

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

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

Matija DOMAĆINOVIĆ<sup>1</sup> (✉), Dragan SOLIĆ<sup>2</sup>, Ivana PRAKATUR<sup>1</sup>, Zvonko ANTUNOVIĆ<sup>1</sup>, Ivica VRANIĆ<sup>2</sup>, Mario RONTA<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek, Vladimira Preloga 1, 31000 Osijek, Croatia

<sup>2</sup> Croatian Agency for Agriculture and Food, Vinkovačka cesta 63c, 31000 Osijek, Croatia

✉ Corresponding author: [mdomac@fazos.hr](mailto:mdomac@fazos.hr)

Received: April 25, 2022; accepted: August 4, 2022

#### ABSTRACT

The aim of this study was to determine the quality of corn silage as the dominant component in the diet of dairy cows in three counties of Eastern Croatia; Brod-Posavina, Osijek-Baranja, and Vukovar-Srijem. The practical part of the research included 25 dairy farms in each County in which corn silage was sampled and then analyzed. The monitored nutritional, fermentative, and physical indicators expressed as average values were satisfactory. Indicators of chemical composition: dry matter (DM) = 349 g/kg, crude protein = 71 g/kg DM, crude ash = 39 g/kg DM, crude fiber = 186 g/kg DM, acidic detergent fiber (ADF) = 212 g/kg DM, neutral detergent fiber (NDF) = 393 g/kg DM, acidic detergent lignin (ADL) = 17 g/kg DM, starch = 325 g/kg DM, energy value expressed in net energy for lactation (NEL, MJ/kg DM) = 6.78, average digestibility of organic matter (dOM) = 75.8% and digestible neutral detergent fibers (dNDF) = 53.7%. Indicators of silage fermentation included the measurement of an average pH of 3.86, a concentration of lactic acid = 56.37 g/kg DM, and acetic acid of 20.68 g/kg DM. Physical indicator, determination of silage particle size distribution (three sieve system) recorded following values: sieve 1 = 7.1%; sieve 2 = 56.3%; sieve 3 = 24.8% and box at the bottom = 11.7%. Given the established statistical significance of the tested differences in average values for nine indicators of 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 than in Vukovar-Srijem County. Based on significant deviations in the minimum and maximum, and by determining a larger number of non-compliant samples in some indicators than the average values, it leads to the conclusion of uneven quality of silage in some producers.

**Keywords:** silage, corn, dairy cows, nutritional value

#### 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 je 25 mliječnih farmi u svakoj Županiji u kojima je uzorkovana 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 g/kg, sirove bjelančevine=71 g/kg ST, sirovi pepeo=39 g/kg ST, sirova vlakna=186 g/kg ST, kisela deterdžent vlakna=212 g/kg ST, neutralna deterdžent vlakna=393 g/kg ST, kiseli deterdžent lignina=17 g/kg ST, škrob=325 g/kg ST, energetska vrijednost izražena u neto energiji za laktaciju (NEL, MJ/kg ST)=6,78, prosječna

probavljivost organske tvari=75,8% i probavljivost neutralnih deterdžent vlakana=53,7%. Pokazatelji fermentacije silaže uključili su mjerenje prosječne pH vrijednosti koja je iznosila 3,86, koncentraciju mliječne kiseline=56,37 g/kg ST i octenu kiselinu 20,68 g/kg ST. Fizički pokazatelj, određivanje distribucije veličine čestica silaže (sustav tri sita) zabilježio je; sito 1=7,1%; sito 2=56,3%; sito 3=24,8% i kutija na dnu=11,7%. 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

## DETAILED ABSTRACT

The aim of this study is to determine the real nutritional and energy value of corn silage as irreplaceable component of the basic meal of dairy cattle categories through the application of fifteen (15) nutritional, fermentative, and physical indicators at the seventy-five (75) analyzed corn silage samples from medium and large milk producers in three counties of Eastern Croatia as well as to determine the extent to which the analyzed silages from three counties are nutritionally uniform. This monitoring study included dairy farms of different production capacities in three counties of Eastern Croatia; Brod-Posavina, Osijek-Baranja, and Vukovar-Srijem, with 25 samples of corn silage sampled from each county. Silage sampling was performed by manual technique, and from the total sample (at least 1000 g) two representative samples (about 500 g each) were made. One sample was used for analytical research by the FT-NIR method using the AgriQuant-B1 spectrometer, where nine (11) nutritional indicators were examined: dry matter, crude protein, crude ash, crude fiber, starch, neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), acid detergent lignin (ADL), energy value expressed in net energy for lactation (NEL, MJ/kg DM- GfE, 2009), digestible organic matter (dOM) and digestible neutral detergent fibers (dNDF) and three (3) indicators of silage fermentation (pH value, acetic acid, and lactic acid). The second sample was used to determine the physical indicator (particle size distribution), which was determined by the method of sieving over three sieves. Originally written databases and the statistical package Statistica for Windows 2010 (version 10.0, StatSoft Inc., Tulsa, OK) were used in the data processing. The monitored nutritional, fermentative and physical indicators (Table 1) expressed as average values were satisfactory, and ranged as follows; dry matter=349 g/kg, crude protein=71 g/kg DM, crude ash=39 g/kg DM, crude fiber=186 g/kg DM, acid detergent fiber=212 g/kg DM, neutral detergent fiber=393 g/kg DM, acid detergent lignin=17 g/kg DM, starch=325 g/kg DM, energy value expressed in net energy for lactation (NEL, MJ/kg DM)=6.78, average digestibility of organic matter=75.8% and digestibility of NDF=53.7%. Indicators of silage fermentation included the measurement of an average pH of 3.86, a concentration of lactic acid=56.37 g/kg DM and acetic acid of 20.68 g/kg DM. The physical indicator refers to determining the size distribution of silage particles by sieving over three sieves, and the values were; sieve 1=7.1%; sieve 2=56.3%; sieve 3=24.8% and box at the bottom=11.7%. Given the established statistical significance of the tested differences in average values for nine indicators of 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 than in Vukovar-Srijem County. Based on significant deviations in the minimum and maximum, and by determining a larger number of non-compliant samples in some indicators than the average values, it can be concluded that there is the uneven quality of silage and it is a consequence of the incorrectly estimated harvest time as well as technical and technological omissions during the ensiling process.

