječne vrijednosti KDV-a NDV-a i KDL-a u analiziranim silažama triju županija (Tablica 2.) su bile: 212,6; 393,6 i 17 g kg<sup>-1</sup> ST, što odgovara vrijednosti vrlo dobrih silaža. I kod ovih pokazatelja utvrđen je određen broj nesukladnih uzoraka; 25 uzoraka KDV-a, 16 uzoraka NDV-a i 9 uzoraka KDL-a. Dobivene srednje vrijednosti KDV-a i NDV-a po pojedinim županijama (Tablica 3.) bile su ujednačene i statistički nesignifikantne (P>0,05). Srednja vrijednost KDL-a je bila najbolja u Osječko-

baranjskoj županiji ( $16,5 \text{ g kg}^{-1} \text{ ST}$ ), što je bilo i statistički značajno ( $P < 0,05$ ) u odnosu na vrijednosti u drugim dvjema županijama. Sadržaj sirovih vlakana u silaži kukuruza u jakoj je korelaciji s NDV-om i NDL-om (Kiš, 2012.), a pored toga vlaknina je važna u mikrobiološkoj razgradnji hrane u buragu i održavanju pH buraga te njegove pravilne motorike, kao i u sintezi mliječne masti mliječnih krava (NRC, 2001). Ipak, treba reći da prekomjerne vrijednosti KDV-a i KDL-a smanjuju probavljivost, a povećane količine NDV-a nepovoljno utječu na duljinu preživljanja umanjujući pri tom konzumaciju silaže (Sriharsha, 2017.; Jensen i sur., 2016.; Chamberlain i Wilkinson 1996.). Dulje vrijeme potrošeno na hranjenje smanjuje mirovanje, što se nepovoljno odražava na proizvodnju. Inače, optimalno vrijeme hranjenja kod mliječnih krava je 3-5 h/d (Gomez i Cook, 2010.).

Energetsku vrijednost silaže u velikoj mjeri određuje **udio škroba**, a važnim se čini proizvesti biljnu sirovinu s visokim udjelom ove hranjive tvari, jer škrob iz silaže u cjelovitom obroku doprinosi poticanju veće konzumacije kao i veće aktivnosti mikroba buraga u probavi hrane (Fitzgerland i Murphy, 1999.). Prosječna vrijednost škroba u ovom istraživanju je iznosila respektabilnih  $325,1 \text{ g kg}^{-1} \text{ ST}$ , što je blizu donje granice ciljanih vrijednosti (Tablica 2.), uz naznaku da je u 22/75 uzoraka vrijednosti škroba bila niža od očekivanih ( $< 300 \text{ g kg}^{-1} \text{ ST}$ ). Prosječne vrijednosti škroba po županijama (Tablica 3.) potvrdili su ujednačene vrijednosti u Osječko-baranjskoj i Vukovarsko srijemskoj županiji ( $313,2; 313,6 \text{ g kg}^{-1} \text{ ST}$ ), dok je najbolja vrijednost škroba ostvarena u silažama Brodsko-posavske županije ( $348,6 \text{ g kg}^{-1} \text{ ST}$ ), a ona je bila i statistički značajna ( $P < 0,05$ ) u odnosu na vrijednosti druge dvije županije. Nešto niže rezultate škroba ( $295 \text{ g kg}^{-1} \text{ ST}$ ) u usporedbi s ovim istraživanjem su dobili Linn i sur. (2006.) pri istoj vrijednosti ST ( $349 \text{ g kg}^{-1}$ ), dok su Vranić i sur. (2004.) pri suhoj tvari  $391 \text{ g kg}^{-1}$  utvrdili veći udio škroba za 10 g. Treba reći da škrob u silaži dodatno povećava bio dostupnost s napredovanjem procesa fermentacije silaže zahvaljujući proteolizi proteina prolamina koji obavija granule škroba (Hoffman i sur., 2011.).

Tri pokazatelja fermentacije silaže kukuruza (**pH vrijednost, koncentracija mliječne i octene kiseline**) daju dobar uvid u tijek postupka fermentacije, a on je prema prosječnoj vrijednosti pH silaže od 3,81 kao i prema količini mliječne i octene kiseline od 56,4, odnosno  $20,7 \text{ g kg}^{-1} \text{ ST}$  bio zadovoljavajući (Tablica 2.). Za pH vrijednosti silaža i koncentracije mliječne kiseline su odstupanja bila minimalna, što potvrđuje i vrijednost sd za  $\text{pH}=0,13$ , ali je vrlo velik broj



