

KVALITETA KUKURUZNE SILAŽE U REPUBLICI HRVATSKOJ

Lisjak, Valentina

Master's thesis / Specijalistički diplomski stručni

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Križevci University of Applied Sciences / Veleučilište u Križevcima**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:185:091149>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-20**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the Križevci University of Applied Sciences](#)



REPUBLIKA HRVATSKA
VELEUČILIŠTE U KRIŽEVCIMA

Valentina Lisjak, bacc. ing. agr.

**KVALITETA KUKURUZNE SILAŽE
U REPUBLICI HRVATSKOJ**

Diplomski rad

Križevci, 2024.

REPUBLIKA HRVATSKA
VELEUČILIŠTE U KRIŽEVCIMA

Stručni diplomski studij *Poljoprivreda*
Usmjerenje: Održiva i ekološka poljoprivreda

Valentina Lisjak, bacc. ing. agr.

**KVALITETA KUKURUZNE SILAŽE
U REPUBLICI HRVATSKOJ**

Diplomski rad

Povjerenstvo za ocjenu i obranu završnog rada:

- | | |
|---|----------------|
| 1. dr.sc. Tatjana Jelen, prof. struč. stud. | - predsjednica |
| 2. dr.sc. Dejan Marenčić, prof. struč. stud. | - mentor |
| 3. dr.sc. Marcela Andreatta-Koren, prof. struč. stud. | - članica |

Križevci, 2024.

SADRŽAJ

SAŽETAK

1. UVOD	1
2. PREGLED LITERATURE	3
2.1. Važnost kukuruzne silaže u hranidbi stoke.....	3
2.2. Proizvodnja kukuruzne silaže u Republici Hrvatskoj.....	4
2.3. Kvaliteta kukuruzne silaže	5
2.3.1. Suha tvar	6
2.3.2. Sirovi protein	7
2.3.3. Sirovi pepeo	7
2.3.4. Sirova vlakna	7
2.3.5. Neutralna detergent vlakna (NDV)	8
2.3.6. Kisela detergent vlakna (KDV)	8
2.3.7. Kiseli detergent lignin (KDL).....	8
2.3.8. Energetska vrijednost (NEL, MJ/kg ST)	9
2.3.9. Škrob	9
2.3.10. Vrijednost pH.....	9
2.3.11. Octena i mliječna kiselina.....	10
3. MATERIJALI I METODE RADA.....	11
3.1. Analitičko istraživanje	11
3.2. Statistička obrada rezultata istraživanja.....	12
4. REZULTATI I RASPRAVA.....	13
4.1. Utjecaj istraživanih godina na kvalitativne parametre kukuruzne silaže.....	14
4.2. Utjecaj geografskog položaja na kvalitativne parametre kukuruzne silaže	19
4.3. Rasprava	31
5. ZAKLJUČAK.....	39
6. LITERATURA	41

SUMMARY

ŽIVOTOPIS

Izjava o akademskoj čestitosti

SAŽETAK

KVALITETA KUKURUZNE SILAŽE U REPUBLICI HRVATSKOJ

Dobro organizirana stočarska proizvodnja nije moguća bez racionalne hranidbe domaćih životinja, a glavna voluminozna krmiva koja se koriste i proizvode na gospodarstvima RH su kukuruzna silaža te različite vrste sijena i sjenaža. Na kvalitetu kukuruzne silaže utječu mnogi čimbenici kao što su mikroklima, visina košnje biljke kukuruza za siliranje, način siliranja, skladištenje i zatvaranje silosa i dr. Cilj rada je utvrditi kemijski sastav i procijeniti kvalitetu kukuruzne silaže te ukazati na eventualne pogreške siliranja, koje se očituju kroz dobivene rezultate. U istraživanju su korišteni rezultati kemijskih analiza iz baze podataka Središnjeg laboratorija za kontrolu kvalitete meda i stočne hrane, Hrvatske agencije za poljoprivredu i hranu, za trogodišnje razdoblje od 2020. do 2022. godine. Istraživanjem je obuhvaćeno 10 županija: Međimurska, Brodsko-posavska, Bjelovarsko-bilogorska, Požeško-slavonska, Koprivničko-križevačka, Zagrebačka, Varaždinska, Krapinsko-zagorska, Istarska i Osječko-baranjska. Analitičko istraživanje prethodno sušenih uzoraka silaže rađeno je FT-NIR metodom uz primjenu spektrometra Q-Interline A/S (model QIA1020, serija MB3000), te su ispitani sljedeći pokazatelji: suha tvar (ST %), sirovi protein (SP % ST), sirovi pepeo (Spep. % ST), sirova vlakna (SV % ST), neutralna detergent vlakna (NDV % ST), kisela detergent vlakna (KDV % ST), kiseli detergent lignin (KDL % ST), energetska vrijednost (NEL, MJ/ kg ST), pH vrijednost, škrob (% ST), octena (g/kg ST), te mliječna kiselina (g/kg ST). Rezultati, parametri kvalitete kukuruzne silaže, obrađeni su u statističkom programu Statistica, 13.4.0.14 korištenjem GLM-postupka, a za ispitivanje razlika korišten je Tukey (HSD) test. Za klasifikaciju razlika između udjela korištene su referentne vrijednosti prema DLG sustavu (DLG, 2011), osim sirovih vlakana gdje su korištene referentne vrijednosti IfF (IfF, 2020), za čije je ispitivanje značajnosti korišten Pearson-ov χ^2 -test. Dobiveni rezultati pokazuju da prosječna vrijednost analizirane silaže pripada razredu dobre silaže. Godine u kojima se provodilo istraživanje kao i obuhvaćene županije imale su značajan utjecaj na kvalitativne parametre kukuruzne silaže. Dobivene različitosti u kvaliteti silaža ukazuju i na određene pogreške u načinu spremanja silaže, stoga je potrebno utjecati na podizanje razine svijesti o potrebi analiziranja stočne hrane i edukacijama proizvođača kako bi se iste što više smanjile.

Ključne riječi: kukuruzna silaža, kvaliteta kukuruzne silaže, FT-NIR metoda.

1. UVOD

Poljoprivredna proizvodnja ima značajan utjecaj na privredu, a osnovni zadatak poljoprivredne proizvodnje je osigurati potrebnu hranu za svjetsko stanovništvo te proizvesti potrebne sirovine za prehrambenu industriju čije krajnje proizvode koristi čovjek. To se može postići samo ako su dvije najvažnije grane poljoprivrede (ratarstvo i stočarstvo) ekonomične i ako svojim tehnološkim procesima ne zaostaju iza industrije.

Stočarstvo je vrlo važna grana poljoprivrede, a bavi se uzgojem, hranidbom i racionalnim iskorištavanjem domaćih životinja. Proizvodnja stočarskih proizvoda temelji se na sposobnostima domaćih životinja da za svoju hranidbu koriste krmiva koja su manje značajna ili su gotovo neupotrebljiva za prehranu ljudi te ih pretvaraju u proizvode visoke hranjive vrijednosti za prehranu stanovništva. Dobro organizirana stočarska proizvodnja nije moguća bez primjene racionalne hranidbe domaćih životinja.

Hranidba većine domaćih životinja kvalitetnim voluminoznim krmivima preduvjet je uspješne proizvodnje stočarskih proizvoda. Glavna voluminozna krmiva koja se proizvode na gospodarstvima Republike Hrvatske su kukuruzna silaža, te različite vrste sijena i sjenaža. Proizvodnja silaža i sjenaža danas je neizostavni dio suvremene proizvodnje junećeg mesa i mlijeka, te predstavlja integralni dio procesa proizvodnje stočne hrane uopće, posebno u uvjetima kada se želi oslanjati na vlastite resurse te maksimalno iskoristiti zemljište i krmu proizvedenu u okviru vlastitoga poljoprivrednoga gospodarstva.

Iako su načela proizvodnje kukuruzne silaže dobro poznata poljoprivrednim proizvođačima, postoji uvjerenje da različite vremenske prilike utječu i na kvalitetu mase za siliranje i na termin u kojem se siliranje mora obaviti. Kvalitetna silaža je higijenski ispravna, s niskim pH i pogodnom fermentacijom mliječne kiseline što sprječava daljnju mikrobnu aktivnost i kvarenje. Na kvalitetu kukuruzne silaže utječu mnogi čimbenici kao što su klimatski uvjeti, visina košnje biljke kukuruza za siliranje, način siliranja te skladištenje i zatvaranje silosa. Nadalje, kvaliteta kukuruzne silaže bitno ovisi o udjelu zrna u ukupnoj silažnoj masi, kao najhranjivije komponente, dok udio zrna ovisi o stadiju zrelosti biljke. Potpuna analiza kvalitete silaže kukuruza uključuje, osim većeg broja hranidbenih pokazatelja (suha tvar, sirovi protein, sirovi pepeo, sirova vlakna, neutralna detergent vlakna, kisela detergent vlakna, kiseli detergent lignin, energetska vrijednost, škrob) i važne fermentativne pokazatelje, kao što su pH vrijednost te sadržaj mliječne i octene kiseline. Kukuruzna silaža sadrži sirova vlakna koja su važna za zdravlje probavnog trakta životinja

(celuloza, hemiceluloza i lignin). Isto tako, kukuruzna silaža bogata je škrobom, koji je ujedno glavni izvor energije za životinje. Iako kukuruzna silaža nije visokoproteinsko krmivo, u usporedbi s drugim krmivima sadrži određenu količinu proteina koja može zadovoljiti osnovne potrebe životinja. Ipak, poželjan je visok sadržaj proteina, jer niski sadržaj može biti uzrokovan neadekvatnom gnojidbom biljaka ili nepravilnim siliranjem. Nadalje, povećan sadržaj pepela upućuje na onečišćenje zemljom i može uzrokovati kvarenje silaže i smanjenu konzumaciju. Tijekom fermentacije šećeri u kukuruznoj silaži pretvaraju se u kiseline kao što su mliječna i octena, što utječe na konzerviranje silaže i daje karakterističan miris i okus silaži. Mliječna kiselina inhibira bakterijsku aktivnost smanjujući pH, dok se octena kiselina u suvišku može pojaviti kod nepoželjnog tijeka fermentacije. Iz navedenoga proizlazi da je važno redovito analiziranje kukuruzne silaže radi određivanja hranidbene vrijednosti, kako bi se osigurala pravilna i uravnotežena hranidba životinja.

Stoga je cilj ovog istraživanja utvrditi kemijski sastav kukuruzne silaže, dobiti rezultate o kvaliteti kukuruzne silaže i ukazati na eventualne pogreške, te utjecati na podizanje razine svijesti o potrebi analiziranja i biti temelj dodatnim edukacijama proizvođača.

2. PREGLED LITERATURE

2.1. Važnost kukuruzne silaže u hranidbi stoke

Silaže pripadaju skupini voluminoznih sočnih krmiva vrlo široke upotrebe u hranidbi goveda i ovaca, ali i u hranidbi svinja i konja. Ipak, najveću primjenu imaju u hranidbi krava i tovu junadi (Pintić i sur., 2016). Voluminozna krmiva imaju mali sadržaj probavljivih hranjivih tvari, sa znatnim učešćem neiskoristivih sastojaka (balast), te potiču fermentaciju u buragu preživača, jačaju kontrakcije buraga i peristaltiku crijeva.

Uzgoj kukuruza za potrebe proizvodnje silaže razvijen je pojavom tehnike konzerviranja putem siliranja unazad 50-ak godina (Špelić i sur., 2022). Kukuruzna silaža postala je najzastupljenije voluminozno krmivo u hranidbi, a tek kasnije se počela koristiti kao sirovina u proizvodnji bioplina. Razlog tomu je visoki potencijal rodosti zbog visokog prinosa nadzemnog dijela stabljike kukuruza kojom se pravilnim konzerviranjem može dobiti velika energetska vrijednost (Gantner i sur., 2020).

Siliranje predstavlja metodu konzerviranja svježih zelenih krmiva gdje se uz prisutnost bakterija mliječne kiseline i vodotopljivih ugljikohidrata (šećera) proizvode organske kiseline. Rezultat cjelokupnog procesa je smanjenje pH vrijednosti silaže čime je osigurano očuvanje silaže sve dok nema prisutnosti zraka (Špelić i sur., 2022). Prema temperaturi u procesu siliranja i prema vrsti bakterija koje djeluju razlikuje se siliranje hladnim i siliranje toplim načinom. Hladni način se najviše primjenjuje jer kod njega ima najmanje gubitaka hranjivih tvari. Praksa i dosadašnji rezultati ukazuju na tri osnovna faktora o kojima ovisi uspjeh siliranja i kvaliteta silaže: količina šećera, vlaga i stadij korištenja krmnog bilja (Pintić, 1994). Kako za mliječno vrenje kao temeljni materijal služi šećer, kakvoća silaže ovisit će o količini šećera u zelenim biljkama koje se siliraju (Todorić i sur., 1985). Upravo zbog toga šećerni minimum (minimalna količina šećera koja je potrebna da se u silažnoj masi stvori dovoljno mliječne kiseline kao konzervansa) i sadržaj šećera u biljnom materijalu, daje mogućnost izbora metode siliranja određenoga materijala (Pintić i sur., 2016).

S obzirom da kukuruzna silaža predstavlja važnu komponentu u obroku većine domaćih životinja, bitno je za njezinu dobru konzumaciju i iskoristivost proizvesti kvalitetnu silažu. Kukuruzna silaža je istodobno dobar izvor energije u obliku škroba iz zrna, ali i sirovih vlakana kao teže probavljive frakcije stanične stijenke stabljike i lista, od kojih životinja dobiva i minimalnu količinu fizički efektivnih vlakana važnih za normalno funkcioniranje mikroflore buraga (Domaćinović i sur., 2022).

2.2. Proizvodnja kukuruzne silaže u Republici Hrvatskoj

Kukuruzna silaža u Republici Hrvatskoj (RH) je najvažnija i dominantna komponenta u obroku preživača jer se na jeftin način podmiruju uzdržne i proizvodne potrebe životinja te zato što sadržava najviše energije ($> 6,55$ MJ/kg ST) u obliku škroba i visoku konzumaciju zbog najmanje vlakana (45% NDV u ST) među voluminoznim krmivima. Udio zrna u silaži (67%) najviše pridonosi njezinoj energetskej vrijednosti. Silaža kukuruza u obroku preživača podmiruje 50-80% energetskih potreba, 25-40% proteinskih potreba i 60% potrebnog udjela ukupnih vlakana (Grbeša, 2016).

Kada je riječ o proizvodnji kukuruzne silaže u RH, prema podacima Državnog zavoda za statistiku (DZS) u 2023. godini, silažni kukuruz posijan je na površini od 27 000 ha. Prosječan prinos silaže iznosio je $35,3$ t ha⁻¹, a ukupno je proizvedeno 952 000 t ove voluminozne mase. U 2022. godini silažni kukuruz posijan je na površini od 29 000 ha, prosječan prinos silaže iznosio je $26,7$ t ha⁻¹, što je ukupno 766 000 t proizvedene silažne mase od kukuruza u toj godini u RH.

Osim hranidbenih odlika, silaža kukuruza se u odnosu na silaže drugih voluminoznih krmiva odlikuje lakšom i fleksibilnijom proizvodnjom, visokim i relativno stabilnim prinosom zelene mase, lakšim siliranjem.

Proizvodnja kukuruzne silaže za hranidbu životinja obuhvaća proces od sjetve kukuruza do siliranja i zatvaranja silosa. Sjetva kukuruza započinje kad je temperatura sjetvenog sloja tla $8-10^{\circ}\text{C}$, a optimalni rokovi sjetve su od 10. do 25. travnja. Kukuruz dijelimo s obzirom na duljinu vegetacije po FAO grupama 100-1000. Ranije grupe se prve siju, a zatim s napredovanjem vegetacije kasniji hibridi (Bogičević, 2022). Za silažu se koriste hibridi kasnijih FAO grupa. FAO grupa 100 ima najkraću vegetaciju, koja traje dva i pol do tri mjeseca, dok svaka daljnja grupa ima vegetaciju dulju za 5 do 10 dana. U Hrvatskoj se mogu uzgajati hibridi od FAO 100 do FAO 600 ili 700, ali općenito je najzastupljenija skupina FAO 400.

Optimalan trenutak za siliranje je u stadiju 1/2 do 2/3 mliječne linije na zrnju (Slika 1.).



Slika 1. Mliječna linija na zrnu kukuruza

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

Mliječna crta je granica između tvrdog dijela na vrhu i ostalog mekanog donjeg dijela zrna na klipju. Pojavljuje se oko četrdeset dana nakon oplodnje na leđnoj strani zrna i postupno se spušta prema donjem dijelu zrna. U tom trenutku nastupa optimalno vrijeme za siliranje jer se tada postiže optimalan omjer između sadržaja škroba kao nosioca energetske vrijednosti i vodotopivih šećera potrebnih za proizvodnju dovoljne količine mliječne kiseline. Tada je sadržaj vode u usjevu kukuruza oko 65%, a vlažnost zrna oko 35-40% (Svečnjak, 2010).