## UVOD

U intenzivnoj govedarskoj proizvodnji voluminozni dio obroka mliječnih i tovnih kategorija goveda tijekom cijele godine komponiran je od konzerviranih krmiva voluminoznog karaktera, sijeno, silaža kukuruza i sjenaža (Đorđević i sur., 2011). Od prethodno navedenih krmiva, silaža kukuruza po količinskoj zastupljenosti ima dominantan značaj (30-50% ST obroka), a ona proistječe od visokog prinosa mase po jedinici proizvodne površine, minimalnih gubitaka biljne mase u pripremi silaže, dobre je konzumacije, a pored toga i cjenovno je konkurentna (Mahanna i Chase, 2003; Roth i Heinrichs, 2001). Nadalje, silaža kukuruza je najvažnija energetska komponenta obroka mliječnih krava (> 6,5 MJ NEL/kg ST), a zbog voluminoznog karaktera (>18% sirovih vlakana (SV) u ST) ovo krmivo ima i fiziološki značaj tijekom mikrobiološke razgradnje hrane i aktivnosti mikropopulacije buraga krava, te se na silažu kukuruza gleda kao na neizostavnu komponentu obroka mliječnih krava (Forouzmand i sur., 2005). Kako bi ovaj nutritivni, fiziološki i ekonomski značaj silaže kukuruza u obrocima mliječnih krava bio u potpunosti učinkovit, potrebno je primjenom najboljih tehnoloških rješenja u proizvodnji i pripremi sirovine dobiti krmivo visoke ješnosti i biodostupnosti svih hranjivih tvari. S obzirom na varijabilnost kemijskog sastava silaže na kojega značajno utječu: genotip, agrotehnika, klima tijekom vegetacije i tehnika siliranja, važnim se čini kontrola njene nutritivne vrijednosti koja se prema preporukama struke treba provoditi čak trokratno tijekom vremena korištenja (na početku korištenja, nakon 6 mj. i nakon 10 mj.).

Danas se u proizvodnji silaže, a s obzirom na utvrđeno značajnije odstupanje u hranjivoj vrijednosti između pojedinih hibrida (Hunt i sur., 1993), pridaje veći značaj izboru pogodnijeg hibrida koji prinosom, ali i povećanom probavljivošću sirove vlaknine osigurava zadovoljavajuću količinu dostupne energije za životinju (Bagg, 2001). Zato posljednjih trideset godina selekcijske kuće nude hibride kukuruza za silažu s većim udjelom lišća i mekšom strukturom klipa (Leafy hibridi), te smanjenim udjelom lignina, a povećanom iskoristivosti NDV-a (Weiss i Wyatt, 2000; Akay i Jackson, 2001; Oba i Allen, 1999).

Pored izbora hibrida, hranjivu vrijednost silaže u mnogome određuje fenofaza rasta biljke u trenutku žetve, jer se time kontrolira poželjan sadržaj ST (32-37%), kao i poželjan odnos voluminoznog i koncentriranog udjela u biljnoj masi silaže (odnos biljka:zrno = 50:50), (Garcia, 2016; Kiš, 2012). Optimalan trenutak žetve, uz najveći mogući prinos biljne mase, nudi i najbolji udio lakoprobavljivih ugljikohidrata (šećera, škroba) kao i dobru iskoristivost teže probavljivih ugljikohidrata mjenjenih probavljivošću neutralno deterdžentnih vlakana (Horrocks i Vallentine, 1999). Gledano u kvantitativnim kao i u kvalitativnim pokazateljima, najbolja silaža se proizvede od biljne mase koja u trenutku žetve sadrži od 30-35% ST (Bal i sur., 1997; Rot i Heinrichs, 2001; Vranić i sur., 2004).