uzoraka (39/75) s obzirom na sadržaj octene kiseline bio nesukladan. Srednje vrijednosti pH silaža (Tablica 3.) u Osječko-baranjskoj i Vukovarsko-srijemskoj su bile vrlo ujednačene (3,82;3,84), dok je pH vrijednost silaža u Brodsko-posavskoj iznosila 3,94 i bila statistički značajna ( $P<0,05$ ) u odnosu na vrijednosti prethodne dvije županije. Usporedbom srednjih vrijednosti mliječne kiseline, utvrđeno je da su statistički ( $P<0,05$ ) veće vrijednosti mliječne kiseline zabilježene u Osječko-baranjskoj (63,0 g kg<sup>-1</sup> ST) i Vukovarsko-srijemskoj (58,9 g kg<sup>-1</sup> ST) u odnosu na vrijednosti mliječne kiseline u Brodsko-posavskoj županiji (47,0 g kg<sup>-1</sup> ST). Testiranjem razlika srednjih vrijednosti octene kiseline zabilježena je najmanja vrijednost od 18,3 g kg<sup>-1</sup> ST u Brodsko-posavskoj županiji, što je bilo i statistički značajno ( $P<0,05$ ) u odnosu na vrijednosti Osječko-baranjske županije. Vrijednosti praćenih fermentativnih pokazatelja između županija u skladu su s rezultatima Roth i Heinrichs (2001.), koji su također zabilježili da povećanjem ST-a silaže raste pH vrijednost, ali se smanjuje udio mliječne i octene kiseline.

Prosječna **probavljivost organske tvari** (pOT) u silažama kukuruza iznosila je 75,9% ST (Tablica 1.) i ova vrijednost je u okviru ciljanih vrijednosti dobre silaže (>73%). Pojedinačne vrijednosti pOT su bile vrlo ujednačene te je utvrđeno samo pet (5) nesukladnih uzoraka. Usporedbom dobivenih razlika pOT između pojedinih županija (Tablica 2.) najbolja vrijednost zabilježena je u Osječko-baranjskoj županiji (76,9% ST), što je bilo i statistički značajno ( $P<0,05$ ) u odnosu na vrijednosti u druge dvije županije. Ovaj kvalitativni pokazatelj silaže kukuruza (pOT) poželjno je da bude što veći, jer on govori o obimu biodostupnosti hranjivih tvari u probavnom sustavu životinje, što doprinosi i većoj energetske vrijednosti (Bagg, 2001.).

Da je **pNDV** u pozitivnoj korelaciji s pOT tvrde Vranić i sur. (2004.), a potvrdilo se i u ovom istraživanju (Tablica 2.) gdje su i najbolju vrijednost pNDV-a imale silaže Osječko-baranjske županije, a vrijednostisu bile i statistički značajna ( $P<0,05$ ) u odnosu na Brodsko-posavsku i Vukovarsko-srijemsku. Prosječna vrijednost pNDV-a zbirno za tri županije (Tablica 1.) iznosila je 53,7%, uz napomenu da je samo kod 13 uzoraka utvrđena vrijednost izvan očekivanih.

Kada je **energetska vrijednost** silaže kukuruza 6,8 MJ NELkg<sup>-1</sup> ST kao u ovom istraživanju na tri županije Istočne Hrvatske (Tablica 2.), tada se može govoriti o dobroj silaži. Pri istoj

vrijednosti ST-a Kiš (2012.) je zabilježio energetska vrijednost silaže kukuruza od 6,51 MJ NEL kg<sup>-1</sup> ST. Pojedinačne vrijednosti NEL-a su bile vrlo ujednačene s umjerenim odstupanjima u Max i Min, a samo 10 uzoraka je bilo izvan ciljanih vrijednosti (<6,6 MJ NEL kg<sup>-1</sup> ST). Pretpostavlja se da ujednačena energetska vrijednost silaža dolazi kao posljedica prirodne sposobnosti biljke kukuruza da tijekom određenog razdoblja dozrijevanja može održati nepromijenjenu energetska vrijednost (Kiš, 2012.). Testiranjem razlika srednjih vrijednosti energije utvrđena je najbolja, statistički značajna (P<0,05) energetska vrijednost u silažama Osječko-baranjske i Brodsko-posavske županije (6,91 i 6,77 MJ NEL kg<sup>-1</sup> ST) u odnosu na energetska vrijednost silaža Vukovarsko-srijemske županije (6,68 MJ NEL kg<sup>-1</sup> ST). Utvrđene razlike energetske vrijednosti mogu se objasniti povećanjem udjela teže probavljivih vlakana i nižom probavljivošću NDV-a u silažama Vukovarsko-srijemske županije, a do istih tvrdnji su došli Roth i Heinrichs (2001.).