2.3. Kvaliteta kukuruzne silaže

Kvalitetna silaža je higijenski ispravna, s niskim pH i pogodnom fermentacijom mliječne kiseline, što sprječava daljnju mikrobnu aktivnost i kvarenje. Loše fermentirana silaža može rezultirati smanjenom konzumacijom hrane, smanjenim unosom proteina te shodno tome sniženom animalnom proizvodnjom (Kaiser i sur., 2004). Prema Kung (2001), za proizvodnju visoko kvalitetne silaže potrebno je brzo uklanjanje zraka (kisika), brzo stvaranje mliječne kiseline kako bi se snizio pH silaže, održavanje anaerobnih uvjeta tijekom čuvanja i sprječavanje dubljeg prodora kisika u silažnu masu tijekom izuzimanja silaže. Čimbenici kao što su tip silaže, stadij zrelosti zelene mase i visina rezanja krme utječu na kvalitetu silaže i tijek fermentacije. Kvalitetna i higijenski ispravna silaža dobivena brzim padom pH inhibirat će rast aerobnih mikroorganizama poput enterobakterija i klostridija, a poželjna kvaliteta održat će stabilnost silaže od onog trenutka kada je zrak u potpunosti uklonjen iz silažne mase (Skelin, 2017). Za kvalitetu silaže bitno je i da kombajn reže cijelu

stabljiku kukuruza na optimalnoj visini od tla. Visina rezanja ne smije biti preniska (manje od 15 cm iznad površine tla) niti previsoka (više od 30 cm iznad površine tla). Ako se stabljika kukuruza prenisko reže izlaže se riziku da se u silažnu masu unesu čestice tla koje se nalaze na donjem dijelu stabljike, ali i štetnici, što sve utječe na fermentaciju. Isto tako, sadržaj sirovih vlakana i pepela raste u donjim dijelovima biljke, a sadržaj energije se smanjuje. Ako se stabljika reže na visini iznad 40 cm od tla tada se ne ostvaruje željeni prinos, no takva je silaža lakše probavljiva stoci zbog manje lignina koji se nalazi u stabljici. Optimalna dužina sječke je 6 do 8 mm. Ona je preduvjet za pravilno sabijanje, te bolje iskorištavanje prostora silosa i male gubitke (što je silaža suhlja, to je duljina sječke kraća). Zbog boljeg konzerviranja silaže i same probave koja je olakšana, potrebno je opremiti silažni kombajn „corn-crackerom“, sustavom pomoću kojeg se drobi zrno (Kolak, 2016). Za silažu je važno da se što bolje sabije kako bi se iz silažne mase istisnulo što više kisika i postigli anaerobni uvjeti za fermentaciju, te da ne dođe do naknadnog zagrijavanja i kvarenja silaže u silosu.

Iz svega gore navedenoga može se zaključiti da je kontrola kvalitete stočne hrane važna u hranidbi domaćih životinja, kako bi se obrok uskladio sa uzdržnim i proizvodnim potrebama životinja.

2.3.1. Suha tvar

Krmiva se sastoje od dvije osnovne komponente: voda i suha tvar. Voda je u krmivima fiziološki vezana ili je pak dodana prilikom proizvodnoga procesa, dok suhu tvar čine preostale hranjive tvari (ugljikohidrati, masti, proteini, minerali i vitamini). Kukuruzna silaža treba optimalan sadržaj suhe tvari za nesmetano siliranje, jer prekomjeren sadržaj vlage može uzrokovati kvarenje. Previše suha silaža obično je smanjene probavljivosti i energetski je siromašna. Kukuruz siliran s višim sadržajem suhe tvari od 35 do 40% ima tvrdo zrno zbog više caklavog endosperma i u njemu zeina, pa se teže silira i manje je probavljivo, a što se vidi po većem udjelu zrna u izmetu, jer dolazi do povećanja lignina (lignifikacija) u biljci, pa time postaje slabije iskoristivo. Optimalne vrijednosti suhe tvari, prema njemačkom DLG sustavu, nalaze se u rasponu od 30 do 37%. Kod vrijednosti suhe tvari ispod 30% veliko je ocjeđivanje silažnog soka, što znači da dolazi do snižavanja sadržaja hranjivih tvari i učestalog kvarenja kukuruzne silaže. Kod silaža koje sadrže manje od 25% suhe tvari, preko ocjeđenog soka gubi se 5-10% hranjivih tvari (minerala), stoga se takva silažna masa treba prilikom siliranja miješati sa sušim materijalom (slama,

kukuruzovina). Kod vrijednosti suhe tvari iznad 37% otežano je sabijanje silažne mase što dovodi do nepoželjnog razvoja plijesni i kvarenja silaže (Vranić i sur., 2021).

2.3.2. Sirovi protein

Sve hranjive tvari koje sadrže dušik, a imaju podjednaku hranidbenu vrijednost nazivaju se sirovi proteini. U sirove proteine spadaju dvije skupine hranjivih tvari, to su pravi proteini i amidi. Pravi proteini su organski spojevi sastavljeni od aminokiselina, dok su amidi tvari koje sadrže dušik, a nisu proteini već tzv. NPN-tvari (neproteinske dušične tvari). Poželjan je visok sadržaj proteina (< 9%). Niski sadržaj može biti posljedica neadekvatne gnojidbe biljaka, gubitka dušika zbog kiše, zakorovljenosti ili nepravilnog postupka siliranja. Kada je sadržaj proteina u kukuruznoj silaži nizak, tada se treba povećati udio krmiva bogatih proteinima, a to su prvenstveno krmiva koja se nude na tržištu, primjerice sojina sačma, što uzrokuje povećane hranidbe troškove (Vranić i sur., 2021). Također, sazrijevanjem biljke od mliječne do caklave zriobe zrna opada sadržaj sirovog proteina s 12% na 8%, u prosjeku 7,5% u ST (Grbeša, 2016).

2.3.3. Sirovi pepeo

Spaljivanjem krmiva organska tvar izgori do ugljičnoga dioksida i vode, a ostaju ukupne mineralne tvari koje nazivamo sirovi pepeo. Sirovi pepeo u krmivima je sastavljen od makroelemenata (potrebni su životinjama u većim količinama) i mikroelemenata (potrebni su životinjama u malim količinama). Silaža kukuruza pri 32% ST sadržava malo pepela (4-5%). Pepeo je viši u mliječnoj nego caklavoju zriobi i njegova koncentracija tijekom sazrijevanja biljke opada vrlo malo od 0,5 do 2% (Grbeša, 2016). Povećan sadržaj pepela upućuje na onečišćenje česticama tla i može uzrokovati kvarenje silaže i smanjenu konzumaciju.

2.3.4. Sirova vlakna

Sirova vlakna su teško probavljive ugljikohidratne tvari, stoga su u negativnoj korelaciji s probavljivošću hranjivih tvari u krmivu i količinom iskoristive energije za životinje. Što krmivo sadrži više sirovih vlakana, to je udio probavljivih tvari, a time i udio iskoristive energije u krmivu, manji. No, treba napomenuti da je određena količina sirovih vlakana potrebna za normalno odvijanje probave životinja. Sirova vlaknina se u potpunosti

sastoji od lignina i malog djelića celuloze. Celuloza je najzastupljeniji sastojak stanične stijenke biljaka i glavna tvar voluminozne krme. Lignin je složeni fenolni polimer, kao i celuloza, sastojak je stanične stijenke i daje čvrstoću biljkama. Odležavanje silaže znatno povisuje probavljivost vlakana, za 4%, time i njezinu energetska vrijednost (Grbeša, 2016).

2.3.5. Neutralna detergent vlakna (NDV)

Neutralna detergent vlakna (NDV) sastoje se od hemiceluloze, celuloze i lignina. Lignin je u potpunosti neiskoristiv za životinje, hemiceluloza je gotovo neiskoristiva za nepreživače, a za preživače samo djelomično, dok je celuloza posredstvom mikrobne populacije dobro iskoristiva za preživače, kuniće i konje i djelomično za perad i svinje. Hemiceluloza je glavni polisaharid sekundarne stijenke biljne stanice, a s ligninom je povezana snažnije od ostalih polisaharida (Grbeša, 2017b). Vrijednosti NDV-a povećavaju se s nižim udjelom zrna ili siliranjem nedozrelog kukuruza, a i njegovo povećanje je u negativnoj korelaciji s konzumacijom (smanjuje se konzumacija silaže kukuruza). Sadržani su u stabljici i listu. Probavljivost ukupnih vlakana (NDV) silaže kukuruza u cijelom probavnom sustavu goveda je 50% i razmjerno opada s porastom sadržaja suhe tvari sa 72% u mliječno-tjestastoj na 42% u potpuno caklastoj zriobi zrna (Grbeša, 2016). Smatra se da silažu kukuruza treba početi koristiti tek nakon 3-6 mjeseci odležavanja jer je tada probavljivost vlakana (NDV) veća za 5% nego u zelenoj masi prije siliranja.

2.3.6. Kisela detergent vlakna (KDV)

Kisela detergent vlakna (KDV) sastoje se od celuloze i lignina. Vrijednosti KDV-a se povećavaju s nižim udjelom zrna te stresom kojeg biljke dožive tijekom vegetacije, što je u negativnoj korelaciji s probavljivošću i energetska vrijednosti. Preko sadržaja KDV-a se procjenjuje sadržaj energije i probavljivost krme.

2.3.7. Kiseli detergent lignin (KDL)

Kiseli detergent lignin (KDL) sadrži samo lignin. Lignin nije ugljikohidrat, iako se najčešće razmatra u toj skupini. Sastavljen je od fenilpropana kao građevne jedinice, koji je za životinje u potpunosti neiskoristiv, uključujući i preživače (Pintiće i sur., 2016).

2.3.8. Energetska vrijednost (NEL, MJ/kg ST)

Neto energiju (NEL) organizam ponajprije koristi za podmirivanje uzdržnog metabolizma (uzdržne potrebe) i za sintezu prirasta, fetusa, mlijeka, jaja, vune i drugih životinjskih proizvoda. Prema tome, neto energija hrane može se, pod uvjetom da su uzdržne potrebe podmirene, u potpunosti (bez ikakvih daljnjih gubitaka) prevesti u energiju životinjskih proizvoda (Pintiće i sur., 2016). Tehnologija proizvodnje kukuruzne silaže utječe na sadržaj NEL-a. S povećanjem visine košnje usjeva kukuruza za siliranje povećava se NEL kukuruzne silaže proizvedene od usjeva kukuruza košenog u kasnijoj zrelosti (biljka kukuruza sadržaja ST 410 g kg⁻¹ svježeg usjeva), ali ne u ranijoj (biljka kukuruza sadržaja ST 340 g ST kg⁻¹ svježeg usjeva) kod koje sadržaj NEL nije ovisan o visini košnje usjeva kukuruza za siliranje (Neylon i Kung 2003). Isto tako, veće NEL vrijednosti ukazuju na veću energetska vrijednost i bolju kvalitetu kukuruzne silaže.

2.3.9. Škrob

Škrob je rezervni polisaharid biljaka, sastavljen od α -glikozidno-vezanih molekula glukoze i stoga je vrlo osjetljiv na endogene probavne enzime, a time i vrlo probavljiv. Probavljivost mu prvenstveno ovisi o različitim fizikalno-kemijskim svojstvima. Odbađanjem roka košnje usjeva kukuruza za siliranje povećava se sadržaj škroba i smanjuje sadržaj vlakana u krmu, a kukuruzna silaža bogata škrobom osigurava više energije za mikroorganizme buraga, veću konzumaciju i veću proizvodnju mlijeka (Bogičević, 2022). U kukuruznoj silaži poželjan je veći sadržaj škroba zbog energetske vrijednosti silaže. Optimalan sadržaj škroba je u fazi voštane zriobe. Sadržaj škroba ispod 28% upućuje na siliranje nedozrelih biljaka ili biljaka koje su doživjele stres tijekom vegetacije (Vranić i sur., 2021).

2.3.10. Vrijednost pH

pH (lat. *potentia hydrogenii*, 'snaga vodika') ili pH-vrijednost jest broj koji služi kao mjera kiselosti (aciditeta), odnosno lužnatosti (alkaliteta), vodenih otopina, a dobiva se kao negativan dekadski logaritam množinske koncentracije (točnije: aktiviteta) vodikovih iona u otopini. Vrijednost pH je fermentativni parametar koji pokazuje pravilnost procesa siliranja ili fermentacije. Da bi se u siliranoj krmu spriječili nepoželjni procesi, tj. kvarenje silaža, potrebna je određena količina mliječne kiseline za konzerviranje. Čimbenici koji

utječu na pH silaže su: sadržaj topljivih ugljikohidrata u konzerviranoj krmu, sadržaj vlage u krmu, usitnjavanje, zbijanje, mikroorganizmi koji sudjeluju u kontroli fermentacije (inokulanti) te onečišćenje krmnog bilja prašinom ili blatom. Visoka vrijednost pH kukuruzne silaže, iznad 5,0, ukazuje da siliranje nije optimalno provedeno te da je silaža niske kvalitete. Naime, sa sadržajem suhe tvari snažno raste ($r=0,81$) pH vrijednost u silaži. Porast suhe tvari za 1% smanjuje pH vrijednost za 0,016 (Grbeša, 2016).

2.3.11. Octena i mliječna kiselina

Octena i mliječna kiselina su kratkolančane masne kiseline, koje se međusobno razlikuju po broju C-atoma. Octena i mliječna kiselina također su fermentativni parametri kao i pH vrijednost, te su vrlo dobri pokazatelji tijeka i efikasnosti procesa fermentacije, tj. siliranja. U načelu, kvaliteta fermentacije može se procijeniti i na temelju željenih sastojaka koji su ostali ili nastali kao npr. šećer, škrob, protein, aminokiseline ili mliječna, octena i maslačna kiselina (DLG, 2006). U praksi se je pokazalo da se kvaliteta fermentacije može bolje odrediti na temelju sadržaja nepoželjnih produkata. Kao što su opsežna istraživanja pokazala, kvaliteta fermentacije može se pouzdano i bitno razlikovati ovisno o sadržaju i međusobnom odnosu maslačne i octene kiseline. Iako i pH vrijednost obično daje vrlo pouzdanu sliku o kiselosti, navedeno daje precizniju procjenu kvalitete. Mliječna kiselina inhibira bakterijsku aktivnost smanjujući pH, dok se octena kiselina u suvišku može pojaviti kod nepoželjnog tijeka fermentacije, te inhibira kvasce zaslužne za aerobno kvarenje.

3. MATERIJALI I METODE RADA

U istraživanju su korišteni rezultati kemijskih analiza iz baze podataka Središnjeg laboratorija za kontrolu kvalitete meda i stočne hrane, Hrvatske agencije za poljoprivredu i hranu (HAPIH), za razdoblje od 2020. do 2022. godine.

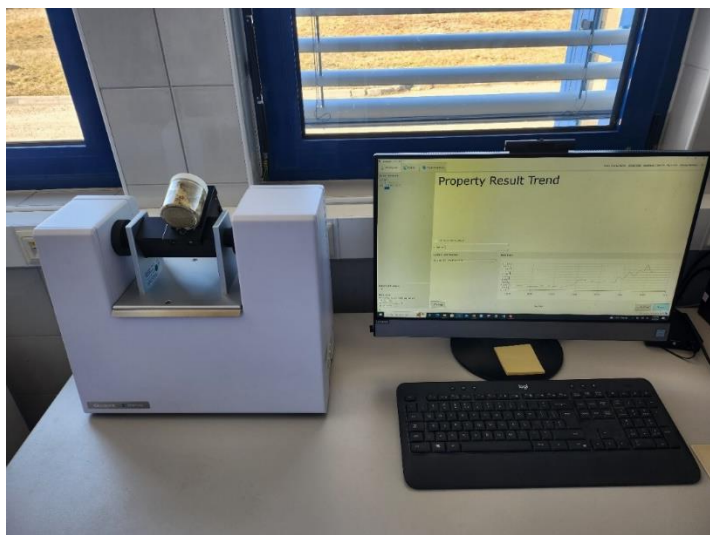
U radu je obuhvaćeno 10 županija: Međimurska (n=25), Brodsko-posavska (n=25), Bjelovarsko-bilogorska (n=25), Požeško-slavonska (n=20), Koprivničko-križevačka (n=25), Zagrebačka (n=25), Varaždinska (n=25), Krapinsko-zagorska (n=25), Istarska (n=10) i Osječko-baranjska (n=25).

Kukuruzne silaže su proizvedene u jesen 2020., 2021. i 2022. godine siliranjem kukuruza u horizontalne silose.

Uzorkovanje su proveli tehnički suradnici područnih ureda HAPIH-a. Uzorkovanje je provedeno ručno (sondom), prema proceduri uzimanja uzoraka. S više uzorkovanih pozicija poprečnog presjeka silaže izuzet je uzorak mase od oko 1000 g. Od ukupne mase načinjena su dva reprezentativna uzorka koji su korišteni za analizu hranidbenih i fermentativnih pokazatelja. Tako pripremljeni uzorci su vakumirani u PVC vrećice i potom su dostavljeni u laboratorij gdje su do zaprimanja skladišteni u kontroliranim uvjetima (0-4°C).