Preuranjena žetva (prije pojave mliječne linije na ½ zrnu) nije poželjna jer daje biljnu masu niske vrijednosti ST, zbog čega se povećava istjecanje staničnog soka i otežava tijek fermentacije (povećana koncentracija octene kiseline na 37,9 g/kg ST, Huhtanen i sur. (2007), a takva silaža ima nižu pH vrijednost (<3,8), slabiju energetska vrijednost (<6,5 MJ NEL/kg ST) i lošiju ješnost. Zakašnjela žetva ima također negativne učinke na hranjivu i energetska vrijednost zelene biljke, a potom i na kvalitetu gotove silaže. Starija biljka kukuruza u vrijeme skidanja s polja ima povećani udio ST što otežava proces siliranja (manje šećera, teže se postižu anaerobni uvjeti), povećava se i udio lignina (>20 g/kg ST) zbog čega se smanjuje probavljivost stabljike i lista (probavljivost NDV-a <50%).

U cilju proizvodnje hranjivo visoko vrijedne silaže kukuruza neophodno je poznavati sadržaj teže probavljivih ugljikohidrata izraženu kroz udio SV, neutralnih deterdžent vlakana, kiselih deterdžent vlakna i kiselog deterdžent lignina, a osobit značaj ima procjena probavljivosti NDV-a. Navedeni nutritivni pokazatelji utječu na konzumaciju, žvakanje hrane, biodostupnost lako probavljivih hranjivih tvari staničnog sadržaja biljke (Beauchemin, 1991; Oba i Allen, 2000). Kod silaža kukuruza izvrsne hranjive vrijednosti ciljane vrijednosti sirovih vlakana su <180 g/kg ST, sadržaj NDV-a <420 g/kg ST, KDV-a <220 g/kg ST, KDL-a <20 g/kg ST, i pNDV-a >50% (Domaćinović i Solić 2019, modificirano 2021).

Za pravilan tijek postupka siliranja, za dobru ješnost, za vrijeme konzumiranja te za normalne uvjete mikrobiološke razgradnje silaže u buragu mliječnih krava bitna je i duljina čestica silaže. Prema Roth i Heinrichs-u (2001) optimalna teoretska duljina reza (eng. TLC) stabiljike i lista kukuruza se predlaže na 1,7 cm, a za kvalitetno usitnjavanje zrna i dobru razgradnju škroba razmak valjaka od 1-2 mm. Napomena, u odnosu na optimalnu vrijednost ST-a, smanjenjem ST-a duljina reza se povećava na 1,9-2,3 cm, dok se povećanjem ST-a smanjuje na 1-2 cm. Kontrola veličine čestica silaže određuje se prosijavanjem na principu triju sita (Penn State Particle Separator, Heinrichs, 2013), prema kojoj je promjer otvora 1. gornjeg sita 19 mm, 2. sita 8 mm, 3. sita 4 mm. Kvalitetne silaže kukuruza trebaju imati sljedeće ciljane vrijednosti distribucije čestica izražene u relativnim vrijednostima od ukupne mase uzorka: 1. sito 3-8%, 2. sito 45-65%, 3. sito 20-30% i u donjoj kutiji do 10%. Silaža koja sadrži veći udio krupnijih čestica (>19 mm) nepovoljno se odražava na pojačano probiranje pri konzumaciji uz povećan utrošak vremena za hranjenje (Kononoff i Heinrichs, 2003; Grant i sur., 2018), dok silaža s pojačanim udjelom sitnih čestica (<4 mm) rezultira povećanim intenzitetom mikrobiološke razgradnje i sinteze hlapljivih masnih kiselina u buragu zbog čega snižen pH (<5,5) izaziva simptome subakutne acidoze buraga.

Potpuna procjena kvalitete gotove silaže kukuruza uključuje, osim većeg broja nutritivnih i jednog fizičkog pokazatelja, i potrebu uvida u važne fermentativne pokazatelje; pH vrijednost te sadržaj mliječne i octane kiseline. Navedeni fermentativni pokazatelji daju odgovor na pitanje pravilnog tijeka procesa fermentacije u silosu (Sriharsha, 2017), i značajni su za njenu baktericidnu i fungicidnu stabilnost tijekom skladištenja te utječu na ješnost. Dobro proveden fermentacijski proces daje silažu pH vrijednosti 3,8-4,2, s udjelom mliječne kiseline >40 g/kg ST, a udio octane kiseline na razini <20 g/kg ST (Grbeša, 2016; Roth i Heinrichs, 2001).

Ovim istraživanjem cilj je bio na temelju sedamdeset pet (75) analiziranih uzoraka silaže cijele biljke kukuruza kod srednjih i velikih proizvođača mlijeka u tri županije Istočne Hrvatske dobiti pouzdanu sliku o hranjivoj

vrijednosti ove dominantne komponente obroka mliječnih kategorija goveda te odstupanja dobivenih vrijednosti pojedinih pokazatelja od ciljanih vrijednosti.