***Fizička vrijednost strukture čestica silaže*** određena prosijavanjem preko sustava triju sita (Penn State Particle Separator, Heinrichs, 2013.) prikazana kao relativna prosječna vrijednost ponudila je sljedeće rezultate: sito 1=7,13%; sito 2=56,34%; sito 3=24,83 i kutija na dnu=11,7%. Iako su srednje vrijednosti, osim u frakciji na dnu kutije, bili u skladu s ciljanim vrijednostima (Tablica 2.), ipak treba reći da su zabilježena značajnija odstupanja u Max i Min u sve četiri frakcije. Broj nesukladnih uzoraka na pojedinim sitima je prikazan na Grafikonu 1. kako slijedi: 36 uzorka na situ 1, 26 na situ 2, 37 uzoraka na situ 3 i najviše 49 uzoraka u kutiji na dnu. Rezultati ovog istraživanja potvrđuju vrlo heterogenu strukturu čestica, što govori o nepravilno podešenoj žetvenoj tehnici (silokombajn). Prema Domaćinović i sur. (2019.) poželjne vrijednosti postotnog udjela veličine čestica prosijanih na sitima (19, 8, i 4 mm) trebaju biti; sito 1 – 3-8%, sito 2 – 45-65%, sito 3 – 20-30% a u kutiji na dnu < 10%. Neujednačena i nepravilna dužina čestica silirane biljke nepovoljno utječe na dinamiku nabijanja mase u silosu, na tijek fermentacije. Yang i Beauchemin (2006.) potvrđuju da optimalna veličina čestica stimulatивно djeluje na dobru mikrobiološku aktivnost buraga i preživljanje što utječe na prevenciju probavnih smetnji u njemu. Fernandez i Michalet-Doreau (2002.) su istraživali utjecaj dužine čestica silaže na vrijeme provedeno u hranjenju te potvrdili da se povećanjem teoretske duljine čestica silaže od 4,2 na 12 mm povećava i vrijeme hranjenja za 43 min/dan. Kononoff i sur. (2003.) su potvrdili da se smanjenjem duljine čestica silaže od 8,8 na 8,3, 7,8 i 7,4 mm, uz manje probiranje na hranidbenom

hodniku, linearno povećavala konzumacija. Pojačano probiranje silaže je potvrđeno kada je frakcija čestica na situ 1 >12% (Linn i sur., 2006.) što je potvrdilo istraživanje Stojanovića i sur. (2010.) koji su u nepojedenom dijelu obroka zabilježili veći udio ove frakcije nego u pripremljenom obroku.

## 6. ZAKLJUČAK

Ako se polazi od činjenice da je silaža cijele biljke kukuruza, u stočarski razvijenim zemljama kao i kod nas, dominantna komponenta u hranidbi mliječnih kategorija goveda, tada u uvjetima intenzivne proizvodnje mlijeka kontinuirana kontrola kemijskog sastava silaže je neophodna. Analizom kukuruzne silaže utvrđuje se realna hranjiva i energetska vrijednost koja je potrebna pri pravilnom komponiranju obroka ovih visokoproduktivnih životinja, a s druge strana redovna analiza je potrebna i zbog sklonosti silaže kukuruza da u pojedinim vegetacijskim godinama značajnije mijenjaju hranjivu vrijednost, što potvrđuje i ovo istraživanje na tri županije istočne Hrvatske.

Iako su prosječne vrijednosti pojedinačno praćenih pokazatelja ocjene silaže kukuruza u vegetacijskoj 2020. godini bile dobre, ipak treba skrenuti pažnju na uočena značajna odstupanja prosječnih vrijednosti pojedinih pokazatelja od srednjih vrijednosti, što upućuje na neujednačenu kvalitetu proizvodnje silaže kod pojedinih proizvođača. Na temelju vrijednosti praćenih pokazatelja moguće je tvrditi da se ujednačena kvaliteta silaže može postići preciznijim određivanjem trenutka žetve, bolje podešenim silo-kombajnom i kvalitetnije vođenim postupkom s biljnom masom u silosu. Moguće je tvrditi da bi povećanjem kvalitete silaže kukuruza pozitivno utjecalo na proizvodnost i konkurentnost domaće proizvodnje mlijeka na području triju slavonskih županija, a to je moguće postići ulaganjem dodatnog napora u poboljšanju tehničko-tehnoloških uvjeta u proizvodnji i pripremi silaže.