3.1. Analitičko istraživanje

Analitičko istraživanje prethodno sušenih uzoraka silaže rađeno je FT-NIR metodom uz primjenu spektrometra Q-Interline A/S (model QIA1020, serija MB3000; slika 2.), a s njome su ispitani sljedeći pokazatelji: suha tvar (ST %), sirovi protein (SP % ST), sirovi pepeo (SPep. % ST), sirova vlakna (SV % ST), neutralna detergent vlakna (NDV % ST), kisela detergent vlakna (KDV % ST), kiseli detergent lignin (KDL % ST), energetska vrijednost (NEL, MJ/kg ST), pH vrijednost, škrob (% ST), octena (g/kg ST), te mliječna kiselina (g/kg ST).



Slika 2. Spektrometar Q-Interline A/S (model QIA1020, serija MB3000)

Snimila: Valentina Lisjak

3.2. Statistička obrada rezultata istraživanja

Rezultati, parametri kvalitete kukuruzne silaže, obrađeni su u statističkom programu Statistica, 13.4.0.14 korištenjem GLM (General Linear Model) postupka. U analizi izraženosti utjecaja različitih godina i županija na kvalitativne parametre kukuruzne silaže uporabljena je ANOVA multivarijantni linearni model, a značajnost razlika utvrđena je uporabom Tukey (HSD) testa. Za klasifikaciju razlika između udjela unutar i izvan referentnih vrijednosti korištene su referentne vrijednosti prema njemačkom DLG sustavu (DLG, 2011; tablica 1.) za sve parametre (suha tvar, sirovi protein, sirovi pepeo, neutralna detergent vlakna, kisela detergent vlakna, kiseli detergent lignin, energetska vrijednost, pH vrijednost, škrob, octena, mliječna kiselina), izuzev parametra sirova vlakna za koji su korištene referentne vrijednosti njemačkog Institut für Futtermittel (IfF, 2020; tablica 1.). Statistička značajnost razlika između udjela (unutar i izvan referentnih vrijednosti) s obzirom na različite godine i županije utvrđena je uporabom Pearson-ovog χ^2 -testa.

4. REZULTATI I RASPRAVA

Prosječne vrijednosti kvalitativnih parametara (suhe tvari, sirovog proteina, sirovog pepela, sirovih vlakana, kiselih detergent vlakana, neutralnih detergent vlakana, kiselih detergent lignina, škroba, pH vrijednosti, octene kiseline, mliječne kiseline i neto energije) kukuruzne silaže na ukupno istraženom uzorku (N=690) i referentne vrijednosti prikazani su u tablici 1.

Tablica 1. Prosječne vrijednosti kvalitativnih parametara kukuruzne silaže na ukupno istraženom uzorku i referentne vrijednosti (N=690)

Parametri	\bar{x}	sd	s \bar{x}	min.	maks.	Cv	Referentne vrijednosti
Suha tvar, %	35,48	4,65	0,18	20,90	71,20	13,11	30-37 ¹
Sirovi protein, % ST	6,69	0,88	0,03	3,70	10,70	13,19	< 9
Sirovi pepeo, % ST	3,81	0,74	0,03	1,50	7,90	19,33	< 4
Sirova vlakna, % ST	18,42	2,63	0,10	11,80	32,10	14,26	16,4-23,9
Kisela detergent vlakna, % ST	21,52	3,21	0,12	1,60	36,00	14,91	21-25
Neutralna detergent vlakna,% ST	39,68	4,98	0,19	30,00	64,10	12,56	35-40
Kiseli detergent lignin, % ST	1,61	0,31	0,01	0,60	3,20	19,32	1,1-3,2
Škrob, % ST	32,36	6,22	0,24	4,43	54,00	19,21	>28,01
pH vrijednost	3,86	0,17	0,01	3,50	4,60	4,51	4,0-5,0 ²
Octena kiselina, g/kg ST	20,85	5,29	0,20	4,00	41,00	25,39	20-30
Mliječna kiselina, g/kg ST	56,27	15,64	0,60	1,90	111,00	27,80	>50
NEL, MJ/kg ST	6,72	0,27	0,01	5,30	7,40	3,95	>6,6

¹ Ovisno o sadržaju zrna; ² Ovisno o sadržaju suhe tvari u silaži

Prosječne vrijednosti kvalitativnih parametara kukuruzne silaže na ukupno istraženom uzorku (N=690) kretale su se unutar referentnih vrijednosti. Prema njemačkom DLG sustavu (DLG, 2011) svi istraživani parametri bili su unutar zadanih referentnih vrijednosti, izuzev pH vrijednosti. S obzirom na minimalne i maksimalne vrijednosti, vidljivo je da je bilo i odstupanja od referentnih vrijednosti. Nešto veća odstupanja od prosječne vrijednosti (sd) na ukupno istraženom uzorku utvrđena su za parametar mliječne kiseline i škroba, dok su najmanja odstupanja od prosječne vrijednosti utvrđena kod parametra pH vrijednosti i neto energije. Najveći koeficijent varijabilnosti (Cv) na ukupno istraženom uzorku utvrđen je kod parametra mliječne i octene kiseline, dok je najmanji koeficijent varijabilnosti utvrđen za parametar neto energiju.

Postotni udjeli kvalitativnih parametara kukuruzne silaže s obzirom na ukupni uzorak (N=690) prikazani su u tablici 2.

Tablica 2. Postotni udjeli kvalitativnih parametara (unutar i izvan referentnih vrijednosti) kukuruzne silaže, s obzirom na ukupni uzorak (N=690)

Parametri	Unutar ref. vrijed. (%)	Izvan ref. vrijed. (%)
Suha tvar, %	57,25	42,75
Sirovi protein, % ST	98,84	1,16
Sirovi pepeo, % ST	64,93	35,07
Sirova vlakna, % ST	75,07	24,93
Kisela detergent vlakna, % ST	41,88	58,12
Neutralna detergent vlakna, % ST	45,22	54,78
Kiseli detergent lignin, % ST	98,70	1,30
Škrob, % ST	80,14	19,86
pH vrijednost	23,77	76,23
Octena kiselina, g/kg ST	51,16	48,84
Mliječna kiselina, g/kg ST	68,41	31,59
NEL, MJ/kg ST	72,90	27,10

Najveći udio izvan referentnih vrijednosti utvrđen je za parametre pH vrijednost (76,23%), kisela detergent vlakna (58,12%), neutralna detergent vlakna (54,78%), dok je najpovoljniji udio unutar referentnih vrijednosti utvrđen za parametre sirovi protein (98,84%), kiseli detergent lignin (98,70%) i škrob (80,14%). Najmanji udio izvan referentnih vrijednosti utvrđen je kod parametara sirovi protein (1,16%) i kiseli detergent lignin (1,30%), dok je unutar referentnih vrijednosti najlošiji udio utvrđen za parametar pH vrijednosti (23,77%).

4.1. Utjecaj istraživanih godina na kvalitativne parametre kukuruzne silaže

Prosječne vrijednosti kvalitativnih parametara kukuruzne silaže (suhe tvari, sirovog proteina, sirovog pepela, sirovih vlakana, kiselih detergent vlakana, neutralnih detergent vlakana, kiselih detergent lignina, škroba, pH vrijednosti, octene kiseline, mliječne kiseline i neto energije) s obzirom na godinu istraživanja, prikazani su u tablici 3.

Prosječne vrijednosti kvalitativnih parametara kukuruzne silaže, s obzirom na godinu istraživanja, kretale su se unutar zadovoljavajućih granica. Prema njemačkom DLG sustavu (DLG, 2011) svi istraživani parametri, osim pH vrijednosti bili su unutar referentnih vrijednosti.

Tablica 3. Prosječne vrijednosti kvalitativnih parametara kukuruzne silaže, s obzirom na godinu istraživanja

God.	Parametri	\bar{X}	sd	s \bar{X}	min.	maks.	Cv
2020. (N=230)	Suha tvar, %	35,08	4,23	0,28	22,50	50,80	12,07
	Sirovi protein, % ST	6,51	0,95	0,06	3,70	10,70	14,52
	Sirovi pepeo, % ST	3,82	0,73	0,05	2,00	7,50	19,03
	Sirova vlakna, % ST	17,89	2,40	0,16	13,20	32,10	13,40
	Kisela detergent vlakna, % ST	20,86	3,30	0,22	1,60	36,00	15,82
	Neutralna detergent vlakna, % ST	38,40	4,50	0,30	30,00	63,60	11,73
	Kiseli detergent lignin, % ST	1,73	0,30	0,02	1,10	3,20	17,57
	Škrob, % ST	34,04	5,13	0,34	6,60	43,70	15,06
	pH vrijednost	3,85	0,17	0,01	3,50	4,40	4,32
	Octena kiselina, g/kg ST	21,11	5,15	0,34	6,00	37,00	24,39
	Mliječna kiselina, g/kg ST	54,77	15,07	0,99	2,00	99,00	27,51
	NEL, MJ/kg ST	6,77	0,27	0,02	5,30	7,40	4,01
	2021. (N=230)	Suha tvar, %	35,92	3,95	0,26	22,80	52,00
Sirovi protein, % ST		6,63	0,73	0,05	4,30	9,00	11,04
Sirovi pepeo, % ST		3,70	0,63	0,04	2,20	7,50	17,03
Sirova vlakna, % ST		17,79	2,24	0,15	11,80	28,40	12,06
Kisela detergent vlakna, % ST		20,66	2,46	0,16	14,20	31,10	11,89
Neutralna detergent vlakna, % ST		38,52	4,11	0,27	30,30	58,10	10,68
Kiseli detergent lignin, % ST		1,50	0,27	0,02	0,60	2,30	17,84
Škrob, % ST		33,53	5,49	0,36	15,40	54,00	16,38
pH vrijednost		3,85	0,16	0,01	3,50	4,60	4,20
Octena kiselina, g/kg ST		20,13	5,01	0,33	4,00	37,00	24,88
Mliječna kiselina, g/kg ST		56,42	14,37	0,95	11,00	90,00	25,48
NEL, MJ/kg ST		6,77	0,15	0,01	6,10	7,40	2,22
2022. (N=230)		Suha tvar, %	35,43	5,59	0,37	20,90	71,20
	Sirovi protein, % ST	6,92	0,91	0,06	3,70	9,20	13,11
	Sirovi pepeo, % ST	3,92	0,83	0,05	1,50	7,90	21,15
	Sirova vlakna, % ST	19,56	2,83	0,19	13,90	28,20	14,45
	Kisela detergent vlakna, % ST	23,05	3,24	0,21	15,90	32,30	14,08
	Neutralna detergent vlakna, % ST	42,12	5,34	0,35	31,50	64,10	12,68
	Kiseli detergent lignin, % ST	1,61	0,32	0,02	0,70	2,70	19,78
	Škrob, % ST	29,52	6,89	0,45	4,43	44,80	23,35
	pH vrijednost	3,89	0,19	0,01	3,50	4,60	4,93
	Octena kiselina, g/kg ST	21,31	5,65	0,37	8,00	41,00	26,52
	Mliječna kiselina, g/kg ST	57,61	17,27	1,14	1,90	111,00	29,98
	NEL, MJ/kg ST	6,64	0,32	0,02	5,40	7,30	4,89

Nešto veća odstupanja od prosječne vrijednosti (sd) između istraživanih godina utvrđena su za parametar mliječne kiseline, dok su najmanja odstupanja od prosječne vrijednosti utvrđena kod parametra pH vrijednost. Najveći koeficijent varijabilnosti (Cv) s obzirom na godinu istraživanja utvrđen je kod parametra mliječne i octene kiseline, dok je najmanji Cv utvrđen za parametar energetske vrijednosti.

S obzirom na različite godine utvrđene su zanemarive razlike ($P > 0,05$; tablica 4.) unutar parametra suhe tvari i mliječne kiseline, dok su kod svih ostalih parametara utvrđene značajne razlike ($P < 0,05$; tablica 4.). S obzirom na parametar suhe tvari, najveća vrijednost

utvrđena je u 2021. godini (35,92%), dok su utvrđene vrijednosti u 2020. i 2022. bile nešto niže (35,48; 35,43%). Između utvrđenih prosječnih vrijednosti nisu utvrđene značajne razlike ($P > 0,05$; tablica 4.).

Tablica 4. Statistička značajnost parametara kukuruzne silaže, s obzirom na različitu godinu istraživanja

Parametri	2020.	2021.	2022.	$s \bar{X}$
Suha tvar, %	35,48	35,92	35,43	0,31
Sirovi protein, % ST	6,51 ^a	6,63 ^a	6,92 ^b	0,06
Sirovi pepeo, % ST	3,82 ^{ab}	3,70 ^a	3,92 ^b	0,05
Sirova vlakna, % ST	17,89 ^a	17,79 ^a	19,56 ^b	0,16
Kisela detergent vlakna, % ST	20,86 ^a	20,66 ^a	23,05 ^b	0,20
Neutralna detergent vlakna, % ST	38,40 ^a	38,52 ^a	42,12 ^b	0,31
Kiseli detergent lignin, % ST	1,73 ^a	1,50 ^b	1,61 ^c	0,02
Škrob, % ST	34,04 ^a	33,53 ^a	29,52 ^b	0,39
pH vrijednost	3,85 ^a	3,85 ^a	3,89 ^b	0,01
Octena kiselina, g/kg ST	21,11 ^a	20,13 ^b	21,31 ^a	0,35
Mliječna kiselina, g/kg ST	54,77	56,42	57,61	1,03
NEL, MJ/kg ST	6,77 ^a	6,77 ^a	6,64 ^b	0,02

^{a,b,c} Vrijednosti u istom redu tablice označene različitim slovima značajno se razlikuju ($P < 0,05$)

Najveća vrijednost za parametar sirovi protein utvrđena je u 2022. godini (6,92% ST) koja se značajno razlikovala od vrijednosti utvrđenih u 2020. i 2021. godini ($P < 0,05$), dok između 2020. i 2021. godine nisu utvrđene značajne razlike ($P > 0,05$).

Za parametar sirovi pepeo najmanja vrijednost utvrđena je u 2021. godini (3,70% ST) i značajno se razlikovala od 2022. godine ($P < 0,05$). Utvrđene razlike od (0,12 i 0,10% ST) između 2020. i 2021., kao i između 2020. i 2022. nisu bile značajne ($P > 0,05$).

Najbolja vrijednost za parametar sirova vlakna utvrđena je u 2022. godini (19,56% ST) i značajno je različita od vrijednosti utvrđenih u 2020. i 2021. godini ($P < 0,05$). Između 2020. i 2021. godine nisu utvrđene značajne razlike za sadržaj sirovih vlakana ($P > 0,05$).

Najlošija prosječna vrijednost za kisela detergent vlakna utvrđena je u 2021. godini (20,66% ST) i nije se značajno razlikovala od vrijednosti utvrđene u 2020. godini ($P > 0,05$), dok su se vrijednosti utvrđene kod obje godine značajno razlikovale od vrijednosti utvrđene u 2022. godini ($P < 0,05$).

Najveća prosječna vrijednost parametra neutralna detergent vlakna utvrđena je u 2022. godini i značajno se razlikovala od vrijednosti utvrđenih u 2020. i 2021. godini ($P < 0,05$). Utvrđene vrijednosti između 2020. i 2021. godine za parametar neutralna detergent vlakna nisu bile značajne ($P > 0,05$).

Utvrđene razlike za parametar kiseli detergent lignin (0,11; 0,12 i 0,23% ST) između svih istraživanih godina bile su značajne ($P < 0,05$).

Značajno manja prosječna vrijednost za parametar škrob utvrđena je u 2022. godini (29,52% ST) u odnosu na vrijednosti utvrđene u 2020. i 2021. godini ($P < 0,05$). Među vrijednostima za 2020. i 2021. godinu nije bilo značajnih razlika ($P > 0,05$).

Identične pH vrijednosti utvrđene u 2020. i 2021. (3,85) godini značajno su se razlikovale od vrijednosti (3,89) utvrđene u 2022. godini ($P < 0,05$).

Za parametar octene kiseline, najniža vrijednost (20,13 g/kg ST) utvrđena je u 2021. godini, dok su utvrđene vrijednosti u 2020. i 2022. godini (21,11 i 21,31 g/kg ST) bile značajno više ($P < 0,05$). Utvrđena razlika (0,2 g/kg ST) između 2020. i 2022. godine nije značajna ($P > 0,05$).

S obzirom na parametar mliječnu kiselinu između istraživanih godina utvrđene su samo zanemarive razlike ($P > 0,05$).

Ista vrijednost za neto energiju, 6,77 MJ/kg ST, utvrđena je u 2020. i 2021. godini, te je značajno različita od vrijednosti utvrđene u 2022. godini ($P < 0,05$).

Udjeli kvalitativnih parametara (unutar i izvan referentnih vrijednosti) kukuruzne silaže s obzirom na istraživane godine prikazani su u tablici 5.