## MATERIJAL I METODE

Istraživanje je provedeno u sklopu HAPIH projekta ("Natjecanje u kvaliteti kuruzne silaže u Republici Hrvatskoj") koje se provodi od 2017. godine, a uključivalo je govedarske farme različitih proizvodnih kapaciteta (30-350 mliječnih krava). Ovo monitoring istraživanje obuhvatilo je tri županije Istočne Hrvatske: Brodsko-posavsku, Osječko-baranjsku i Vukovarsko-srijemsku, pri čemu je iz svake županije uzorkovano po 25 uzoraka silaže kukuruza, ukupno 75 uzoraka. Uzorci silaže su se odnosili na vegetacijsku 2020. god. Uzorkovanje su provele stručne osobe iz Centra za kontrolu i kvalitetu stočarskih proizvoda i djelatnici područnih ureda Centra za stočarstvo HAPIH-a. Uzorkovanje (ISO 6497:2002) je provedeno ručno, pri čemu je s više uzorkovanih pozicija poprečnog presjeka silaže izuzet uzorak (najmanje 1000 g) i potom od ukupne mase načinjena dva reprezentativna uzorka, od kojih je jedan korišten za analizu nutritivnih i fermentativnih pokazatelja, dok je drugi koristio za određivanje veličine čestica silaže. Pripremljeni uzorci pakovani su u vakuumirane PVC vrećice i potom dostavljeni u laboratorij gdje su skladišteni u kontroliranim uvjetima (0-4 °C).

Analitičko istraživanje prethodno sušenih uzoraka silaže rađeno je FT-NIR metodom (HRN EN ISO/IEC 17025, 2017) 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 ST-GfE, 2009), probavljivost organske tvari, probavljivost neutralno deterdžent vlakana te pokazatelji fermentacije silaže (pH vrijednost, octena kiselina, mliječna kiselina). Uz upotrebu baze podataka nizozemskog laboratorija Eurofins Agro Testing Wageningen bv. 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 v.10.0 for Windows 2010 (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.

## REZULTATI I RASPRAVA

Hranjiva i energetska vrijednost silaže kukuruza opisana je utvrđivanjem vrijednosti petnaest (15) odabranih pokazatelja, pri čemu je Tablicom 1 prikazana prosječna vrijednost pojedinih pokazatelja zbirno (za tri županije), uz vrijednosti odstupanja u maksimumu i minimumu, kao i vrijednosti preporučenog raspona vrijednosti za pojedine pokazatelje. U tablici 2 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 mijenja ješnost silaže. Prosječna vrijednost ST-a u silažama tri županije (Tablica 1) iznosila je optimalnih 349,8 g/kg svježe silaže, no vrijednosti odstupanja od prosjeka u minimum i maksimum su bile značajne (175-477 g/kg), što je rezultiralo čak do 29,3% nesukladnih uzoraka. Na heterogenost rezultata suhe tvari silaže najviše utječe fenofaza biljke u vrijeme žetve (De Boever, 1999) i genotip hibrida kukuruza. Razlike srednjih vrijednosti ST-a (Tablica 2) 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 1) iznosio je niskih 71,4 g/kg ST, što je ispod ciljanih vrijednosti ( $> 75$  g/kg 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 ST), a čak 70,6% vrijednosti proteina u uzorcima silaža bilo je ispod očekivanih vrijednosti. Utvrđene razlike srednjih vrijednosti sirovog proteina (Tablica 2) 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 da se u standardno komponiranim obrocima mliječnih krava proteinom silaže kukuruza podmiruje i do 40% ukupnih potreba (Grbeša, 2016; NRC, 2001) to će za proizvođače silaže biti neophodno kako u proizvodnji, tako i u pripremi silaže kukuruza primjenjivati bolja tehnološka rješenja s ciljem povećanja sadržaja proteina.

Zbirna prosječna vrijednost sirovog pepela u istraživanim silažama (Tablica 1) zabilježena je na vrlo dobrih 39,6 g/kg ST, i kretala se u okviru očekivanih vrijednosti ( $< 45$  g/kg ST). Distribucija pojedinačnih vrijednosti sirovog pepela je bila relativno ujednačena te je zabilježeno od 75 uzorka samo 15 nesukladnih. Testiranjem razlika srednjih vrijednosti sirovog pepela između pojedinih županija, utvrđena je najniža vrijednost od 36 g/kg 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, a preko nje patogenim mikroorganizmima, klostridijama. Ovi patogeni učestaliji su u silaži veće vlažnosti, temperature i pH ( $>70\%$ ,  $>4,5$ ,  $>30\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), a tijekom probave mogu prijeći na mlijeko te uzrokovati užeglost sira. Osim toga, u nepovoljnim uvjetima životinjskog organizma klostridije iz silaže mogu potaknuti stvaranje veće količine toksina izazivajući botulizam, ulceracije, proljev, pa čak i uginuće (McGuirk, 2008; Queiroz i sur., 2018). Viši udjeli pepela u silaži su također u negativnoj korelaciji s 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 1) iznosila je 186,6 g/kg ST. Iako je srednja vrijednost sirove vlaknine u ovom istraživanju blizu poželjnih vrijednosti za silažu kukuruza ( $<180\text{ g/kg ST}$ ), i kod ovog pokazatelja je utvrđeno 44% nesukladnih uzoraka ( $>180\text{ g/kg ST}$ ). Na temelju dobivenih razlika srednjih vrijednosti sirove vlaknine (Tablica 2) nisu utvrđene statistički značajne razlike ( $P > 0,05$ ) između pojedinih županija.