## 7. POPIS LITERATURE

1. Ahmadi, M., Wiebold, W.J., Bauerlein, J.E., Eckert, D.J. Schoper, J. (1993.): Agronomic practices that affect corn kernel characteristics. *Agronomy Journal*, 85: 615-619.
2. Alexander, D. E. (1988.): Breeding special nutritional and industrial types. U: Sprague, G. F. i Dudley, J. W. (ur.) *Corn and corn improvement*. *Agronomy Monographs* 18, treće izdanje. Madison, 869-880.
3. Alien, M.S. (1997.): Relationship between ruminal fermentation and the requirement for physically effective fiber. *Journal of Dairy Science*, 80:1447-1462.
4. Al-Jobeile, H., Bal, M.A., Shaver, R.D. Lauer, J.G. (2000.): Influence of corn silage fiber content and level of dietary concentrate supplementation on intake, digestion, and milk-production by dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 78(1): 118.
5. Atwell, D.G., Jaster, E.H., Moore, K. Fernando, R. I. (1988.): Evaluation of high-oil corn and corn silage for lactating cows. *Journal of Dairy Science*, 71: 2689-2698.
6. Bagg, J. (2001.): Selecting corn silage hybrids. Ministry of agriculture food/rural affairs. [www.omafra.gov.on.ca/english/crops/field/selhybrid.html](http://www.omafra.gov.on.ca/english/crops/field/selhybrid.html) (posljednji put pregledano: 25. ožujka 2023.)
7. Bal, M.A., Coors, J.G. Shaver, R.D. (1996.): Kernel milkline stage effects on the nutritive value of corn silage for lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 79(1): 150.
8. Chamberlain, A.T. i Wilkinson, J.M. (1996.): *Feeding the Dairy Cow*. Chalcombe Publications, Southampton.
9. Darby, D.E. Jofriet, J.C. (1993.): Density of silage in horizontal silos. *Canadian Agricultural Engineering*, 35(4): 275-280.
10. De Boever, J.L., Cottyn, B.G., De Brahander, D.L., Vanacker, J.M. Bouque, Ch.V. (1999.): Equation to predict digestibility and energy value of grass silage, maize silages, grass hays, compound feeds and raw materials for cattle. *Nutrition Abstracts and Review Series B: Livestock Feeds and Feeding*, 69: 835-850.
11. Domaćinović, M., Solić, D. (2019.): Predstavljanje prvog sustava ocjene silaže kukuruza u Hrvatskoj. XIV savjetovanje uzgajivača goveda u Republici Hrvatskoj, Zbornik predavanja, 7-15.

12. Državni zavod za statistiku: „Površina i proizvodnja žitarica i ostalih usjeva u 2021. – privremeni podaci“ dostupno na: <https://podaci.dzs.hr/2021/hr/10142>(posljednji put provjereno: 25. ožujka 2023.)
13. Fernandez, I., Michalet-Doreau, B. (2002.): Effect of maturity stage and chopping length of maize silage on particle size reduction in dairy cows. *Animal Research*, 51: 445-454.
14. 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.
15. Gagro, M. (1997.): Ratarstvo obiteljskoga gospodarstva - žitarice i zrnate mahunarke. Hrvatsko agronomsko društvo, Zagreb.
16. Gagro, M. (1998.): Ratarstvo obiteljskoga gospodarstva – industrijsko i krmno bilje. Hrvatsko agronomsko društvo, Zagreb.
17. Gomez, A., Cook, N. B. (2010.): Time budgets of lactating dairy cattle in commercial freestall herds. *Journal of Dairy Science*, 93:5772-5781.
18. Grbeša, D. (2016.): Hranidbena vrijednost kukuruza, Agronomski fakultet Zagreb, Bc institut Zagreb, 90-136.
19. Harrison, J.H., Johnson, L., Hunt, C., Doggett, C.G, Rotz, C.A., Shinnars, K., Sapienza, D. (1998.): Mechanical processing of cornsilage: Looking back two years. Western Horticultural Association Annual Conference, Seattle.
20. Heinrichs, J. (2013.): The Penn State Particle Separator. Penn State Extension, Department of Animal Science, DSE 13,186, 1-8.
21. Hoffman, P. C., Esser, N. M., Shaver, R. D., Coblenz, W. K., Scott, M. P., Bodnar, A. L., Schmidt, R. J. Charley, R. C. (2011.): Influence of ensiling time and inoculation on alteration of the starchprotein matrix in high-moisture corn. *Journal of Dairy Science*, 94:2465-2474.
22. 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. *Agric. Equip. Tech. Conf.* Louisville.