S obzirom na istraživane godine značajne razlike nisu utvrđene za slijedeće parametre: sirovi protein (SP), sirovi pepeo (Spép), sirova vlakna (SV), octenu, te mliječnu kiselinu ($P > 0,05$; tablica 5.).

Za parametar suhu tvar, najveći udio izvan referentnih vrijednosti utvrđen je u 2022. godini (48,70%) i značajno se razlikovao od udjela utvrđenog u 2020. godini ($P < 0,05$; tablica 5.), dok se samo zanemarivo razlikovao od udjela utvrđenog u 2021. godini ($P > 0,05$; tablica 5.). Utvrđeni udjeli između 2020. i 2021. godine nisu bili značajni ($P > 0,05$; tablica 5.).

Za parametar sirovi protein kroz sve tri istraživane godine zabilježeni su visoki udjeli (99,13; 99,57 i 97,83%) unutar referentnih vrijednosti. Između navedenih udjela utvrđene su samo zanemarive razlike ($P > 0,05$; tablica 5.).

Najpovoljniji udjeli za parametar sirovi pepeo utvrđeni su u 2021. godini i nisu se značajno razlikovali od utvrđenih udjela u 2020. i 2022. godini ($P > 0,05$; tablica 5.). Također utvrđene razlike između udjela u 2020. i 2022. godini nisu bili značajni ($P > 0,05$; tablica 5.).

S obzirom na parametar sirova vlakna, u 2020. i 2022. godini utvrđeni su identični omjeri (76,09: 23,91%) unutar i izvan referentnih vrijednosti i nisu se značajno razlikovali od omjera (73,48 : 26,52%) utvrđenog u 2021. godini ($P > 0,05$; tablica 5.).

Tablica 5. Udjeli kvalitativnih parametara (unutar i izvan referentnih vrijednosti) kukuruzne silaže s obzirom na različite istraživane godine

Parametri	GODINA					
	2020. (%)		2021. (%)		2022. (%)	
	Unutar ref. vrijednosti	Izvan ref. vrijednosti	Unutar ref. vrijednosti	Izvan ref. vrijednosti	Unutar ref. vrijednosti	Izvan ref. vrijednosti
ST (%)	63,04	36,96 ^a	57,39	42,61 ^{ab}	51,30	48,70 ^b
SP (% ST)	99,13	0,87	99,57	0,43	97,83	2,17
Spép (% ST)	66,96	33,04	68,26	31,74	59,57	40,43
SV (% ST)	76,09	23,91	73,48	26,52	76,09	23,91
KDV (% ST)	40,43	59,57 ^{ab}	34,35	65,65 ^a	49,13	50,87 ^b
NDV (% ST)	55,65	44,35 ^a	56,21	47,39 ^a	27,39	72,61 ^b
KDL (% ST)	100	0,00 ^a	97,39	2,61 ^b	98,70	1,30 ^{ab}
Škrob (% ST)	88,70	11,30 ^a	86,96	13,04 ^a	64,78	35,22 ^b
pH	20,87	79,13 ^a	19,13	80,87 ^a	31,30	68,70 ^b
Octena kis. (g/kg ST)	54,35	45,65	48,26	51,74	50,87	49,13
Mliječna kis. (g/k ST)	66,52	33,48	70,00	30,00	68,70	31,30
NEL (MJ/kg ST)	73,04	26,96 ^a	94,35	5,65 ^b	51,30	48,70 ^c

^{a,b,c} Vrijednosti u istom redu tablice označene različitim slovima značajno se razlikuju ($P < 0,05$)

Najmanji (najpovoljniji) udio izvan referentnih vrijednosti za parametar kisela detergent vlakana utvrđen je u 2022. godini (50,87%), te se statistički značajno razlikuje od udjela utvrđenog u 2021. godini ($P < 0,05$), ali ne i od udjela utvrđenog u 2020. godini (59,57%).

Najveći udio unutar referentnih vrijednosti za parametar neutralna detergent vlakna utvrđen je u 2021. godini i značajno se razlikovao od vrijednosti utvrđene u 2022. godini ($P < 0,05$), dok između 2020. i 2021. godine nisu utvrđene značajne razlike između udjela ($P > 0,05$).

Za parametar kiseli detergent lignin kroz sve tri istraživane godine zabilježeni su visoki udjeli (100; 97,39 i 98,70%) unutar referentnih vrijednosti. Između navedenih udjela utvrđene su samo zanemarive razlike ($P > 0,05$).

S obzirom na parametar škrob, najmanji udio izvan referentnih vrijednosti utvrđen je u 2020. godini (11,30%), te se značajno razlikuje od udjela (35,22%) utvrđenog u 2022. godini ($P < 0,05$), ali ne i od udjela utvrđenog u 2021. godini ($P > 0,05$).

Za parametar pH vrijednosti kroz sve tri istraživane godine zabilježeni su niski udjeli (20,87; 19,13 i 31,30%) unutar referentnih vrijednosti. Između navedenih udjela utvrđene su samo zanemarive razlike ($P > 0,05$).

Najpovoljniji udjeli za parametar octenu kiselinu utvrđeni su u 2020. godini i nisu se značajno razlikovali od utvrđenih udjela u 2021. i 2022. godini ($P > 0,05$).

Također utvrđene razlike između udjela u 2021. i 2022. godini za parametar octenu kiselinu nisu bili značajne ($P>0,05$).

S obzirom na parametar mliječnu kiselinu kroz sve tri istraživane godine zabilježeni su niski (povoljni) udjeli (33,48; 30,00 i 31,30%) izvan referentnih vrijednosti. Između navedenih udjela utvrđene su samo zanemarive razlike ($P>0,05$).

Kod parametra neto energije najmanji udio izvan referentnih vrijednosti utvrđen je u 2021. godini (5,65%) i značajno se razlikuje od udjela utvrđenih u 2020. i 2022. godini ($P<0,05$). Također utvrđene razlike između udjela u 2020. i 2022. godini bile su značajne ($P<0,05$).

4.2. Utjecaj geografskog položaja na kvalitativne parametre kukuruzne silaže

Prosječne vrijednosti kvalitativnih parametara kukuruzne silaže s obzirom na istraživane županije prikazane su u tablici 6. S obzirom na istraživane županije prosječne vrijednosti kvalitativnih parametara kukuruzne silaže kretale su se unutar referentnih vrijednosti. No, s obzirom na minimalne i maksimalne vrijednosti, vidljivo je da je bilo i odstupanja od referentnih vrijednosti. Odstupanje je značajno vidljivo za parametar pH vrijednosti kod svih istraživanih županija.

Tablica 6. Prosječne vrijednosti kvalitativnih parametara kukuruzne silaže s obzirom na istraživane županije

Županija	Parametri	\bar{X}	sd	s \bar{X}	min.	maks.	Cv
Medimurska (N=75)	Suha tvar, %	36,97	3,78	0,44	27,70	48,80	10,24
	Sirovi protein, % ST	6,44	0,84	0,10	4,70	9,10	13,13
	Sirovi pepeo, % ST	3,77	0,78	0,09	2,60	7,90	20,82
	Sirova vlakna, % ST	17,78	2,37	0,27	13,70	27,00	13,32
	Kisela detergent vlakna, % ST	20,78	2,60	0,30	15,60	30,80	12,50
	Neutralna detergent vlakna, % ST	38,09	4,27	0,49	31,60	52,70	11,20
	Kiseli detergent lignin, % ST	1,61	0,26	0,03	0,60	2,40	16,06
	Škrob, % ST	34,14	6,21	0,72	9,40	43,60	18,20
	pH vrijednost	3,87	0,16	0,02	3,60	4,50	4,08
	Octena kiselina, g/kg ST	19,97	4,82	0,56	11,00	37,00	24,11
	Mliječna kiselina, g/kg ST	57,28	13,79	1,59	12,00	100,00	24,07
	NEL, MJ/kg ST	6,66	0,22	0,03	5,70	7,20	3,25
Brodsko-posavska (N=75)	Suha tvar, %	35,97	5,01	0,58	23,10	47,70	13,92
	Sirovi protein, % ST	7,09	0,80	0,09	4,70	10,70	11,30
	Sirovi pepeo, % ST	3,93	0,84	0,10	2,40	7,50	21,39
	Sirova vlakna, % ST	19,39	3,50	0,35	13,30	32,10	15,75
	Kisela detergent vlakna, % ST	22,72	3,48	0,40	15,00	36,00	15,36
	Neutralna detergent vlakna, % ST	41,97	5,57	0,64	30,10	63,60	13,27

	Kiseli detergent lignin, % ST	1,71	0,31	0,04	1,20	3,00	18,01
	Škrob, % ST	30,70	6,34	0,73	13,60	43,70	20,65
	pH vrijednost	3,94	0,19	0,02	3,70	4,60	4,87
	Octena kiselina, g/kg ST	19,28	4,94	0,57	10,00	32,00	25,65
	Mliječna kiselina, g/kg ST	49,23	13,96	1,61	13,00	78,00	28,36
	NEL, MJ/kg ST	6,64	0,31	0,04	5,50	7,20	4,74
Bjelovarsko-bilogorska (N=75)	Suha tvar, %	35,76	3,76	0,43	22,70	46,50	10,50
	Sirovi protein, % ST	6,70	0,84	0,10	3,70	8,60	12,49
	Sirovi pepeo, % ST	3,66	0,58	0,07	2,40	6,30	15,89
	Sirova vlakna, % ST	17,29	1,94	0,22	14,00	24,60	11,25
	Kisela detergent vlakna, % ST	20,35	2,35	0,27	16,50	23,90	11,53
	Neutralna detergent vlakna, % ST	37,34	4,06	0,47	30,90	53,00	10,87
	Kiseli detergent lignin, % ST	1,53	0,30	0,03	0,70	2,30	19,74
	Škrob, % ST	34,59	3,91	0,45	20,90	43,70	11,30
	pH vrijednost	3,79	0,16	0,02	3,50	4,20	4,30
	Octena kiselina, g/kg ST	20,92	4,41	0,51	9,00	30,00	21,07
	Mliječna kiselina, g/kg ST	62,03	16,85	1,95	2,00	94,00	27,17
	NEL, MJ/kg ST	6,87	0,26	0,03	6,10	7,40	3,75
	Požeško-slavonska (N=60)	Suha tvar, %	33,65	4,0	0,52	22,50	43,70
Sirovi protein, % ST		6,78	0,92	0,12	4,50	9,20	13,57
Sirovi pepeo, % ST		4,23	0,66	0,09	3,10	5,90	15,66
Sirova vlakna, % ST		19,57	2,33	0,30	15,20	25,90	11,90
Kisela detergent vlakna, % ST		22,79	2,90	0,37	17,10	30,40	12,71
Neutralna detergent vlakna, % ST		41,97	4,55	0,59	32,00	56,00	10,84
Kiseli detergent lignin, % ST		1,74	0,31	0,04	1,20	2,60	17,83
Škrob, % ST		30,32	5,38	0,70	9,60	38,30	17,76
pH vrijednost		3,88	0,19	0,02	3,50	4,60	4,94
Octena kiselina, g/kg ST		22,75	5,03	0,65	13,00	33,00	22,10
Mliječna kiselina, g/kg ST		56,90	17,07	2,20	4,00	99,00	29,99
NEL, MJ/kg ST		6,63	0,26	0,03	5,80	7,10	3,90
Koprivničko-križevačka (N=75)		Suha tvar, %	35,84	3,73	0,43	26,40	43,60
	Sirovi protein, % ST	6,57	0,72	0,08	3,70	8,50	10,95
	Sirovi pepeo, % ST	3,61	0,65	0,08	2,40	5,60	18,12
	Sirova vlakna, % ST	17,83	2,49	0,29	13,90	30,70	13,96
	Kisela detergent vlakna, % ST	20,80	3,83	0,44	1,60	35,90	18,39
	Neutralna detergent vlakna, % ST	38,84	4,89	0,57	30,80	62,20	12,60
	Kiseli detergent lignin, % ST	1,59	0,36	0,04	1,00	3,20	22,76
	Škrob, % ST	32,93	6,58	0,76	6,60	44,80	19,98
	pH vrijednost	3,83	0,19	0,02	3,50	4,40	4,99
	Octena kiselina, g/kg ST	20,61	4,83	0,56	12,0	32,00	23,44
	Mliječna kiselina, g/kg ST	56,64	16,28	1,88	6,00	101,00	16,28
	NEL, MJ/kg ST	6,73	0,28	0,03	5,30	7,30	4,16
	Zagrebačka (N=75)	Suha tvar, %	35,52	4,57	0,53	25,00	47,60
Sirovi protein, % ST		6,50	0,91	0,11	3,70	8,80	14,03
Sirovi pepeo, % ST		3,57	0,58	0,07	1,50	5,30	16,35
Sirova vlakna, % ST		17,86	2,09	0,24	14,50	25,60	11,70
Kisela detergent vlakna, % ST		20,96	3,38	0,39	2,40	30,80	16,15
Neutralna detergent vlakna, % ST		38,77	4,12	0,48	32,80	51,30	10,64
Kiseli detergent lignin, % ST		1,56	0,31	0,04	1,00	2,70	19,57
Škrob, % ST		33,5	5,54	0,64	11,70	43,30	16,54
pH vrijednost		3,89	0,18	0,02	3,60	4,40	4,63
Octena kiselina, g/kg ST		19,76	5,66	0,65	4,00	37,00	28,63
Mliječna kiselina, g/kg ST		53,45	16,83	1,94	1,90	95,00	31,84
NEL, MJ/kg ST		6,73	0,20	0,02	6,00	7,30	3,02

Varaždinska (N=75)	Suha tvar, %	34,16	4,08	0,47	24,00	44,40	11,95
	Sirovi protein, % ST	6,23	0,78	0,09	3,70	9,20	12,45
	Sirovi pepeo, % ST	3,70	0,66	0,08	2,00	6,00	17,69
	Sirova vlakna, % ST	18,73	2,46	0,28	11,80	25,40	13,13
	Kisela detergent vlakna, % ST	21,83	2,85	0,33	14,20	28,70	13,04
	Neutralna detergent vlakna, % ST	39,80	4,59	0,53	30,00	51,30	11,52
	Kiseli detergent lignin, % ST	1,65	0,25	0,03	1,00	2,30	15,28
	Škrob, % ST	32,28	6,49	0,75	13,30	48,00	20,12
	pH vrijednost	3,84	0,18	0,02	3,50	4,40	4,79
	Octena kiselina, g/kg ST	21,92	4,83	0,56	12,00	34,00	22,04
	Mliječna kiselina, g/kg ST	56,15	17,54	2,02	2,00	111,00	31,23
	NEL, MJ/kg ST	6,73	0,20	0,02	5,90	7,20	2,98
	Krapinsko-zagorska (N=75)	Suha tvar, %	36,38	6,33	0,73	22,80	71,2
Sirovi protein, % ST		6,46	0,74	0,08	5,00	9,00	11,38
Sirovi pepeo, % ST		3,66	0,51	0,06	2,70	5,50	14,03
Sirova vlakna, % ST		18,18	2,45	0,28	14,20	28,40	13,46
Kisela detergent vlakna, % ST		21,33	2,66	0,31	16,60	32,30	12,46
Neutralna detergent vlakna, % ST		39,23	4,48	0,52	31,50	58,10	11,42
Kiseli detergent lignin, % ST		1,57	0,30	0,04	1,00	2,70	19,36
Škrob, % ST		33,42	6,34	0,73	4,43	54,00	18,97
pH vrijednost		3,89	0,14	0,02	3,60	4,30	3,47
Octena kiselina, g/kg ST		19,05	4,49	0,52	8,00	32,00	23,56
Mliječna kiselina, g/kg ST		51,09	9,83	1,14	27,00	71,00	19,24
NEL, MJ/kg ST		6,78	0,18	0,02	5,80	7,20	2,71
Istarska (N=30)		Suha tvar, %	34,29	4,79	0,87	26,10	50,80
	Sirovi protein, % ST	6,82	0,77	0,14	5,30	8,50	11,33
	Sirovi pepeo, % ST	3,92	0,91	0,17	2,20	5,90	23,19
	Sirova vlakna, % ST	18,40	2,98	0,54	13,20	27,20	16,19
	Kisela detergent vlakna, % ST	21,33	2,95	0,54	14,80	28,00	13,82
	Neutralna detergent vlakna, % ST	39,78	5,03	0,92	3,20	52,30	12,64
	Kiseli detergent lignin, % ST	1,51	0,26	0,05	1,10	2,10	17,25
	Škrob, % ST	32,78	5,62	1,03	16,10	43,20	17,14
	pH vrijednost	3,90	0,15	0,03	3,70	4,30	3,95
	Octena kiselina, g/kg ST	22,00	6,41	1,17	6,00	35,00	29,12
	Mliječna kiselina, g/kg ST	55,80	10,41	1,90	20,00	74,00	18,66
	NEL, MJ/kg ST	6,84	0,26	0,05	6,20	7,40	3,85
	Osječko-baranjska (N=75)	Suha tvar, %	35,16	5,10	0,59	20,90	56,60
Sirovi protein, % ST		7,38	0,86	0,10	3,70	9,40	11,64
Sirovi pepeo, % ST		4,24	0,87	0,10	2,10	7,50	20,53
Sirova vlakna, % ST		19,34	3,12	0,36	13,70	28,00	16,13
Kisela detergent vlakna, % ST		22,48	3,67	0,42	16,10	31,80	16,33
Neutralna detergent vlakna, % ST		41,50	5,86	0,68	31,40	64,10	14,11
Kiseli detergent lignin, % ST		1,63	0,36	0,04	1,10	2,70	21,92
Škrob, % ST		28,80	6,62	0,76	10,60	40,60	22,98
pH vrijednost		3,84	0,14	0,02	3,60	4,40	3,64
Octena kiselina, g/kg ST		23,32	6,34	0,73	10,00	41,00	27,20
Mliječna kiselina, g/kg ST		63,93	14,19	1,64	2,00	97,00	22,19
NEL, MJ/kg ST		6,68	0,35	5,17	5,40	7,40	5,17

Statistička značajnost parametara kukuruzne silaže s obzirom na različite županije prikazana je u tablici 7.