Silaže kukuruza dobre nutritivne vrijednosti pored poželjne koncentracije sirovih vlakana, zahtijevaju utvrđivanje udjela KDV-a, NDV-a i KDL-a, a njihove vrijednosti su poželjne u sljedećim rasponima ( $<220$ ,  $<420$  i  $<20\text{ g/kg ST}$ ). Prosječne vrijednosti KDV-a NDV-a i KDL-a u analiziranim silažama triju županija (Tablica 1) su bile: 212,6; 393,6 i 17 g/kg 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 2) bile su ujednačene i statistički nesigifikantne ( $P > 0,05$ ). Srednja vrijednost KDL-a je bila najbolja u Osječko-baranjskoj županiji (16,5 g/kg 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 KDL-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 325,1 g/kg ST, što je blizu donje granice ciljanih vrijednosti (Tablica 1), uz naznaku da je u 22/75 uzoraka vrijednosti škroba bila niža od očekivanih ( $<300\text{ g/kg ST}$ ). Prosječne vrijednosti škroba po županijama (Tablica 2) potvrdili su ujednačene vrijednosti u Osječko-baranjskoj i Vukovarsko srijemskoj županiji (313,2; 313,6 g/kg ST), dok je najbolja vrijednost škroba ostvarena u silažama Brodsko-posavske županije (348,6 g/kg ST), a ona je bila i statistički značajna ( $P < 0,05$ ) u odnosu na vrijednosti druge dvije županije. Nešto niže rezultate škroba (295 g/kg ST) u usporedbi s ovim istraživanjem su dobili Linn i sur. (2006) pri istoj vrijednosti ST (349 g/kg), dok su Vranić i sur. (2004) pri suhoj tvari 391 g/kg utvrdili veći udio škroba za 10 g.

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 g/kg ST bio zadovoljavajući (Tablica 1).

**Table 1.** Values of analyzed indicators of corn silage, collectively for the three counties of Eastern Croatia (n = 75)**Tablica 1.** Vrijednosti analiziranih pokazatelja kukuruzne silaže, zbirno za tri županije Istočne Hrvatske (n=75)

Indicator	Average	Max	Min	Sd	Recommended range*
Pokazatelj	Prosjek	Maksimum	Minimum		Preporučeni raspon*
DM (g/kg fresh silage) ST (g/kg svježe silaže)	349.8	477.0	175.0	39.99	320 – 360
Crude protein (g/kg DM) Sirovi protein (g/kg ST)	71.4	107.0	37.0	9.23	> 75
Crude ash (g/kg DM) Sirovi pepeo (g/kg ST)	39.6	75.0	30.0	7.33	< 45
Cude fiber (g/kg DM) Sirova vlakna (g/kg ST)	186.6	528.0	133.3	46.87	<180
ADF (g/kg DM) KDV (g/kg ST)	212.6	360.0	150.0	28.72	< 220
NDF (g/kg DM) NDV (g/kg ST)	393.6	636.0	300.1	44.25	< 420
ADL (g/kg DM) KDL (g/kg ST)	17.0	30.0	11.0	3.64	< 20
Starch (g/kg DM) Škrob (g/kg ST)	325.1	437.0	221.0	47.03	300 – 400
pH value pH vrijednost	3.86	4.2	3.6	0.13	3.8 – 4.2
Lactic acid (g/kg DM) Mliječna kiselina (g/kg ST)	56.4	92.0	21.0	12.23	40 – 60
Acetic acid (g/kg DM) Octena kiselina (g/kg ST)	20.7	37.0	10.0	5.38	< 20
Digestibility OM (%) Probavljivost OT (%)	75.9	81.1	63.4	2.35	> 73
dNDF (%) pNDV (%)	53.7	66.6	45.8	4.24	> 50
NEL (MJ/kg DM) NEL (MJ/kg ST)	6.8	7.4	5.5	0.30	> 6.5
Distribution of structure particle silage (%) Distribucija strukture čestica silaže (%)					
Sieve 1 (> 19 mm), (%) Sito 1 (> 19 mm), (%)	7.13	28.39	0.24	5.36	3 – 8
Sieve 2 (> 8 mm), (%) Sito 2 (> 8 mm), (%)	56.34	85.39	35.87	9.98	45 – 65
Sieve 3 (> 4 mm), (%) Sito 3 (> 4 mm), (%)	24.83	41.61	7.83	6.49	20 – 30
Bottom box (< 4 mm), (%) Kutija na dnu (< 4 mm), (%)	11.70	22.24	3.32	3.75	< 10

sd-standard deviation/standardna devijacija; DM-dry matter/ST-suha tvar; ADF-/acid detergent fiber/ KDV-kisela deterdžent vlakna; NDF-/neutral detergent fiber/NDV-neutralna deterdžent vlakna; ADL- acid detergent lignin/KDL-kiseli deterdžent lignin/; dNDF-digestibility of neutral detergent fiber/pNDV-probavljivost neutrano deterdžentnih vlakana; OM-organic matter/OT-organska tvar; NEL-net energy for lactation /neto energija za laktaciju