23. Horrocks, R.D., Vallentine, J.F. (1999.): *HarvestedForages*. Academic Press, San Diego.
24. Hrgović, S. (2007.): Osnovne agrotehnike proizvodnje kukuruza. *Glasnik zaštite bilja*, 30(3): 48-61.
25. Hulina, N. (2011.): *Više biljke – stablašice: sistematika i gospodarsko značenje*. Golden marketing-Tehnička knjiga, Zagreb.
26. Jensen, L. M., B. Markussen, N. I. Nielsen, E. Nadeau, M. R. Weisbjerg, P. Norgaard. (2016.): Description and evaluation of a net energy intake model as a function of dietary chewing index. *Journal of Dairy Science*, 99:8699-8715.
27. 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.
28. Kiš, G. (2012.): *Hranjivost dijelova i cijele biljke silažnog kukuruza u različitim stadijima zrelosti zrna*. Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet, Doktorska disertacija, 105.
29. Kolver, E.S., Densley, R., Miller, D., Williams, I. Sapienza, D. (2003.): Ranking maize hybrids for silage quality and milk production in pasture based dairying. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production*, 63: 101-106.
30. Kononoff, P. J., Heinrichs, A. J. (2003.): The effect of reducing alfalfa haylage particle size on cows in early lactation. *Journal of Dairy Science*, 86:1445-1457.
31. Kovačević V. i Rastija M. (2013.): *Žitarice - interna skripta*, Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Osijek.
32. Lambert, R. J. (1994.): *High-oilcornhybrids*. U: Hallauer, A. H. (ur.) *Specialty corns*. CRC Press, Boca Raton, 123-145.
33. Larson, J.H. (1979.): *Handling and feeding rolled corn silage and its effect supon milk production, efficiency of production, and palatability in the dairy ration*. Marshfield Experiment Station, University of Wisconsin, Madison.
34. Lauer, J.G. (1998.): Corn silage yield and quality trade-off swwhenchanging Culling height. *FieldCrops*, 28: 47-58.

35. Ledrew, H.D., Daynard, T.B., Muldoon, J.F. (1984.): Relationship among hybrid maturity, environment, dry matter yield, and moisture concentration of whole plant corn. *Canadian Journal of Plant Sciences*, 64: 565-573.
36. Linn, J., Salfer, J., Martens, D., Peterson, P. (2006.): Guide to evaluating corn silage quality. 1-2. <http://www.midwestforage.org/pdf/109.pdf>(posljednji put pregledano: 25. ožujka 2023.)
37. 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.
38. Mägdefrau, K., Ehrendorfer, F. (1997.): *Sistematika, evolucija i geobotanika*. Školska knjiga, Zagreb.
39. Mahanna, W., Chase, L. E. (2003.): Practical applications and solutions to silage problems. Pages 855-895 in *Silage Science and Technology*. Agronomy Monograph No. 42. ASA-CSSA-SSA, Madison.
40. Martinčić, J., Kozumplik, V. (1996.): *Oplemenjivanje bilja*. Poljoprivredni fakultet Osijek; Agronomski fakultet Zagreb, Zagreb.
41. Nikolić, T. (2013.): *Sistematska botanika-raznolikost i evolucija biljnog svijeta*. Alfa. Zagreb.
42. NRC - National Research Council. (2001.): *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. Seventh Revised Edition 2001. National Academic Press, Washington, D.C., 381.
43. 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. *Animal Science*, 71: 401-409.
44. Pospišil, A. (2010.): *Ratarstvo I. dio*. Zrinski d.d., Čakovec.
45. Roth, G. W., Heinrichs, A. J. (2001.): *Corn Silage Production and Management*, The Pennsylvania State University.
46. Roy, M.B., Treblay, Y., Pomerleau, P., Savoie, P. (2001.): Compaction and density of forage in bunker silos. *ASAE Annual Int. Meeting*.