Najveća vrijednost za parametar suhe tvari utvrđena je u Međimurskoj županiji (36,97%) i značajno se razlikovala od vrijednosti utvrđenih u Požeško-slavonskoj i Varaždinskoj županiji ($P < 0,05$; tablica 7.). Između ostalih županija su utvrđene samo zanemarive razlike ($P > 0,05$; tablica 7.). Najmanja vrijednost za parametar suhe tvari utvrđena je u Požeško-slavonskoj županiji (33,65%), koja se značajno razlikovala od Međimurske županije ($P < 0,05$; tablica 7.), dok između ostalih županija nisu utvrđene značajne razlike ($P > 0,05$; tablica 7.).

Za parametar sirovi protein najbolja vrijednost utvrđena je u Osječko-baranjskoj županiji (7,38% ST) i značajno se razlikovala od vrijednosti utvrđenih u Međimurskoj, Bjelovarsko-bilogorskoj, Požeško-slavonskoj, Koprivničko-križevačkoj, Zagrebačkoj, Varaždinskoj, Krapinsko-zagorskoj, Istarskoj županiji ($P < 0,05$; tablica 7.). Utvrđena razlika od 0,29% ST između Osječko-baranjske i Brodsko-posavske županije nije značajna ($P > 0,05$; tablica 7.). Najmanja vrijednost (6,23% ST) utvrđena je u Varaždinskoj županiji i zanemarivo se razlikovala od vrijednosti (6,44; 6,57; 6,50 i 6,46% ST) utvrđenih u Međimurskoj, Koprivničko-križevačkoj, Zagrebačkoj, Krapinsko-zagorskoj ($P > 0,05$; tablica 7.), dok se značajno razlikovala u odnosu na preostale županije ($P < 0,05$; tablica 7.)

Identična vrijednost za parametar sirovi pepeo od 3,66% ST utvrđena je kod Bjelovarsko-bilogorske i Krapinsko-zagorske županije i ta je vrijednost značajno različita od vrijednosti utvrđenih kod Požeško-slavonske i Osječko-baranjske županije ($P < 0,05$; tablica 7.), dok je zanemarivo različita od vrijednosti utvrđenih kod ostalih županija ($P > 0,05$; tablica 7.). Najlošije vrijednosti (4,24 i 4,23% ST) utvrđene kod Osječko-baranjske i Požeško-slavonske županije značajno su različite od vrijednosti utvrđenih kod Međimurske, Bjelovarsko-bilogorske, Koprivničko-križevačke, Zagrebačke, Varaždinske i Krapinsko-zagorske županije ($P < 0,05$; tablica 7.), dok su zanemarivo različite od preostalih županija ($P > 0,05$; tablica 7.).

S obzirom na parametar sirova vlakna najveće vrijednosti (19,57; 19,39 i 19,34% ST) utvrđene su u Požeško-slavonskoj, Brodsko-posavskoj i Osječko-baranjskoj županiji i značajno su različite od vrijednosti (36,97; 35,76; 35,84 i 35,52% ST) utvrđenih u Međimurskoj, Bjelovarsko-bilogorskoj, Koprivničko-križevačkoj i Zagrebačkoj županiji ($P < 0,05$; tablica 7.). Nešto niže vrijednosti (18,40; 18,18% ST) utvrđene u Istarskoj i Krapinsko-zagorskoj županiji nisu se značajno razlikovale od svih istraživanih županija

($P > 0,05$; tablica 7.). Utvrđena razlika (1,44% ST) između Varaždinske i Bjelovarsko-bilogorske bila je značajna ($P < 0,05$; tablica 7.).

Gotovo jednake vrijednosti za parametar kisela detergent vlakna (22,78; 22,79% ST) utvrđene kod Brodsko-posavske i Požeško-slavonske županije značajno su različite od vrijednosti utvrđenih kod Međimurske, Bjelovarsko-bilogorske, Koprivničko-križevačke i Zagrebačke županije ($P < 0,05$; tablica 7.), dok su se samo zanemarivo razlikovale od preostalih istraživanih županija ($P > 0,05$; tablica 7.). Utvrđene razlike (1,68; 1,70 i 2,13% ST) između Osječko-baranjske, Koprivničko-križevačke, Međimurske i Bjelovarsko-bilogorske županije su značajne ($P < 0,05$; tablica 7.). Utvrđene razlike u rasponu od 0,00 do 1,45% ST utvrđene između svih preostalih županija su zanemarive ($P > 0,05$; tablica 7.).

Kod parametra neutralna detergent vlakna istovjetne vrijednosti u Brodsko-posavskoj i Požeško-slavonskoj županiji (41,97% ST) bile su značajno različite od vrijednosti utvrđenih u Međimurskoj, Bjelovarsko-bilogorskoj, Koprivničko-križevačkoj, Zagrebačkoj, Krapinsko-zagorskoj županiji ($P < 0,05$; tablica 7.). Najmanja vrijednost, 37,34% ST, utvrđena u Bjelovarsko-bilogorskoj županiji nije se značajno razlikovala od vrijednosti utvrđenih u Međimurskoj, Koprivničko-križevačkoj, Zagrebačkoj, Varaždinskoj, Krapinsko-zagorskoj i Istarskoj županiji ($P > 0,05$; tablica 7.). Utvrđena razlika od 4,16% ST između Osječko-baranjske i Bjelovarsko-bilogorske županije bila je značajna ($P < 0,05$; tablica 7.).

Utvrđena razlika (0,02% ST) za parametar kiseli detergent lignin između Bjelovarsko-bilogorske i Istarske županije nije bila značajna ($P > 0,05$; tablica 7.), no vrijednosti navedenih županija značajno se razlikuju od vrijednosti utvrđenih u Brodsko-posavskoj i Požeško-slavonskoj županiji ($P < 0,05$; tablica 7.). Najlošija vrijednost (1,74% ST) utvrđena u Požeško-slavonskoj županiji značajno se razlikovala od vrijednosti utvrđenih u Bjelovarsko-bilogorskoj, Zagrebačkoj, Krapinsko-zagorskoj i Istarskoj županiji ($P < 0,05$; tablica 7.). Utvrđene razlike u rasponu od 0,02 do 0,12% ST između Bjelovarsko-bilogorske, Međimurske, Koprivničko-križevačke, Zagrebačke, Varaždinske, Krapinsko-zagorske, Istarske i Osječko-baranjske županije su zanemarive ($P > 0,05$; tablica 7.).

Za parametar škrob najmanja vrijednost utvrđena je u Osječko-baranjskoj županiji (28,80% ST) i značajno se razlikovala od vrijednosti utvrđenih u Međimurskoj, Bjelovarsko-bilogorskoj, Koprivničko-križevačkoj, Zagrebačkoj, Varaždinskoj, Krapinsko-zagorskoj i Istarskoj županiji ($P < 0,05$; tablica 7.). Utvrđene razlike (0,45; 1,21; 0,64; 1,86; 1,72; 1,36% ST) između Međimurske, Bjelovarsko-bilogorske, Koprivničko-križevačke, Zagrebačke, Varaždinske, Krapinsko-zagorske i Istarske županije nisu bile značajne ($P > 0,05$; tablica 7.).

Tablica 7. Statistička značajnost parametara kukuruzne silaže s obzirom na različite županije

Parametri	ŽUPANIJE										s \bar{X}
	Međimurska	Brodsko- posavska	Bjelovarsko- bilogorska	Požeško- slavonska	Koprivničko- križevačka	Zagrebačka	Varaždinska	Krapinsko- zagorska	Istarska	Osječko- baranjska	
ST (%)	36,97 ^a	35,97 ^{ab}	35,76 ^{ab}	33,65 ^b	35,84 ^{ab}	35,52 ^{ab}	34,16 ^{bc}	36,38 ^{ac}	34,29 ^{ab}	35,16 ^{ab}	0,57
SP (% ST)	6,44 ^{ac}	7,09 ^{bd}	6,70 ^{ab}	6,78 ^{ab}	6,57 ^{ac}	6,50 ^{ac}	6,23 ^c	6,46 ^{ac}	6,82 ^{ab}	7,38 ^d	0,10
Spep (% ST)	3,77 ^a	3,93 ^{ab}	3,66 ^a	4,23 ^b	3,61 ^a	3,57 ^a	3,70 ^a	3,66 ^a	3,92 ^{ab}	4,24 ^b	0,09
SV (% ST)	17,78 ^{ab}	19,39 ^c	17,29 ^a	19,57 ^c	17,83 ^{ab}	17,86 ^{ab}	18,73 ^{bc}	18,18 ^{abc}	18,40 ^{abc}	19,34 ^c	0,31
KDV (% ST)	20,78 ^a	22,78 ^b	20,35 ^a	22,79 ^b	20,80 ^a	20,96 ^{ac}	21,83 ^{ab}	21,33 ^{ab}	21,33 ^{ab}	22,48 ^{bc}	0,39
NDV (% ST)	38,09 ^a	41,97 ^b	37,34 ^a	41,97 ^b	38,84 ^a	38,77 ^a	39,80 ^{ab}	39,23 ^{ac}	39,78 ^{abc}	41,50 ^{bc}	0,59
KDL (% ST)	1,61 ^{ac}	1,71 ^{bc}	1,53 ^a	1,74 ^c	1,59 ^{ac}	1,56 ^{ab}	1,65 ^{ac}	1,57 ^{ab}	1,51 ^a	1,63 ^{ac}	0,04
Škrob (% ST)	34,14 ^a	30,70 ^{bc}	34,59 ^a	30,32 ^{bc}	32,93 ^{ab}	33,50 ^{ab}	32,28 ^{ab}	33,42 ^{ab}	32,78 ^{ab}	28,80 ^c	0,74
pH	3,87 ^{ab}	3,94 ^b	3,79 ^a	3,88 ^{ab}	3,83 ^{ac}	3,89 ^{bc}	3,84 ^{ac}	3,89 ^{bc}	3,90 ^{bc}	3,84 ^{ac}	0,02
Octena kis. (g/kg ST)	19,97 ^{ac}	19,28 ^a	20,92 ^{ad}	22,75 ^{bd}	20,61 ^{abc}	19,76 ^{ac}	21,92 ^{cd}	19,05 ^a	22,00 ^{cd}	23,32 ^d	0,06
Mliječna kis. (g/kg ST)	57,28 ^{ac}	49,23 ^b	62,08 ^{cd}	56,90 ^{bcd}	56,64 ^{bcd}	53,45 ^{ab}	56,15 ^{bcd}	51,09 ^{ab}	55,80 ^{abc}	63,93 ^d	1,86
NEL (MJ/kg ST)	6,66 ^{ab}	6,64 ^a	6,87 ^c	6,63 ^a	6,73 ^{abc}	6,73 ^{abc}	6,73 ^{abc}	6,78 ^{bc}	6,84 ^c	6,68 ^{ab}	0,03

^{a,b,c,d} Vrijednosti u istom redu tablice označene različitim slovima značajno se razlikuju (P<0,05)

Najbolja vrijednost za parametar škrob (34,59% ST) utvrđena je u Bjelovarsko-bilogorskoj županiji i nije se značajno razlikovala od vrijednosti (34,14; 32,93; 33,50; 32,28; 33,42; 32,78% ST) utvrđenih u Međimurskoj, Koprivničko-križevačkoj, Zagrebačkoj, Varaždinskoj, Krapinsko-zagorskoj, Istarskoj županiji ($P>0,05$), dok se je značajno razlikovala sa preostalim županijama ($P<0,05$).

Istovjetna vrijednost za parametar pH vrijednost (3,89) utvrđena je kod Zagrebačke i Krapinsko-zagorske županije i ta se vrijednost značajno razlikovala od vrijednosti utvrđene u Bjelovarsko-bilogorskoj županiji ($P<0,05$). Zanimarive razlike od 0,01 utvrđene su između Zagrebačke i Požeško-slavonske županije, te Krapinsko-zagorske i Istarske županije ($P>0,05$). Najlošija vrijednost od 3,79 utvrđena u Bjelovarsko-bilogorskoj županiji značajno se razlikovala od vrijednosti utvrđenih u Brodsko-posavskoj, Zagrebačkoj, Krapinsko-zagorskoj i Istarskoj županiji ($P<0,05$), dok se je samo zanemarivo razlikovala od preostalih županija ($P>0,05$).

S obzirom na parametar octenu kiselinu najveća vrijednost (23,32 g/kg ST) utvrđena je u Osječko-baranjskoj županiji i značajno ($P<0,05$) se razlikovala od vrijednosti utvrđenih u Međimurskoj, Brodsko-posavskoj, Koprivničko-križevačkoj, Zagrebačkoj i Krapinsko-zagorskoj županiji. Utvrđena razlika od 0,08 g/kg ST između Istarske i Varaždinske županije nije bila značajna ($P>0,05$). Najmanja vrijednosti od 19,05 g/kg ST utvrđena u Krapinsko-zagorskoj županiji značajno se razlikovala od vrijednosti (22,75; 21,92; 22,00; 23,32 g/kg ST) utvrđenih u Požeško-slavonskoj, Varaždinskoj, Istarskoj i Osječko-baranjskoj županiji ($P<0,05$).

Za parametar mliječnu kiselinu najpovoljnija vrijednost utvrđena je u Osječko-baranjskoj županiji (63,93 g/kg ST), te se značajno razlikovala od vrijednosti utvrđenih u Međimurskoj, Brodsko-posavskoj, Zagrebačkoj, Krapinsko-zagorskoj, Istarskoj županiji ($P<0,05$). Vrijednosti 56,90; 56,64 i 56,15 g/kg ST utvrđene u Požeško-slavonskoj, Koprivničko-križevačkoj i Varaždinskoj županiji nisu se značajno razlikovale niti od jedne istraživane županije ($P>0,05$). Najlošija vrijednost utvrđena je u Brodsko-posavskoj županiji (49,23 g/kg ST) i ona se nije značajno razlikovala od vrijednosti utvrđenih u Požeško-slavonskoj, Koprivničko-križevačkoj, Zagrebačkoj, Varaždinskoj, Krapinsko-zagorskoj i Istarskoj županiji ($P>0,05$).

Kod parametra neto energije identična vrijednost (6,73 MJ/kg ST) utvrđena je u Koprivničko-križevačkoj, Zagrebačkoj i Varaždinskoj županiji, te se navedena vrijednost nije značajno razlikovala od vrijednosti utvrđenih kod preostalih županija ($P>0,05$). Gotovo identične, najlošije vrijednosti (6,63 MJ/kg ST i 6,64 MJ/kg ST) utvrđene su u Požeško-

slavonskoj i Brodsko-posavskoj županiji i značajno ($P < 0,05$) su se razlikovale od vrijednosti utvrđenih kod Bjelovarsko-bilogorske, Krapinsko zagorske i Istarske županije, dok su se samo zanemarivo razlikovale od svih ostalih istraživanih županija ($P > 0,05$). Utvrđena razlika od 0,19 MJ/kg ST između Osječko-baranjske i Bjelovarsko-bilogorske, kao i nešto manja razlika od 0,16 MJ/kg ST između Osječko-baranjske i Istarske županije bile su značajne ($P < 0,05$).

Udjeli kvalitativnih parametara (unutar i izvan referentnih vrijednosti) kukuruzne silaže s obzirom na istraživane županije prikazani su u tablici 8.

Najveći udio izvan referentnih vrijednosti (86,67%) utvrđen je za parametar pH vrijednosti u Osječko-baranjskoj županiji, dok je najveći udio unutar referentnih vrijednosti (100%) utvrđen za parametar sirovi protein u Bjelovarsko-bilogorskoj, Koprivničko-križevačkoj, Zagrebačkoj, Varaždinskoj i Istarskoj županiji, te za parametar kiseli detergent lignin (100%; tablica 8.) u Brodsko-posavskoj, Požeško-slavonskoj, Zagrebačkoj, Varaždinskoj, Istarskoj i Osječko-baranjskoj županiji.