\*- according to the domestic maize silage grading system/prema domaćem sustavu ocjene silaže kukuruza, (Domaćinović i Solić, 2019)

Za pH vrijednosti silaža i koncentracije mliječne kiseline su odstupanja bila minimalna, što potvrđuje i vrijednost sd za  $pH=0,13$ , ali je vrlo velik broj uzoraka (39/75) s obzirom na sadržaj octene kiseline bio nesukladan. Srednje vrijednosti pH silaža (Tablica 2) 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 ST) i Vukovarsko-srijemskoj (58,9 g/kg ST) u odnosu na vrijednosti mliječne kiseline u Brodsko-posavskoj županiji (47,0 g/kg ST). Testiranjem razlika srednjih vrijednosti octene kiseline zabilježena je najmanja vrijednost od 18,3 g/kg 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% (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%), 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 vrijednosti su bile i statistički značajne ( $P<0,05$ ) 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 NEL/kg ST kao u ovom istraživanju na tri županije Istočne Hrvatske (Tablica 1), tada se može govoriti o dobroj silaži. Pri istoj vrijednosti ST-a Kiš (2012) je zabilježio energetske vrijednosti silaže kukuruza od 6,51 MJ NEL/kg ST. Pojedinačne vrijednosti NEL-a su bile vrlo ujednačene s umjerenim odstupanjima u maksimum i minimum, a samo 10 uzoraka je bilo izvan ciljanih vrijednosti (<6,6 MJ NEL/kg ST). Pretpostavlja se da ujednačena energetska vrijednost silaža dolazi kao posljedica prirodne sposobnosti biljke kukuruza da tijekom određenog razdoblja dozrijevanja može održati nepromijenjenu energetske vrijednosti (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 ST) u odnosu na energetske vrijednosti silaža Vukovarsko-srijemske županije (6,68 MJ NEL/kg 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).

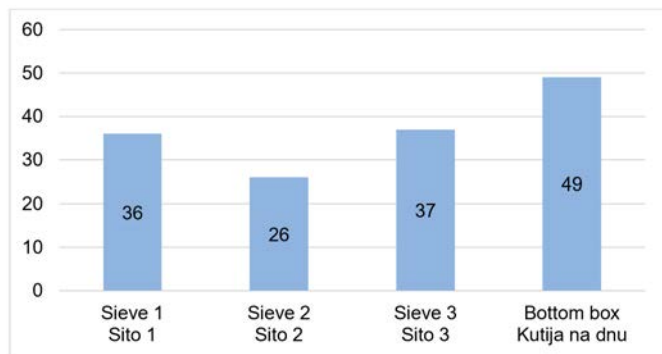
Fizička vrijednost silaže određena prosijavanjem preko sustava triju sita Penn State Particle Separator (Heinrichs, 2013) prikazana kao relativna prosječna vrijednost ponudila je sljedeće rezultate: sito 1=7,13%; sito 2=56,34%; sito 3=24,83 i kutija na dnu=11,7%. Iako su srednje vrijednosti, osim u frakciji na dnu kutije, bili u skladu s ciljanim vrijednostima (Tablica 1), 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.



**Table 2.** Average values of analyzed indicators of corn silage, by counties (n = 75)**Tablica 2.** Prosječne vrijednosti analiziranih pokazatelja kukuruzne silaže, po županijama (n=75)

Indicator	County Županija $\bar{x} \pm sd$			Značajnost
Pokazatelj	Osijek-Baranja County Osječko –baranjska	Brod-Posavina County Brodsko – posavska	Vukovar-Srijem County Vukovarsko – srijemska	Significance
DM (g/kg fresh silage)	346.3±35.3	356.0±48.6	347.2±36.4	NS
ST (g/kg svježe silaže)				
Crude protein (g/kg DM)	73.9±11.4	69.5±10.0	70.8±5.2	NS
Sirovi protein (g/kg ST)				
Crude ash (g/kg DM)	43.0 <sup>a</sup> ±9.1	36.0 <sup>bc</sup> ±5.2	39.8 <sup>a</sup> ±5.7	*
Sirovi pepeo (g/kg ST)				
Cude fiber (g/kg DM)	177.2±18.0	194.5±77.4	188.0±19.9	NS
Sirova vlakna (g/kg ST)				
ADF (g/kg DM)	207.3±19.6	209.7±39.2	221.1±23.4	NS
KDV (g/kg ST)				
NDF (g/kg DM)	386.5±32.3	390.8±61.5	403.5±33.6	NS
NDV (g/kg ST)				
ADL (g/kg DM)	15.6 <sup>a</sup> ±3.9	17.3 <sup>bc</sup> ±3.6	18.0 <sup>c</sup> ±2.0	*
KDL (g/kg ST)				
Starch (g/kg DM)	313.2 <sup>a</sup> ±46.4	348.6 <sup>b</sup> ±43.5	313.6 <sup>a</sup> ±44.9	*
Škrob (g/kg ST)				
pH value	3.82 <sup>a</sup> ±0.12	3.94 <sup>b</sup> ±0.15	3.84 <sup>a</sup> ±0.10	*
pH vrijednost				
Lactic acid (g/kg DM)	63.08 <sup>a</sup> ±11.24	47.08 <sup>b</sup> ±10.89	58.96 <sup>a</sup> ±8.87	*
Mliječna kiselina (g/kg ST)				
Acetic acid (g/kg DM)	22.76 <sup>a</sup> ±5.87	18.28 <sup>b</sup> ±5.11	21.00 <sup>ab</sup> ±4.39	*
Octena kiselina (g/kg ST)				
Digestibility OM (%)	76.99 <sup>a</sup> ±2.38	75.61 <sup>b</sup> ±2.74	75.07 <sup>bc</sup> ±1.43	*
Probavljivost OT (%)				
dNDF (%)	56.84 <sup>a</sup> ±4.54	53.07 <sup>b</sup> ±3.47	51.33 <sup>bc</sup> ±2.66	*
pNDV (%)				
NEL (MJ/kg DM)	6.91 <sup>a</sup> ±0.30	6.77 <sup>a</sup> ±0.36	6.68 <sup>b</sup> ±0.20	*
NEL (MJ/kg ST)				