47. Ruppel, K.A., Pitt, R.E., Chase, L.E., Dalton, D.M. (1995.): Bunker silo management and its relationship to forage preservation on dairy farms. *Journal of Dairy Science*, 78(1): 141-153.
48. Savoie, P., Muck, R.E., Holmes, B.J. (2004.): Laboratory assessment of bunker silo density, part II: Whole-plantcorn. *Applied Engineering in Agriculture*, 20(2): 165-171.
49. Shaver, D. (1983.): Genetics and breeding of maize with extra leaves above the ear. U: Wilkinson, D. i Brown, R. (ur.) 38<sup>th</sup> Proc. Ann. Corn and Sorghum Res. Conf. Chicago, 161-180.
50. Sriharsha, K.V. (2017.): Myths and facts of silage production and management, *International Dairy Topics*, 16(6):27-29.
51. 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, 29<sup>th</sup> November 1988.* 68-84.
52. Stojanović, B., Grubić, G., Đorđević, N., Božičković, A., Ivetić, A. (2010.): Efekat stepena usitnjenosti silaže kukuruza i fizički efektivnih vlakana u ishrani visokoproizvodnih krava, *Zbornik naučnih radova*, 16(3-4):31-39.
53. Thomas, E.D., Mandevu, P., Ballard, C.S., Sniffen, C.J., Carter, M.P., Beck, J. (2001.): Comparison of corn silage hybrids for yield, nutrient composition, in vitro digestibility, and milk yield by dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 84: 2217-2226.
54. Toruk, F., Gonulol, E., Kayisoglu, B., Koc, F. (2010.): Effects of compaction and maturity stages on sunflower silage quality. *African Journal of Agricultural Research*, 5(1): 55-59.
55. Vranić, M., Bošnjak, K., Čačić, I. (2018.): Zatvaranje horizontalnog silosa – postoji li alternativa plastičnoj foliji? *Krmiva*, 60(2): 97-106.
56. Vranić, M., Knežević, M., Perčulija, G., Grbeša, D., Leto, J., Bošnjak, K., Rupić, I. (2004.): Kvaliteta kukuruzne silaže na obiteljskim poljoprivrednim gospodarstvima, *Mljekarstvo*, 54(3):175-186.
57. Weiss, W.P., Wyatt, D.J. (2000.): Effect of oil content and kernel processing of corn silage on digestibility and milk production by dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 83: 351-358.

58. Yang, W.Z., Beauchemin, K. A. (2006.): Increasing the physically effective fiber content of dairy cow diets may lower efficiency of feed use. *Journal of Dairy Science*, 89: 2694-2704.

## 8. SAŽETAK

Cilj ovog istraživanja je bio utvrditi kvalitetu kukuruzne silaže kao dominantne komponente u hrani mliječnih krava u tri županije Istočne Hrvatske; Brodsko-posavske, Osječko-baranjske i Vukovarsko-srijemske. Praktični dio istraživanja obuhvatio 25 uzoraka silaže kukuruza u svakoj Županiji, što znači da je ukupno prikupljeno 75 uzoraka i potom analizirana kukuruzna silaža. Praćeni nutritivni, fermentativni i fizički pokazatelji izraženi kao prosječne vrijednosti bili su dobri. Pokazatelji kemijskog sastava: suha tvar (ST)=349,8 g/kg<sup>-1</sup>, sirove bjelančevine=71,4 g/kg<sup>-1</sup> ST, sirovi pepeo=39,6 g/kg<sup>-1</sup> ST, sirova vlakna=186,6 g/kg<sup>-1</sup> ST, kisela deterdžent vlakna=212,6 g/kg<sup>-1</sup> ST, neutralna deterdžent vlakna=393,6 g/kg<sup>-1</sup> ST, kiseli deterdžent lignina=17,0 g/kg<sup>-1</sup> ST, škrob=325,1 g/kg<sup>-1</sup> ST, energetska vrijednost izražena u neto energiji za laktaciju (NEL, MJ/kg<sup>-1</sup> ST)=6,8, prosječna probavljivost organske tvari=75,9% i probavljivost neutralnih deterdžent vlakana=53,7%. Pokazatelji fermentacije silaže uključili su mjerenje prosječne pH vrijednosti koja je iznosila 3,86, koncentraciju mliječne kiseline=56,4 g/kg<sup>-1</sup> ST i octenu kiselinu 20,7 g/kg<sup>-1</sup> ST. Fizički pokazatelj, određivanje distribucije veličine čestica silaže (sustav tri sita) zabilježio je; sito 1=7,13%; sito 2=56,34%; sito 3=24,83% i kutija na dnu=11,70%. S obzirom na utvrđene statističke značajnosti testiranih razlika prosječnih vrijednosti kod devet pokazatelja hranjive i energetske vrijednosti silaže kukuruza između županija, moguće je potvrditi da je kvaliteta silaže bila bolja u Osječko-baranjskoj i Brodsko-posavskoj županiji u odnosu na Vukovarsko-srijemsku. Na temelju značajnijih odstupanja u minimumu i maksimumu te utvrđivanjem većeg broja nesukladnih uzoraka kod nekih pokazatelja od prosječnih vrijednosti, navodi na zaključak o neujednačenoj kvaliteti silaže kod pojedinih proizvođača.