Između različitih županija, značajne razlike ($P < 0,05$; tablica 8.) su utvrđene za parametre: sirovi pepeo, sirova vlakna, neutralna detergent vlakna, škrob, pH vrijednost, octenu kiselinu, mliječnu kiselinu, neto energiju, dok su za preostale parametre (suha tvar, sirovi protein, kisela detergent vlakna i kiseli detergent lignin) utvrđene samo zanemarive razlike ($P > 0,05$; tablica 8.).

Za parametar suha tvar unutar referentnih vrijednosti najveći udio (65,33%) utvrđen je u Bjelovarsko-bilogorskoj županiji, dok su identični omjeri unutar i izvan referentnih vrijednosti (60 : 40%) utvrđeni kod Istarske i Osječko-baranjske županije. Najveći udio izvan referentnih vrijednosti (50,67%) utvrđen je u Brodsko-posavskoj županiji. Između različitih županija nisu utvrđene značajne razlike ($P > 0,05$; tablica 8.).

Kod parametra sirovi protein istovjetni omjeri (100 : 0%) unutar i izvan referentnih vrijednosti utvrđeni su u Bjelovarsko-bilogorskoj, Koprivničko-križevačkoj, Zagrebačkoj, Varaždinskoj i Istarskoj županiji i nisu se značajno razlikovali od sličnih omjera (98,67 : 1,33%) utvrđenih u Međimurskoj, Brodsko-posavskoj i Krapinsko-zagorskoj županiji ($P > 0,05$; tablica 8.). Najviši udio izvan referentnih vrijednosti utvrđen je u Osječko-baranjskoj županiji, no značajne razlike između županija nisu utvrđene ($P > 0,05$; tablica 8.).

S obzirom na parametar sirovi pepeo utvrđeni su zanemarivi odnosi (% unutar : % izvan referentnih vrijednosti) između Međimurske, Brodsko-posavske, Bjelovarsko-bilogorske, Koprivničko-križevačke, Zagrebačke, Varaždinske, Krapinsko-zagorske i Istarske županije ($P > 0,05$; tablica 8.). Najmanji udio izvan referentnih vrijednosti (21,33%)

utvrđen je u Zagrebačkoj županiji i značajno je različit od udjela utvrđenih u Požeško-slavonskoj i Osječko-baranjskoj županiji ($P < 0,05$; tablica 8.). Najmanji udio za sirovi pepeo unutar referentnih vrijednosti (36,67%) utvrđen je u Požeško-slavonskoj županiji i značajno je različit od udjela utvrđenih u Međimurskoj, Brodsko-posavskoj, Bjelovarsko-bilogorskoj, Koprivničko-križevačkoj, Zagrebačkoj, Varaždinskoj i Krapinsko-zagorskoj županiji ($P < 0,05$; tablica 8.). Između Požeško-slavonske, Istarske i Osječko-baranjske županije za sirovi pepeo utvrđeni su zanemarivi postotni odnosi ($P > 0,05$; tablica 8.).

Za parametar sirova vlakna najveći udio izvan referentnih vrijednosti (62,67%) utvrđen je u Osječko-baranjskoj županiji i značajno je različit u odnosu na vrijednosti ostalih istraživanih županija ($P < 0,05$; tablica 8.). Utvrđena razlika od 1,66% između Istarske i Požeško-slavonske županije nije bila značajna ($P > 0,05$; tablica 8.). Najpovoljniji udio unutar referentnih vrijednosti (93,33%) utvrđen je u Istarskoj županiji i značajno je različit od udjela utvrđenih u Bjelovarsko-bilogorskoj i Osječko-baranjskoj županiji ($P < 0,05$; tablica 8.).

Identični, najveći omjeri (50 : 50%) unutar i izvan referentnih vrijednosti za parametar kisela detergent vlakna utvrđeni su u Požeško-slavonskoj i Istarskoj županiji, kao i omjeri (38,67 : 61,33%) utvrđeni kod Zagrebačke i Osječko-baranjske županije. Najmanji udio (30,67%) unutar referentnih vrijednosti utvrđen je u Bjelovarsko-bilogorskoj županiji. U pogledu postotnih udjela između svih istraživanih županija utvrđene su zanemarive razlike ($P > 0,05$; tablica 8.).

Najmanji udio unutar referentnih vrijednosti (26,67%) za parametar neutralna detergent vlakna utvrđen je u Istarskoj županiji i značajno je različit od udjela utvrđenih u Zagrebačkoj županiji ($P < 0,05$; tablica 8.). Jednaki omjeri (33,33 : 66,67%) unutar i izvan referentnih vrijednosti utvrđeni su kod Brodsko-posavske i Požeško-slavonske županije i oni se značajno razlikuju od omjera utvrđenog kod Zagrebačke županije ($P < 0,05$; tablica 8.), dok se samo zanemarivo razlikuju od svih preostalih županija ($P > 0,05$; tablica 8.). Između preostalih županija za navedeni parametar utvrđene su samo zanemarive razlike ($P > 0,05$; tablica 8.).

S obzirom na parametar kiseli detergent lignin u svim županijama zabilježeni su visoki udjeli (od 97,33 do 100%; tablica 8.) unutar referentnih vrijednosti.

Tablica 8. Udjeli kvalitativnih parametara (unutar i izvan referentnih vrijednosti) kukuruzne silaže s obzirom na istraživane županije

ŽUPANIJA	%	ST, %	SP, % ST	SPep, % ST	SV, % ST	KDV, % ST	NDV, % ST	KDL, % ST	ŠKROB, % ST	pH	Octena kis., g/kg ST	Mliječna kis., g/kg ST	NEL, MJ/kg ST
Međimurska	Unutar ref. vrijed.	52	98,67	74,67	72	33,33	48	98,67	89,33	26,67	46,67	70,67	66,67
	Izvan ref. vrijednosti	48	1,33	25,33 ^a	28 ^{ab}	66,67	52 ^{ab}	1,33	10,67 ^a	73,33 ^{ab}	53,33 ^{ab}	29,33 ^{acd}	33,33 ^{ab}
Brodsko-posavska	Unutar ref. vrijed.	49,33	98,67	61,33	78,67	49,33	33,33	100	68	38,67	36	46,67	54,67
	Izvan ref. vrijednosti	50,67	1,33	38,67 ^a	21,33 ^{ab}	50,67	66,67 ^b	0	32 ^b	61,33 ^b	64 ^a	53,33 ^b	45,33 ^b
Bjelovarsko-bilogorska	Unutar ref. vrijed.	65,33	100	68	64	30,67	57,33	96	96	14,67	62,67	81,33	85,33
	Izvan ref. vrijednosti	34,67	0	32 ^a	36 ^a	69,33	42,67 ^{ab}	4	4 ^a	85,33 ^a	37,33 ^b	18,67 ^{ad}	14,67 ^a
Požeško-slavonska	Unutar ref. vrijed.	70	98,33	36,67	91,67	50	33,33	100	68,33	26,67	66,67	70	58,33
	Izvan ref. vrijednosti	30	1,67	63,33 ^b	8,33 ^b	50	66,67 ^b	0	31,67 ^b	73,33 ^{ab}	33,33 ^b	30 ^{abd}	41,67 ^{bc}
Koprivničko-križevačka	Unutar ref. vrijed.	56	100	77,33	70,67	42,67	41,33	97,33	81,33	21,33	46,67	65,33	74,67
	Izvan ref. vrijednosti	44	0	22,67 ^a	29,33 ^{ab}	57,33	58,67 ^{ab}	2,67	18,67 ^{ab}	78,67 ^{ab}	53,33 ^{ab}	34,67 ^{ab}	25,33 ^{ab}
Zagrebačka	Unutar ref. vrijed.	54,67	100	78,67	76	38,67	62,67	100	86,67	26,67	41,33	64	81,33
	Izvan ref. vrijednosti	45,33	0	21,33 ^a	24 ^{ab}	61,33	37,33 ^a	0	13,33 ^a	73,33 ^{ab}	58,67 ^{ab}	36 ^{ab}	18,67 ^a
Varaždinska	Unutar ref. vrijed.	57,33	100	73,33	84	48	45,33	100	76	20	64	70,67	78,67
	Izvan ref. vrijednosti	42,67	0	26,67 ^a	16 ^{ab}	52	54,67 ^{ab}	0	24 ^{ab}	80 ^{ab}	36 ^b	29,33 ^{acd}	21,33 ^{ac}
Krapinsko-zagorska	Unutar ref. vrijed.	52	98,67	76	80	44	50,67	98,67	89,33	26,67	37,33	52	81,33
	Izvan ref. vrijednosti	48	1,33	24 ^a	20 ^{ab}	56	49,33 ^{ab}	1,33	10,67 ^a	73,33 ^{ab}	62,67 ^a	48 ^{bc}	18,67 ^a
Istarska	Unutar ref. vrijed.	60	100	60	93,33	50	26,67	100	83,33	23,33	60	83,33	86,67
	Izvan ref. vrijednosti	40	0	40 ^{ab}	6,67 ^b	50	73,33 ^b	0	16,67 ^{ab}	76,67 ^{ab}	40 ^{ab}	16,67 ^{ad}	13,33 ^a
Osječko-baranjska	Unutar ref. vrijed.	60	96	37,33	37,33	38,67	38,67	100	62,67	13,33	57,33	89,33	66,67
	Izvan ref. vrijednosti	40	4	62,67 ^b	62,67 ^c	61,33	61,33 ^{ab}	0	37,33 ^b	86,67 ^a	42,67 ^{ab}	10,67 ^d	33,33 ^{ab}

^{a,b,c,d} Vrijednosti u istom stupcu tablice označene različitim slovima značajno se razlikuju (P<0,05)

Istovjetni omjeri (100 : 0%) unutar i izvan referentnih vrijednosti za parametar kiseli detergent lignin utvrđeni su u Brodsko-posavskoj, Požeško-slavonskoj, Zagrebačkoj, Varaždinskoj, Istarskoj, Osječko-baranjskoj županiji, kao i u Međimurskoj i Krapinsko-zagorskoj županiji (98,67 : 1,33%). Između županija nisu utvrđene značajne razlike ($P > 0,05$).

Najveći udio izvan referentnih vrijednosti za parametar škrob utvrđen je u Osječko-baranjskoj županiji (37,33%) i bio je značajno veći od udjela utvrđenih u Međimurskoj, Bjelovarsko-bilogorskoj, Zagrebačkoj i Krapinsko-zagorskoj županiji ($P < 0,05$). Identični omjeri (89,33 : 10,67%) unutar i izvan referentnih vrijednosti utvrđeni kod Međimurske i Krapinsko-zagorske županije značajno su se razlikovali ($P < 0,05$) od omjera (68,32 : 32%; 68,33 : 31,67% i 62,67 : 37,33%) utvrđenih kod Brodsko-posavske, Požeško-slavonske i Osječko-baranjske županije, te zanemarivo od preostalih županija ($P > 0,05$). Najpovoljniji udio unutar referentnih vrijednosti utvrđen je u Bjelovarsko-bilogorskoj županiji i bio je značajno različit od udjela utvrđenih u Brodsko-posavskoj, Požeško-slavonskoj i Osječko-baranjskoj županiji ($P < 0,05$). Utvrđeni udjeli između ostalih istraživanih županija nisu bili značajni ($P > 0,05$).

S obzirom na parametar pH vrijednost kod svih županija zabilježeni su niski udjeli (u rasponu od 13,33 do 38,67%) unutar referentnih vrijednosti. Isti omjeri (26,67 : 73,33%) utvrđeni u Međimurskoj, Požeško-slavonskoj, Zagrebačkoj i Krapinsko-zagorskoj županiji nisu se značajno razlikovali od omjera utvrđenih kod ostalih županija ($P > 0,05$). Najveći udio unutar referentnih vrijednosti (38,67%) utvrđen u Brodsko-posavskoj županiji bio je značajno različit od udjela utvrđenih u Bjelovarsko-bilogorskoj i Osječko-baranjskoj županiji ($P < 0,05$).

Kod parametra octene kiseline najmanji udio unutar referentnih vrijednosti (36%) utvrđen je u Brodsko-posavskoj županiji i bio je značajno različit od udjela utvrđenih u Bjelovarsko-bilogorskoj, Požeško-slavonskoj i Varaždinskoj županiji ($P < 0,05$). Najmanji udio izvan referentnih vrijednosti od 33,33% utvrđen je u Požeško-slavonskoj županiji i značajno je različit ($P < 0,05$) od udjela utvrđenih u Brodsko-posavskoj i Krapinsko-zagorskoj županiji. Između svih preostalih omjera nisu utvrđene značajne razlike ($P > 0,05$).

Najlošiji omjer za parametar mliječne kiseline utvrđen je u Brodsko-posavskoj županiji (53,33 : 46,67%) i značajno je različit od omjera utvrđenih u Međimurskoj, Bjelovarsko-bilogorskoj, Varaždinskoj, Istarskoj i Osječko-baranjskoj županiji ($P < 0,05$). Najbolji omjer (89,33 : 10,67%) utvrđen je u Osječko-baranjskoj županiji i značajno je različit ($P < 0,05$) od omjera utvrđenih u Brodsko-posavskoj, Koprivničko-križevačkoj,

Zagrebačkoj, Krapinsko-zagorskoj županiji, dok nije značajno različit od preostalih istraživanih županija ($P > 0,05$). Identični omjeri unutar i izvan referentnih vrijednosti od 70,67 : 29,33% značajno su se razlikovali samo od Brodsko-posavske županije ($P < 0,05$).

Za parametar neto energiju jednaki omjeri (66,67 : 33,33%) unutar i izvan referentnih vrijednosti utvrđeni su kod Međimurske i Osječko-baranjske županije i navedeni omjeri se nisu značajno razlikovali sa niti jednom od istraživanih županija ($P > 0,05$). Najpovoljniji (najmanji) udio izvan referentnih vrijednosti za parametar neto energije (13,33%) utvrđen je u Istarskoj županiju i nije se značajno razlikovao od udjela utvrđenih u Međimurskoj, Bjelovarsko-bilogorskoj, Koprivničko-križevačkoj, Zagrebačkoj, Varaždinskoj, Krapinsko-zagorskoj i Osječko-baranjskoj županiji ($P > 0,05$), dok se značajno razlikovao od udjela (45,33 i 41,67%) utvrđenih kod Brodsko-posavske i Požeško-slavonske županije ($P < 0,05$). Brodsko-posavska županija sa utvrđenim udjelom unutar referentnih vrijednosti od 54,67% značajno se razlikuje od udjela utvrđenih kod Bjelovarsko-bilogorske, Zagrebačke, Varaždinske, Krapinsko-zagorske i Istarske županije ($P < 0,05$).

4.3. Rasprava

Na temelju provedene analize trogodišnjih rezultata može se zaključiti kako su godine, ali i županije (geografski položaj) za koje je provedeno istraživanje imale značajan utjecaj na kvalitativna svojstva kukuruzne silaže.

Prosječna vrijednost suhe tvari, koja u značajnoj mjeri određuje prinos, hranjivu vrijednost, a i pogodnost odvijanja procesa siliranja, bila je vrlo dobra (35,48%), što je u skladu s ranije utvrđenim prosjekom kukuruzne silaže u RH (Grbeša, 2001). Osim navedenoga, količina suhe tvari u krmivu je vrlo važan parametar, jer, pored već spomenutih prinosa i hranjive vrijednosti krmiva, o njoj ovisi i kvarljivost, kao i mogućnost i dužina skladištenja (Spiker i sur., 2009; Kirchgeßner i sur., 2011; Pintić i sur., 2016). Krmiva s manje suhe tvari, tj. više vode, imaju manju hranjivu vrijednost, pogodniji su medij za razvoj mikroorganizma (bakterija i pljesni) i drugih procesa kvarenja, pri čemu se oslobađaju produkti (bakterijski toksini, mikotoksini, raspadni produkti hranjivih tvari) koji mogu umanjiti ukusnost krmiva ili pak štetno djelovati na zdravlje životinja (Pintić i sur., 2016). U ovom istraživanju najmanja prosječna vrijednost za parametar suhe tvari (35,43%), kao i postotni omjeri utvrđeni su u 2022. godini, dok su najmanje prosječne vrijednosti s ispod 35% utvrđene u Požeško-slavonskoj, Varaždinskoj i Istarskoj županiji. Također, najviši udjeli gdje je više od jedne trećine uzoraka bilo izvan referentne vrijednosti su utvrđeni gotovo kod svih županija, izuzev Požeško-slavonske županije. Na ovakve rezultate veliki utjecaj mogu imati: vremenske prilike tijekom vegetacije, različiti datumi žetve, različiti stadiji zrelosti, naknadne sjetve, siliranja različitih hibrida (tvrduci, zubani), raznovrsne vegetacijske grupe (Dado, 1999), gnojidbe različitim vrstama i količinama gnojiva (Moss i sur., 2001), različiti mikroagroekološki uvjeti te različita dužina sjeckanja biljne mase kod siliranja (Bal i sur., 2000).