\* - statistical significance/statistička značajnost ( $P < 0.05$ ); NS - not significant/nije značajno;  $\bar{x}$  - arithmetic mean/aritmetička sredina; sd - standard deviation/standardna devijacija; significant differences between mean values of group <sup>a,b,c</sup>  $P < 0,05$ ; /značajne razlike između srednjih vrijednosti skupina <sup>a,b,c</sup>  $P < 0,05$



**Figure 1.** Number of non-compliant samples of corn silage particle distribution (n=75)

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

Neujednačena i nepravilna dužina čestica silirane biljke nepovoljno utječe na dinamiku nabijanja mase u silosu, na tijek fermentacije, a 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.

## ZAKLJUČAK

Na temelju značajnijih odstupanja u minimumu i maksimumu te utvrđivanjem većeg broja nesukladnih uzoraka kod nutritivnih, fermentativnih i fizičkih pokazatelja od prosječnih vrijednosti, navodi na zaključak o neujednačenoj kvaliteti silaže kod pojedinih proizvođača. Na temelju rezultata praćenih pokazatelja autori su slobodni zaključiti da je niža i neujednačena kvaliteta silaže posljedica krivo procijenjenog trenutka žetve kao i učinjeni tehničko-tehnološki propusti tijekom

postupka siliranja. S obzirom na utvrđene statističke značajnosti testiranih razlika prosječnih vrijednosti za 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. Ako se visoka proizvodnja i kvaliteta mlijeka može očekivati samo od vrhunskih krmiva, tada domaći farmeri moraju uložiti dodatna znanja i vještine kako u proizvodnji tako i u pripremi silaže, s ciljem podizanja kvalitete ove dominantne komponente osnovnog obroka mliječnih krava.

## LITERATURA

- 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.
- Akay, V., Jackson, J. A. (2001) Effects of nutridense and waxy corn hybrids on the rumen fermentation, digestibility and lactational performance of dairy cows. *Journal of dairy science*, 84 (7), 1698-1706. DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(01\)74605-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(01)74605-X)
- Bagg, J. (2001). Selecting corn silage hybrids. Ministry of agriculture food/rural affairs. Dostupno na: [www.omafra.gov.on.ca/english/crops/field/selhybrid.htm](http://www.omafra.gov.on.ca/english/crops/field/selhybrid.htm)
- Bal, M.A., Coors, J.G., Shaver, R.D. (1997) Impact of maturity of corn for use as silage in the diets of dairy cows on intake, digestion and milk production. *Journal of Dairy Science*, 80, 2497-2503. DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(97\)76202-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(97)76202-7)
- Beauchemin, K. A. (1991) Ingestion and mastication of feed by dairy cattle. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 7 (2), 439-463. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0749-0720\(15\)30794-5](https://doi.org/10.1016/S0749-0720(15)30794-5)
- Chamberlain, A.T., Wilkinson, J.M. (1996) *Feeding the Dairy Cow*. Chalcombe Publications, Pain Shall, Ln2 3LT, UK.
- 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.
- Domaćinović, M., Solić, D. (2019) Predstavljanje prvog sustava ocjene silaže kukuruza u Hrvatskoj. XIV savjetovanje uzgajivača goveda u Republici Hrvatskoj, Zbornik predavanja, 7-15.
- Đorđević N., Grubić, G., Stojanović, B., Božičković, A., Ivetić, A. (2011) Savremene tehnologije siliranja kukuruza i lucerke. XXV savjetovanje agronoma, veterinara i tehnologa, Beograd, Srbija, Zbornik naučnih radova, 17(3-4), 27-35.
- 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. DOI: <https://doi.org/10.1051/animres:2002040>
- Forouzmand, M.A., Ghorbani, G.R., Alikhani, M. (2005) Influence of hybrid and maturity on the nutritional value of corn silage for lactating dairy cows. 1: Intake, milk production and component yield. *Pakistan Journal of Nutrition*, 4 (6), 435-441. DOI: <https://dx.doi.org/10.3923/pjn.2005.435.441>