Ključne riječi: silaža, kukuruz, mliječne krave, nutritivna vrijednost

## 9. SUMMARY

The aim of this research was to determine the quality of corn silage as the dominant component in the feed of dairy cows in three counties of Eastern Croatia; Brod-Posavina, Osijek-Baranja and Vukovar-Srijem. The practical part of the research included 25 samples of corn silage from three counties, which means that a total of 75 samples were collected and then analyzed. The monitored nutritional, fermentative and physical indicators expressed as average values were good. Indicators of chemical composition: dry matter (DM)=349.8 g/kg<sup>-1</sup>, crude protein=71.4 g/kg<sup>-1</sup>DM, crude ash=39.6 g/kg<sup>-1</sup>DM, crude fiber=186.6 g/kg<sup>-1</sup>DM, acid detergent fiber=212.6 g/kg<sup>-1</sup> ST, neutral detergent fiber=393.6 g/kg<sup>-1</sup>DM, acid detergent lignin=17.0 g/kg<sup>-1</sup>DM, starch=325.1 g/kg<sup>-1</sup>DM, energy value expressed in net energy for lactation (NEL, MJ/kg<sup>-1</sup>ST) =6.8, average digestibility of organic matter=75.9% and digestibility of neutral detergent fibers=53.7%. Indicators of silage fermentation included measurement of average pH value which was 3.86, lactic acid concentration=56.4 g/kg<sup>-1</sup>DM and acetic acid 20.7 g/kg<sup>-1</sup>DM. Physical indicator, determination of silage particle size distribution (three sieve system) recorded; sieve 1=7.13%; sieve 2=56.34%; sieve 3=24.83% and box at the bottom=11.70%. Considering the established statistical significance of the tested differences in average values for nine indicators of the nutritional and energy value of corn silage between counties, it is possible to confirm that the quality of silage was better in Osijek-Baranja and Brod-Posavina counties compared to Vukovar-Srijem. On the basis of significant deviations in the minimum and maximum and by establishing a larger number of non-conforming samples for some indicators than the average values, it leads to the conclusion about the uneven quality of silage among individual producers.

Key words: silage, corn, dairy cows, nutritional value

## 10. POPIS TABLICA

<b>Tablica 1.</b> Kemijski sastav i hranidbena vrijednost uzoraka kukuruzne silaže u trima slavonskim županijama tijekom 2013. i 2014. godine.....	19
<b>Tablica 2.</b> Prosječna vrijednost analiziranih pokazatelja kukuruzne silaže, zbirno za tri županije Istočne Hrvatske (n=75).....	22
<b>Tablica 3.</b> Distribucija strukture čestica silaže (%) .....	23
<b>Tablica4.</b> Prosječne vrijednosti analiziranih pokazatelja kukuruzne silaže, po županijama (n=75).....	23

## 11. POPIS SLIKA

Slika 1. Obrada kukuruza kod starih Azteka (ilustracija) .....	3
Slika 2. Zračno korijenje kukuruza.....	5
Slika 3. Pravi listovi kukuruza.....	6
Slika 4. Muški i ženski cvat kukuruza .....	7
Slika 5. Plod kukuruza (zrno na klipu) .....	8
Slika 6. Mliječna linija zrna kukuruza .....	12
Slika 7. Trench silos.....	15
Slika 8. Pokriveni silos.....	17

## 12. POPIS GRAFIKONA

Grafikon 1. Broj nesukladnih uzoraka distribucije čestica silaže kukuruza (n=75) .....24

## TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku  
Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek  
Sveučilišni diplomski studij, smjer Hranidba domaćih životinja

Diplomski rad

### Hranjiva i nutritivna vrijednost kukuruzne silaže na mliječnim farmama Istočne Hrvatske

Matko Adrić

#### Sažetak:

Cilj ovog istraživanja je bio utvrditi kvalitetu kukuruzne silaže kao dominantne komponente u hrani mliječnih krava u tri županije Istočne Hrvatske; Brodsko-posavske, Osječko-baranjske i Vukovarsko-srijemske. Praktični dio istraživanja obuhvatio 25 uzoraka silaže kukuruza, što znači da je ukupno prikupljeno 75 uzoraka i potom analizirana kukuruzna silaža. Praćeni nutritivni, fermentativni i fizički pokazatelji izraženi kao prosječne vrijednosti bili su dobri. Pokazatelji kemijskog sastava: suhatvar (ST)=349,8 g/kg<sup>-1</sup>, sirove bjelančevine=71,4 g/kg<sup>-1</sup> ST, sirovi pepeo=39,6 g/kg<sup>-1</sup> ST, sirova vlakna=186,6 g/kg<sup>-1</sup> ST, kisela deterdžent vlakna=212,6 g/kg<sup>-1</sup> ST, neutralna deterdžent vlakna=393,6 g/kg<sup>-1</sup> ST, kiseli deterdžent lignina=17,0 g/kg<sup>-1</sup> ST, škrob=325,1 g/kg<sup>-1</sup> ST, energetska vrijednost izražena u neto energiji za laktaciju (NEL, MJ/kg ST)=6,8, prosječna probavljivost organske tvari=75,9% i probavljivost neutralnih deterdžent vlakana=53,7%. Pokazatelji fermentacije silaže uključili su mjerenje prosječne pH vrijednosti koja je iznosila 3,86, koncentraciju mliječne kiseline=56,4 g/kg<sup>-1</sup> ST i octenu kiselinu 20,7 g/kg<sup>-1</sup> ST. Fizički pokazatelj, određivanje distribucije veličine čestica silaže (sustav tri sita) zabilježio je; sito 1=7,13%; sito 2=56,34%; sito 3=24,83% i kutija na dnu=11,70%. S obzirom na utvrđene statističke značajnosti testiranih razlika prosječnih vrijednosti kod devet pokazatelja hranjive i energetske vrijednosti silaže kukuruza između županija, moguće je potvrditi da je kvaliteta silaže bila bolja u Osječko-baranjskoj i Brodsko-posavskoj županiji u odnosu na Vukovarsko-srijemsku. Na temelju značajnijih odstupanja u minimumu i maksimumu te utvrđivanjem većeg broja nesukladnih uzoraka kod nekih pokazatelja od prosječnih vrijednosti, navodi na zaključak o neujednačenoj kvaliteti silaže kod pojedinih proizvođača.