Iako se za kukuruznu silažu, ni po količini ni po kvaliteti, ne može reći da je proteinsko krmivo, ona ipak predstavlja značajan izvor ukupnih proteinskih potreba mliječnih životinja s obzirom na njezin visok udio u obroku, te se od visokokvalitetne kukuruzne silaže očekuje udio proteina veći od 7,5% (NRC, 2001). Prema rezultatima ovoga istraživanja, prosječna proteinska vrijednost iznosila je 6,69% ST, što je u granici optimalnih vrijednosti (< 9%), gdje je svega 1,16% uzoraka bilo izvan referentnih vrijednosti. Prema Chamberlainu i Wilkinsonu (1996) idealan sadržaj sirovog proteina kukuruzne silaže trebao bi biti viši od 7% ST, u što se ne uklapa prosječan sadržaj sirovog proteina analiziranih uzoraka od 6,69% ST. U ovom istraživanju kroz sve tri istraživane godine prosječne

vrijednosti kretale su se od 6,51 do 6,92% ST. Statistički značajno najveća vrijednost proteina u ovom istraživanju utvrđena je u 2022. godini. Kroz sve tri godine istraživanja utvrđeni su vrlo visoki udjeli unutar referentnih vrijednosti u rasponu od 97,83 do 99,57%. Najveća srednja vrijednost je utvrđena u Osječko-baranjskoj županiji i ona se statistički značajno razlikovala od svih istraživanih županija, izuzev Brodsko-posavske županije. Prema DLG sustavu klasifikacije, kod istraživanih županija utvrđeni su mali udjeli (0-4%) izvan referentnih vrijednosti.

Silaža kukuruza pri 32% ST sadržava i malo (4-5%) pepela. Pepeo je viši u mliječnoj nego caklavoj zriobi i njegova koncentracija tijekom sazrijevanja biljke opada vrlo malo od 0,5 do 2% (Grbeša, 2016). Povećan sadržaj pepela upućuje na onečišćenje česticama tla i može uzrokovati kvarenje silaže i smanjenu konzumaciju. Prema Ward (2011), kukuruzna silaža u prosjeku sadržava oko 4,4% sirovog pepela, a pri kontaminaciji česticama tla sadržaj može biti i do 10%. Prosječna vrijednost pepela u analiziranim silažama bila je zadovoljavajuća (3,81% ST), s 64,93% uzoraka koji su bili unutar referentnih vrijednosti, što upućuje da silaža nije bila onečišćena česticama tla. U ovom istraživanju kroz sve tri godine prosječne vrijednosti za sirovi pepeo bile su ispod 4% ST i kretale su se u zadovoljavajućem rasponu, od 3,82 do 3,92% ST. S druge strane, gledajući % udjele po godinama, može se reći da je još uvijek dosta veliki postotak, od 31,74 do 40,43% bio izvan referentnih vrijednosti, što ukazuje na činjenicu da prilikom procesa proizvodnje silaža treba obratiti veću pozornost na higijenski aspekt proizvodnje silaža. Spiker i sur. (2009) navode da najčešće do kontaminacije silaža patogenim bakterijama i plijesnima dolazi od čestica tla koje se na silažnu masu najčešće prenose onečišćenim gumama kotača strojeva. Isti autori ističu da prilikom procesa sabijanja silažne mase treba voditi osobito brigu o higijeni strojeva kojima se silažna masa sabija. U ovom istraživanju najnepovoljnije, gotovo identične, srednje vrijednosti za parametar sirovi pepeo utvrđene su u Osječko-baranjskoj i Požeško-slavonskoj županiji, kao i postotni udjeli gdje je svega 33,67%, tj. 37,33% ispitanih uzoraka bilo unutar referentnih vrijednosti. Također je bitno navesti da su osim navedenih županija i Istarske županije (60%), sve ostale županije imale statistički značajno veći udio unutar referentnih vrijednosti koji se kretao u rasponu od 68 do 77,33%.

Sirova vlakna su teško probavljive ugljikohidratne tvari i njihov sadržaj je u negativnoj korelaciji s probavljivošću hranjivih tvari u krmivu i količinom iskoristive energije za životinje (Pintiće i sur., 2016). Općenito se može reći da krmiva koja sadrže malo sirovih vlakana se probavljaju vrlo dobro i svrstavaju se u krmiva visoke probavljivosti (Pintiće i sur., 2016). Ukoliko krmivo sadrži više sirovih vlakana, to je udio probavljivih tvari, a time i udio

iskoristive energije u krmivu manji. No, treba napomenuti da je određena količina sirovih vlakana potrebna za normalno odvijanje probave životinja i da su krmiva s većom količinom sirovih vlakana pogodnija u hranidbi preživača, jer se sirova vlakna znatno bolje probavljaju pod utjecajem enzima mikroflore buraga (Pintiće i sur., 2016). Prosječna vrijednost sirovih vlakana u ovom istraživanju iznosila je zadovoljavajućih 18,42% ST, što je vrijednost izvrsne kukuruzne silaže koju životinje rado konzumiraju i dobro iskorištavaju. U okvirima referentnih vrijednosti sirovih vlakana nalazilo se 75,07% uzoraka silaže. Na količinu sirovih vlakana, posebice lignina kao neprobavljive tvari kukuruza se može utjecati i visinom reza stabljike biljke. Višom košnjom (rezom) se smanjuju prinosi kukuruzne silaže, ali se odbacuje dio biljke koji sadrži najviše lignina, te se na taj način postiže bolji stupanj probavljivosti kukuruzne silaže kod životinja (Spiker i sur., 2009; Kirchgeßner i sur., 2011; Kolar i sur., 2022). DLG (2006) navodi da svako povećanje za 10 cm visine košnje (reza), poveća sadržaj ST za oko 1%, dok se energetska koncentracija poveća za oko 0,1 MJ NEL/kg ST, pri čemu su niži dijelovi biljke prirodno više doprinosili ovom učinku. Prema ovom istraživanju statistički značajno najlošija srednja vrijednost je utvrđena u 2022. godini, dok je najmanji postotak unutar referentnih vrijednosti utvrđen u 2021. godini. Najveće srednje vrijednosti utvrđene su u Požeško-slavonskoj, Brodsko-posavskoj i Osječko-baranjskoj županiji i statistički su se značajno razlikovale od gotovo svih ostalih županija, izuzev Varaždinske, Krapinsko-zagorske i Istarske županije. Što se tiče postotnog udjela, statistički značajno najlošiji omjer je utvrđen kod Osječko-baranjske županije, gdje je svega 37,33% uzoraka imalo poželjan udio sirovih vlakana, tj. bilo je unutar referentnih vrijednosti.

Osim sirovih vlakana, utvrđena je i prosječna vrijednost za neutralna detergent vlakna (NDV) koja je iznosila 39,68% ST, zatim prosječna vrijednost za kisela detergent vlakana (KDV) od 21,52% ST, te kiselog detergent lignina (KDL) od 1,61% ST, pri čemu su i kod ovih pokazatelja zabilježene prosječne vrijednosti koje odgovaraju razredu izvrsne silaže (Domaćinović i Solić, 2019.). U skladu s ovim istraživanjem, Khan i sur. (2015) su u silaži kukuruza dobili vrijednost neutralnih detergent vlakana od 38,6% ST, odnosno kiselih detergent vlakana od 21,3% ST, dok poželjna vrijednost neutralnih detergent vlakana prema Chamberlainu i Wilkinsonu (1996) iznosi 38,0% ST. U ovom istraživanju statistički značajno najveće srednje vrijednosti za parametre KDV i NDV su utvrđene u 2022. godini. Statistički značajno najveća srednja vrijednost neprobavljive hranjive tvari, lignina (mjerena KDL u % ST) utvrđena je u 2020. godini, dok je statistički značajno najbolja vrijednost utvrđena u 2021. godini. Vrijednosti NDV-a povećavaju se s nižim udjelom zrna ili siliranjem nedozrelog kukuruza, a i njegovo povećanje je u negativnoj korelaciji s

konzumacijom (smanjuje se konzumacija silaže kukuruza), dok se vrijednosti KDV-a povećavaju s nižim udjelom zrna, te stresom kojeg biljke dožive tijekom vegetacije, što je u negativnoj korelaciji s probavljivošću (smanjuje se probavljivost silaže kukuruza) i energetske vrijednosti (Vranić, 2022). U ovom istraživanju najveći udio izvan referentnih vrijednosti parametra KDV-a je utvrđen u 2021. godini i značajno se razlikovao od najmanjeg udjela utvrđenog u 2022., dok se samo zanemarivo razlikovao od vrijednosti utvrđene u 2020. godini. Kod parametra NDV-a statistički značajno najmanji udio unutar referentnih vrijednosti je utvrđen u 2022. godini. Kod postotnog udjela KDL-a u 2020. godini niti jedan uzorak nije bio izvan referentnih vrijednosti. Najveći udio izvan referentnih vrijednosti kod KDL-a je utvrđen u 2021. godini i značajno se razlikovao od udjela u 2020. godini. U Bjelovarsko-bilogorskoj, Međimurskoj, Koprivničko-križevačkoj i Zagrebačkoj županiji utvrđene su najniže vrijednosti za parametar KDV, čije su srednje vrijednosti bile ispod referentne vrijednosti od 21% ST, dok su u svim ostalim istraživanim županijama srednje vrijednosti bile unutar referentnih vrijednosti od 25% ST. Za isti parametar kod istraživanih županija utvrđeni su vrlo mali postotci (od 33 do 50%) unutar referentnih vrijednosti. Za parametar NDV tri županije su (Brodsko-posavska, Požeško-slavonska i Osječko-baranjska) imale srednje vrijednosti iznad referentnih vrijednosti za razliku od svih preostalih županija kod kojih su srednje vrijednosti bile unutar referentnih vrijednosti. Izuzev tri županije (Bjelovarsko-bilogorske, Zagrebačke i Krapinsko-zagorske) kod kojih su veći postotni udjeli NDV-a bili unutar referentnih vrijednosti (50,67-62,67%), kod preostalih županija veći postotni udjeli su bili izvan referentnih vrijednosti (52-73,33%). Kod parametra KDL sve utvrđene srednje vrijednosti kod županija bile su unutar referentnih vrijednosti i svega su mali postotni udjeli bili izvan referentnih vrijednosti.

S obzirom na vrijednosti prethodno prikazanih pokazatelja, potvrđena je očekivano dobra i prosječna vrijednost škroba analiziranih silaža kukuruza (32,36% ST), uz svega jedne petine (prosječno 19,86%) uzoraka čije su vrijednosti bile izvan referentnih. Gotovo identičnu vrijednost škroba (33,9% ST) u silaži kukuruza dobili su Khan i sur. (2015). Značajnije niže rezultate u usporedbi s ovim istraživanjem dobili su Linn i sur. (2006), kod kojih je u silaži kukuruza zabilježeno tek 29,5% ST škroba. Utvrđeno je da su analizirani uzorci kukuruznih silaža bogati škrobom, no širok raspon sadržaja škroba u analiziranim uzorcima ukazuje na neujednačenost kvalitete silaže cijele biljke kukuruza na farmama što je u skladu s ranijim istraživanjima (Zurak i sur., 2018). U kukuruznoj silaži poželjan je veći sadržaj škroba zbog energetske vrijednosti silaže. Kako se zrenjem silažnoga kukuruza povećava udio suhe tvari, u njoj izraženije raste udio škroba, koji rezultira boljom

probavljivošću. Uobičajeni sadržaj škroba u uzorcima kukuruznih silaža sadržaja suhe tvari od 28% ST svježeg uzorka je 24% ST i raste s odgađanjem roka košnje biljke kukuruza (Leaver, 1992). U ovom istraživanju kroz sve tri godine prosječne vrijednosti za parametar škroba kretale su se od 29,52 do 34,04% ST. Statistički značajno najniža prosječna vrijednost za parametar škroba utvrđena je u 2022. godini, dok razlika od 0,51% ST uočena između 2020. i 2021. godine nije bila značajna. Statistički najbolji omjeri utvrđeni su u 2020. i 2021. godini i značajno su se razlikovali od omjera utvrđenog u 2022. godini, kada je nešto više od jedne trećine uzoraka bilo izvan referentnih vrijednosti. Na koncentraciju škroba se može vrlo dobro utjecati prvenstveno odabirom sorti, kao i vremenom berbe. Prema navedenom, Spiker i sur. (2009) za proizvodnju silažnog kukuruza preporučuju odabir hibrida koji su bogati škrobom, koji brzo dozrijevaju i koji su prilagođeni određenoj lokaciji. Spiker i sur. (2009) navode da bi koncentracija škroba u kukuruznoj silaži trebala biti najmanje 30%. U ovom istraživanju kod svih županija utvrđene srednje vrijednosti za škrob bile su iznad DLG-ovih referentnih vrijednosti od 28% i kretale su se u rasponu od 28,80 do 34,59% ST. Najniža koncentracija kroz sve tri istraživane godine je utvrđena u Osječko-baranjskoj, dok je najviša koncentracija utvrđena u Bjelovarsko-bilogorskoj županiji. Također treba navesti da su kod svih županija, izuzev Osječko-baranjske županije, utvrđene srednje vrijednosti iznosile više od 30% ST. Prema DLG-ovoj klasifikaciji od 10 istraživanih županija, samo su tri županije (Brodsko-posavska, Požeško-slavonska i Osječko-baranjska) imale više od 25% uzoraka izvan referentnih vrijednosti.

U ocjeni silaža kukuruza mjerena su pored hranidbenih i tri pokazatelja fermentacije silaže, a to su: pH vrijednost, te koncentracija octene i mliječne kiseline. Prosječna pH vrijednost 690 analiziranih silaža kukuruza bila je 3,86, što je u granicama optimalnih vrijednosti od 3,8 do 4,2 (Linn i sur., 2006), uz vrlo mala odstupanja u minimalnim (3,50) i maksimalnim vrijednostima (4,60), a to potvrđuje i vrijednost sd-a od 0,17. Prema njemačkom DLG sustavu klasifikacije referentne vrijednosti za pH vrijednost kreću se u rasponu od 4,0 do 5,0 (ovisno o sadržaju zrna ili ovisno o sadržaju suhe tvari u silaži), a u istraživanim županijama pH vrijednost se kreće u rasponu od 3,83 do 3,90, što naravno ne znači da analizirane silaže nisu zadovoljavajuće kvalitete. Za održavanje pH vrijednosti bitnu ulogu ima količina ugljikohidrata, odnosno šećera topivih u vodi. Ugljikohidrati utječu na produkciju mliječne kiseline koja ima veliku ulogu u regulaciji pH tijekom procesa fermentacije (Leto, 2015; Bal i sur., 1997). Kung i Shaver (2001) navode da se vrlo rijetko javljaju kukuruzne silaže s pH vrijednosti većom od 4,2, te da se visoke pH vrijednosti javljaju kod kukuruznih silaža s visokim sadržajem suhe tvari (> 42%), kod košnje u kasnoj

fazi zrelosti ili tijekom sušnih razdoblja. Niska pH vrijednost javlja se kod visoke proizvodnje organskih kiselina (Jones i sur., 2004), a od svih organskih kiselina nastalih fermentacijom na pH vrijednost najviše utječe mliječna kiselina zbog čega porastom sadržaja ove kiseline opada pH vrijednost silaže (Zadravec i sur., 2013). Međutim, DLG (2006) navodi da ocjenu silaža prema pH vrijednosti treba promatrati zajedno sa sadržajem suhe tvari (ST), gdje kukuruzne silaže sa nešto nižom pH vrijednošću od 4, nisu nužno lošije, posebice one silaže koje imaju niži sadržaj suhe tvari, tj. veći sadržaj vode (stabilnije su i manje podložne kvarenju), no silaže s nižom pH vrijednošću od 4 mogu vrlo negativno utjecati na konzumaciju cjelokupnog obroka u hranidbi životinja. Isti izvor navodi da silaže s manje od 30% ST moraju imati pH vrijednost do najviše 4,0 kako bi iste zbog prevelike koncentracije vode bile stabilne; silaže s 30-45% ST mogu imati pH vrijednost i do 4,5, dok silaže s preko 45% ST mogu imati pH vrijednost do najviše 5. No, treba napomenuti da prema istraživanju koje su proveli Ward i Ondarza (2000), dvije različite silaže mogu imati jednaku pH vrijednost, ali različitu koncentraciju organskih kiselina. Našim istraživanjem, identične srednje vrijednosti za parametar pH vrijednosti (3,85) utvrđene su 2020. i 2021. godine, dok je statistički najveća srednja vrijednost utvrđena 2022. godine. Statistički značajno najveći postotni udio unutar referentnih vrijednosti utvrđen je 2022. godine, dok je statistički značajno najmanji udio unutar referentnih vrijednosti utvrđen u 2021. godini. Kod županija najveća srednja vrijednost utvrđena je u Brodsko-posavskoj županiji i statistički se je značajno razlikovala samo od četiri županije (Bjelovarsko-bilogorske, Koprivničko-križevačke, Varaždinske i Osječko-baranjske), dok je najmanja srednja vrijednost utvrđena u Bjelovarsko-bilogorskoj županiji. Također je bitno navesti da je prema DLG-ovoj klasifikaciji (pH vrijednost od 4,0 do 5,0) kod svih županija utvrđen statistički značajno mali udio unutar referentnih vrijednosti koji se kretao u rasponu od 13,33 do 38,67%, tj., sve su županije imale više od 61% uzoraka izvan referentnih vrijednosti.