- 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. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(98\)00200-0](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(98)00200-0)
- García, A. (2016) Chapter 18: Corn Silage Production and Utilization, In Clay, D. E., Clay, S. A., Byamukama, E., eds. *iGROW Corn: Best Management Practices*. South Dakota State University, 1-12. Available at: <https://extension.sdstate.edu/sites/default/files/2019-09/S-0003-18-Corn.pdf>
- GfE (2009) New equations for predicting metabolisable energy of compound feeds for cattle. Mit Ergänzungen zum Anwendungsbereich und zur Umrechnung des Energiegehaltes in Netto-Energie-Laktation (MJ NEL). *Proceedings of the Society of Nutrition Physiology* 18, 143-146.
- Gomez, A., Cook, N. B. (2010) Time budgets of lactating dairy cattle in commercial freestall herds. *Journal of Dairy Science*, 93, 5772-5781. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2010-3436>
- Grant, R. J., Ferraretto, L. F., William, H. (2018) Silage feeding management: Silage characteristics and dairy cow feeding behavior. *Journal of Dairy Science*, 101,4111-4121. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13729>
- Grbeša, D. (2016) Hranidbena vrijednost kukuruza. *Agronomski fakultet Zagreb, Bc institut Zagreb*, 90-136.
- HAPIH (2017) Natjecanje u kvaliteti kukuruzne silaže. Interni projekt hrvatske agencije za poljoprivredu i hranu (provodi se od 2017. god.).
- Heinrichs, J. (2013) The Penn State Particle Separator. Penn State Extension, Department of Animal Science, DSE 13,186, 1-8.
- HRN EN ISO/IEC 17025, (2017) Kemijska analiza stočne hrane – FT NIR metoda. Hrvatska akreditacijska agencija.
- Huhtanen, P., Rinne, M., Nousiainen, J. (2007) Evaluation of the factors affecting silage intake of dairy cows: A revision of the relative silage dry-matter index. *Animal* 1,758-770. DOI: <https://doi.org/10.1017/s175173110773673x>
- Hunt, C.W., Kezar, W., Hinman, D.D., Combs, J.J., Loesche, J., Moen, T. (1993) Effect of hibrid and ensiling with and without a microbial inoculant on the nutritional characteristics of whole – plant corn. *Journal of Animal Science*, 71,38-43. DOI: <https://doi.org/10.2527/1993.71138x>
- ISO 6497 (2002) Metode uzorkovanja stočne hrane, uključujući hranu za ribe, za kontrolu kvalitete u komercijalne, tehničke i pravne svrhe.
- 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. DOI: <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2015-10389>
- Kiš, G. (2012) Hranjivost dijelova i cijele biljke silažnog kukuruza u različitim stadijima zrelosti zrna. Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet, Doktorska disertacija, 105.
- 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. DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)73728-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)73728-X)
- Linn, J., Salfer, J., Martens, D., Peterson, P. (2006) Guide to evaluating corn silage quality. 1-2. Dostupno na: <http://www.midwestforage.org/pdf/109.pdf.pdf>
- 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, WI. DOI: <https://doi.org/10.2134/agronmonogr42.c19>
- McGuirk, S.M. (2008) Disease management of dairy calves and heifers. *Vet. Clin.North Am. Food Anim. Pract.*, 24, pp. 139-153. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2007.10.003>
- NRC - National Research Council. (2001) *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. Seventh Revised Edition 2001. National Academic Press, Washington, D.C., 381.
- Oba, M., Allen, M.S. (1999) Effects of brown midrib 3 mutation in corn silage on dry matter intake and productivity of high yielding dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 82, 135-142. DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(99\)75217-3](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(99)75217-3)
- Oba, M., Allen, M. S. (2000) Effects of brown midrib 3 mutation in corn silage on productivity of dairy cows fed two concentrations of dietary neutral detergent fiber: 1. Feeding behavior and nutrient utilization. *Journal of Dairy Science*, 83, 1333-1341. DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(00\)75000-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(00)75000-4)
- Queiroz, O. C. M., Ogunade, I.M., Weinberg, Z., Andesogan A.T. (2018) Silage review: Foodborne pathogens in silage and their mitigation by silage additives. *Journal of Dairy Science*, 101 (5), 4132-4142. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13901>
- Roth, G. W., Heinrichs, A. J. (2001) *Corn Silage Production and Management*. The Pennsylvania State University.
- Sriharsha, K.V. (2017) Myths and facts of silage production and management. *International Dairy Topics*, 16 (6),27-29.
- StatSoft, Inc. (2010) *Statistica for Windows 2010 (inačica 10.0)*. StatSoft Inc. Tulsa OK, SAD.
- Stojanović, B., Grubić, G., Đorđević, N., Božičković, A., Ivetić, A. (2010) Efekat stepena usitnjenosti silaže kukuruza i fizički efektivnih vlakana u ishrani visokoproduktivnih krava. *Zbornik naučnih radova*, 16 (3-4),31-39.
- 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.
- 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. DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(00\)74886-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(00)74886-7)
- 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. DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72345-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72345-1)