**Rad je izrađen pri:** Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek

**Mentor:** prof.dr.sc Matija Domaćinović

**Broj stranica:** 42

**Broj slika:** 8

**Broja tablica:** 4

**Broj grafikona:** 1

**Broj literaturnih navoda:** 58

**Jezik izvornika:** hrvatski

**Ključne riječi:** silaža, kukuruz, mliječne krave, nutritivna vrijednost

**Datum obrane:**

**Stručno povjerenstvo za obranu:**

1. prof.dr.sc. Pero Mijić, predsjednik
2. prof.dr.sc. Matija Domaćinović, mentor
3. izv.prof.dr.sc. Ivana Prakatur, članica

**Rad je pohranjen u:** Knjižnica Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek, Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Vladimira Preloga 1.



## **BASIC DOCUMENTATION CARD**

**Josip Juraj Strossmayer University of Osijek**  
**Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek**  
**University Graduate Studies Zootechnics, Feeding domestic animals**

**Graduate thesis**

### **Nutritional and nutritive value of corn silage on dairy farms in Eastern Croatia**

Matko Adrić

#### **Summary:**

The aim of this research was to determine the quality of corn silage as the dominant component in the feed of dairy cows in three counties of Eastern Croatia; Brod-Posavina, Osijek-Baranja and Vukovar-Srijem. The practical part of the research included 25 samples of corn silage from three counties, which means that a total of 75 samples were collected and then analyzed. The monitored nutritional, fermentative and physical indicators expressed as average values were good. Indicators of chemical composition: dry matter (DM)=349.8 g/kg-1, crude protein=71.4 g/kg-1 DM, crude ash=39.6 g/kg-1 DM, crude fiber=186.6 g/kg-1 DM, acid detergent fiber=212.6 g/kg-1 ST, neutral detergent fiber=393.6 g/kg-1 DM, acid detergent lignin=17.0 g/kg-1 DM, starch=325.1 g/kg-1 DM, energy value expressed in net energy for lactation (NEL, MJ/kg-1 ST) =6.8, average digestibility of organic matter=75.9% and digestibility of neutral detergent fibers=53.7%. Indicators of silage fermentation included measurement of average pH value which was 3.86, lactic acid concentration=56.4 g/kg-1 DM and acetic acid 20.7 g/kg-1 DM. Physical indicator, determination of silage particle size distribution (three sieve system) recorded; sieve 1=7.13%; sieve 2=56.34%; sieve 3=24.83% and box at the bottom=11.70%. Considering the established statistical significance of the tested differences in average values for nine indicators of the nutritional and energy value of corn silage between counties, it is possible to confirm that the quality of silage was better in Osijek-Baranja and Brod-Posavina counties compared to Vukovar-Srijem. On the basis of significant deviations in the minimum and maximum and by establishing a larger number of non-conforming samples for some indicators than the average values, it leads to the conclusion about the uneven quality of silage among individual producers.

**Thesis performed at:** Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek

**Mentor:** PhD Matija Domaćinović

**Number of pages:** 42

**Number of figures:** 8

**Number of tables:** 4

**Number of graphs:** 1

**Number of references:** 58

**Original in:** Croatian

**Key words:** silage, corn, dairy cows, nutritional value

**Thesis defended on date:**

**Reviewers:**

1. PhD Pero Mijić professor – president
2. PhD Matija Domaćinović professor – mentor
3. PhD Ivana Prakatur assistant professor – member

**Thesis deposited at:** Library of Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Vladimira Preloga 1.