Octena i mliječna kiselina također su fermentativni parametri kao i pH vrijednost, te su indikatori tijeka i efikasnosti procesa siliranja. Mliječna kiselina inhibira bakterijsku aktivnost smanjujući pH, dok se octena kiselina u suvišku može pojaviti kod nepoželjnog tijeka fermentacije, te inhibira kvasce zaslužne za aerobno kvarenje. Prosječna vrijednost mliječne kiseline u analiziranim uzorcima kukuruzne silaže bila je zadovoljavajućih 56,27 g/kg ST, ali uz vrlo izražena odstupanja u minimalnim (1,90 g/kg ST) i maksimalnim vrijednostima (111 g/kg ST). Kod 31,59% uzoraka je vrijednost mliječne kiseline bila izvan referentnih vrijednosti (> 50%). U ovom istraživanju najmanja prosječna vrijednost za mliječnu kiselinu (54,77 g/kg ST), kao i postotni omjeri utvrđeni su u 2020. godini, dok je

najmanja prosječna vrijednosti s ispod 50 g/kg ST utvrđena u Brodsko-posavskoj županiji. Također, kod svih je županija izuzev Brodsko-posavske (46,67%) utvrđen statistički značajno veći udio unutar referentnih vrijednosti koji se kretao u rasponu od 64 do 89,33%. Pored mliječne kiseline, ovisno o fermentacijskom supstratu i bakterijama koje djeluju tijekom procesa siliranja stvara se i octena kiselina (DLG, 2023). U provedenom istraživanju prosječna vrijednost za parametar octene kiseline iznosila je 20,85 g/kg ST, ali kod ovog pokazatelja još je značajni postotak uzoraka (48,84%) u odnosu na mliječnu kiselinu imao nesukladne vrijednosti u odnosu na očekivane. Također, prema ovom istraživanju statistički značajno najlošija srednja vrijednost za navedeni parametar je utvrđena u 2021. godini, te se značajno razlikovala od vrijednosti utvrđenih u 2020. i 2022. godini, dok je najmanji postotak unutar referentnih vrijednosti također utvrđen u 2021. godini. Unatoč tome što viši udjeli octene kiseline osiguravaju (aerobnu) stabilnost silaže, oni se mogu negativno odraziti na konzumaciju silaže (DLG, 2023). Jedna dobra silaža trebala bi imati visoki sadržaj mliječne kiseline (min. 3-5% ovisno o ST i sadržaju SP, tj. puferskom kapacitetu), kao i max. 3% octene kiseline u ST i ne bi smjela sadržavati maslačnu kiselinu (DLG, 2023). Naime, kod županija najveća srednja vrijednost za parametar octene kiseline utvrđena je u Osječko-baranjskoj županiji i statistički se značajno razlikovala od gotovo svih ostalih županija, izuzev Bjelovarsko-bilogorske, Požeško-slavonske, Varaždinske i Istarske županije. Što se tiče postotnog udjela, statistički značajno najlošiji omjer je utvrđen kod Brodsko-posavske županije, gdje je svega 36% uzoraka imalo poželjan udio octene kiseline, tj. bilo je unutar referentnih vrijednosti, dok je najpovoljniji omjer utvrđen u Požeško-slavonskoj županiji. Iz ovoga se može zaključiti kako kod značajnoga broja silaža sam tijekom procesa fermentacije nije bio pravilan. Ove dvije kiseline u poželjnim vrijednostima korisne su i zbog visoke aerobne stabilnosti silaže (Hu i sur., 2009), a osim toga poznato je da mliječna kiselina ima pozitivno izražen baktericidni, a octena fungicidni učinak (Oude Elferink i sur., 2001).

Tehnologija proizvodnje kukuruzne silaže utječe na sadržaj neto energije (NEL). S povećanjem visine košnje usjeva kukuruza za siliranje povećava se NEL kukuruzne silaže proizvedene od usjeva kukuruza košenog u kasnijoj zrelosti. U analiziranim silažama, utvrđena je prosječna energetska vrijednost 6,72 MJ NEL/kg ST, što postižu vrlo dobre silaže. U odnosu na ostale hranidbene pokazatelje, energetska vrijednost pokazala je i najveću ujednačenost svih uzorkovanih silaža (samo 27,10% izvan referentnih vrijednosti), što se može protumačiti činjenicom da se energetska vrijednost značajnije ne mijenja s promjenom starosti biljke u vrijeme žetve. Zadržavanje energetske vrijednosti tijekom

dozrijevanja biljke nastaje zahvaljujući povećanju udjela škroba koji kompenzira energetske nepovoljan učinak lignifikacije stabljike (Domaćinović i sur., 2022). Kiš (2012) je u svojem istraživanju potvrdio prethodne tvrdnje i kod silaže kukuruza od 30,7 do 40,4% ST zabilježio minimalno povećanje energetske vrijednosti sa 6,48 na 6,68 MJ NEL/kg ST. U ovom istraživanju, identične i statistički najveće srednje vrijednosti (6,77 MJ NEL/kg ST) utvrđene su 2020. i 2021. godine. Statistički značajno najveći postotni udio unutar referentnih vrijednosti utvrđen je 2021. godine, dok je statistički značajno najmanji udio unutar referentnih vrijednosti utvrđen u 2022. godini. Energetska (hranidbena) vrijednost (u istraživanju izražena u MJ neto energiji laktacije) je pored ostalih već navedenih čimbenika također jedan od bitnijih kvalitativnih pokazatelja na koji utječe velik broj različitih čimbenika. Neki od najbitnijih čimbenika su: odabir hibrida, vrijeme berbe, visina košnje (reza), duljina sječke, sabijanje silažne mase, zatvaranje silosa itd. (Spiker i sur., 2009; Kirchgeßner i sur., 2011; Pintiće i sur 2016). U provedenom istraživanju sve utvrđene srednje vrijednosti kod istraživanih županija su bile veće od referentne vrijednosti, tj. > 6,6 MJ NEL/kg ST. Kod četiri istraživane županije (Međimurske, Brodsko-posavske, Požeško-slavonske i Osječko baranjske) utvrđena je jedna trećina uzoraka koji su bili izvan referentnih vrijednosti. Najbolji postotni udjeli (unutar i izvan referentnih vrijednosti) su utvrđeni kod Istarske, Bjelovarsko-bilogorske, Krapinsko-zagorske, Varaždinske i Koprivničko-križevačke županije, dok su najlošiji utvrđeni kod Brodsko-posavske i Požeško-slavonske, gdje je više od 41% uzoraka bilo izvan referentne vrijednosti.

5. ZAKLJUČAK

Dobiveni rezultati prosječnih vrijednosti kvalitete kukuruzne silaže s poljoprivrednih gospodarstava u deset županija RH prikupljenih u razdoblju 2020. - 2022., prikazuju da ispitivane silaže pripadaju razredu dobre silaže. Nešto veća odstupanja od prosječne vrijednosti (sd) na ukupno istraženom uzorku utvrđena su za parametar mliječne kiseline i škroba, dok su najmanja odstupanja od prosječne vrijednosti utvrđena kod parametra pH vrijednosti i neto energije.

Godine u kojima se provodilo istraživanje imale su značajan utjecaj na kvalitativne parametre kukuruzne silaže. Tijekom istraživanih godina svi su se parametri, osim pH vrijednosti nalazili unutar referentnih vrijednosti. Od kvalitativnih svojstava nešto povoljnije vrijednosti za parametar kiseli detergent lignin i škrob utvrđene su tijekom 2020., dok su identične vrijednosti za parametar pH vrijednosti utvrđene u 2020. i 2021. godini. Nešto povoljnije vrijednosti tijekom 2021. godine utvrđene su kod parametra suha tvar, dok su tijekom 2022. godine povoljnije vrijednosti utvrđene kod svih parametara osim parametra suha tvar, kiseli detergent lignin, škrob, neto energija. Što se tiče postotnog udjela, statistički značajno najveći udjeli unutar referentnih vrijednosti u 2020. godini utvrđeni su za parametre kiseli detergent lignin i sirovi protein, a najlošiji za parametar pH vrijednosti. U 2021. godini statistički značajno najpovoljniji udjeli unutar referentnih vrijednosti utvrđeni su za parametre sirovi protein, kiseli detergent lignin i NEL, dok je najmanji udio unutar referentnih vrijednosti u istoj godini utvrđen ponovno za parametar pH vrijednosti. Najmanji udjeli izvan referentnih vrijednosti u 2022. godini utvrđeni su za parametre sirovi protein i kiseli detergent lignin, dok su najmanji udjeli unutar referentnih vrijednosti utvrđeni za parametre neutralna detergent vlakana i pH vrijednost.

Županije u kojima se provodilo istraživanje također su imale značajan utjecaj na kvalitativne parametre kukuruzne silaže. Također, među istraživanim županijama svi su se parametri osim pH vrijednosti nalazili unutar referentnih vrijednosti. U Požeško-slavonskoj županiji su srednje vrijednosti za parametre sirova vlakna, kisela detergent vlakna, kiseli detergent lignin bile značajno više, dok su u Bjelovarsko-bilogorskoj županiji srednje vrijednosti za parametre sirova vlakna, kisela detergent vlakna, neutralna detergent vlakna i pH vrijednost bile značajno niže u odnosu na ostale županije. Isto tako, valja napomenuti da su kod svih županija uočeni loši omjeri (odnosi) za pojedine parametre. Kod Međimurske županije najlošiji udjeli unutar referentnih vrijednosti utvrđeni su za parametre kisela detergent vlakna i pH vrijednost; u Brodsko-posavskoj županiji za parametre neutralna

detergent vlakna, pH vrijednost i octenu kiselinu; u Bjelovarsko-bilogorskoj, Koprivničko-križevačkoj i Varaždinskoj županiji samo za parametar pH vrijednosti; u Požeško-slavonskoj županiji za sirovi pepeo, neutralna detergent vlakna, pH vrijednost; u Zagrebačkoj županiji za parametre kisela detergent vlakna i pH vrijednost; u Krapinsko-zagorskoj županiji za parametre pH vrijednost i octenu kiselinu; u Istarskoj županiji za parametre neutralna detergent vlakna i pH vrijednost, a u Osječko-baranjskoj županiji za parametre sirovi pepeo, sirova vlakna, kisela detergent vlakna, neutralna detergent vlakna i pH vrijednost. Iz navedenoga proizlazi da su u istraživanom razdoblju najbolje kukuruzne silaže proizvedene u Bjelovarsko-bilogorskoj, Koprivničko-križevačkoj i Varaždinskoj županiji, dok su najlošije proizvedene u Osječko-baranjskoj županiji.

Na temelju provedenog istraživanja može se zaključiti kako je u RH kvaliteta analiziranih silaža bila na zadovoljavajućoj razini, te da se je razlikovala po istraživanim godinama i županijama zbog klimatskih uvjeta u pojedinim godinama koje su utjecale na kvalitetu mase za siliranje, kao i na termin u kojem se siliranje moralo obaviti.

Dobivene različitosti u kvaliteti silaža ukazuju i na određene pogreške u načinu spremanja silaže, stoga je potrebno utjecati na podizanje razine svijesti o potrebi analiziranja stočne hrane i edukacijama proizvođača kako bi se iste što više smanjile.

6. LITERATURA

1. 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.
2. Bal M.A., Shaver R.D., Shinnars K.J., Coors J.G., Lauer J.G., Straub R. J., Koegl R.G. (2000): Stage of maturity, processing, and hybrid effects on ruminal in situ disappearance of whole-plant corn silage. *Animal Feed Science and Technology*, **86**; 83-94.
3. Bogičević, M. (2022): Hranidbena vrijednost kukuruznih silaža Sisačko-moslavačke županije, Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet.
4. Chamberlain A.T., Wilkinson J.M. (1996): *Feeding the Dairy Cow*. Chalcombe Publications, PainShall, Ln2 3LT, UK.
5. Dado, R.G. (1999): Nutritional benefits of specialty corn grain hybrids in dairy diets. *Journal of Dairy Science (Suppl.2)*, 197 – 207.
6. Deutsche Tiernahrung Cremer, <https://www.deuka.de/en/current/maize-silage-how-to-achieve-high-quality>, (preuzeto 10. ožujka 2024.)
7. DLG-Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft (2006): Grobfutterbewertung. Teil B - DLG-Schlüssel zur Beurteilung der Gärqualität von Grünfuttersilagen Auf Basis der chemischen Untersuchung. DLG-Information 2/2006, Frankfurt am Main.
8. DLG-Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft (2011): *Praxishandbuch Futter- und Substratkonservierung*. DLG-Verlag, 416 p; Frankfurt am Main.
9. DLG-Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft (2023): Rationoptimierung und Fütterungskontrolle bei Milchkühen. DLG -Information 1/2023, Frankfurt am Main.
10. Domaćinović, M., Solić, D. (2019): Predstavljanje prvog sustava ocjene silaže kukuruza u Hrvatskoj. XIV. Savjetovanje uzgajivača goveda u Republici Hrvatskoj, Zbornik predavanja, 7-15.
11. Domaćinović, M., Solić, D., Prakatur, I., Antunović, Z., Vranić, I., Ronta, M. (2022): Hranjiva i energetska vrijednost kukuruzne silaže na mliječnim farmama Istočne Hrvatske, *Journal of Central European Agriculture*, **23** 3; 496-506.
12. Domaćinović, M., Vranić, I., Prakatur, I., Špehar, M., Ivkić, Z., Solić, D. (2022): Nutritivna kvaliteta kukuruzne silaže na mliječnim farmama u Republici Hrvatskoj, *Poljoprivreda: znanstveno-stručni časopis*, **28** 1; 60-67.

13. DZS RH – Državni zavod za statistiku RH (2023): Statistički ljetopis Republike Hrvatske, <https://podaci.dzs.hr/2023/hr/58457>, (preuzeto 20. ožujka 2024.)
14. Eurofins Agro, Near-Infrared Spectroscopy, <https://www.eurofins-agro.com/en-gb/nir>, (preuzeto 21. ožujka 2024.).
15. Gagro, M. (1997): Ratarstvo obiteljskoga gospodarstva - žitarice i zrnate mahunarke. Hrvatsko agronomsko društvo, Zagreb.
16. Gantner, R., Bukvić, G., Steiner, Z. (2020): Proizvodnja krmnog bilja. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek, Osijek.
17. Grbeša, D. (2001): Završno izvješće projekta: Hranjiva vrijednost voluminozne krme Hrvatske. Ministarstvo poljoprivrede i šumarstva RH, 1-5.
18. Grbeša, D. (2016): Hranidbena svojstva kukuruza. Agronomski fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb.
19. Grbeša, D. (2017 b): Opća hranidba, Interna skripta, Agronomski fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb.
20. Hu, W., Schmidt R.J., McDonell E.E., Klingerman C.M., & Kung L. (2009): The effect of *Lactobacillus buchneri* 40788 or *Lactobacillus plantarum* MTD-1 on the fermentation and aerobic stability of corn silages ensiled at two dry matter contents. *Journal of Dairy Science*, **92**; 3907-3914.
21. Hrvatska agencija za poljoprivredu i hranu (2020): Četvrto natjecanje u kvaliteti kukuruzne silaže u Republici Hrvatskoj, (ur. Vranić, I.), Osijek.
22. Hrvatska agencija za poljoprivredu i hranu (2021): Peto natjecanje u kvaliteti kukuruzne silaže u Republici Hrvatskoj, (ur. Vranić, I.), Osijek.
23. Hrvatska agencija za poljoprivredu i hranu (2022): Šesto natjecanje u kvaliteti kukuruzne silaže u Republici Hrvatskoj, (ur. Vranić, I.), Osijek.
24. Institut für Futtermittel, <https://www.lufa-nord-west.de/index.cfm/article/2051.html>, (preuzeto 15. ožujka 2024.)
25. Jones, C. M., Heinrichs, A. J., Roth, G. W., Ishler, V. A. (2004): From harvest to feed: understanding silage management. University park, PA: The Pennsylvania State University, Penn State Cooperative Extension, <https://extension.psu.edu/from-harvest-to-feed-understanding-silage-management>, (preuzeto 20. svibnja 2024.)
26. Kaiser, A. G., Piltz, J.W., Burns, H. M., Griffiths, N. W. (2003): Successful Silage. Dairy Australia and New South Wales Department of Primary Industries, Orange.

27. Kavčić, T. (2021): Hranidbena vrijednost biljaka dostupnih srnama tijekom zimskog razdoblja, Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet, Zagreb.
28. Khan, N. A., Peiqiang, Y., Mubarak, A., Cone, J.W., & Hendriks, W.H. (2015): Nutritive value of maize silage in relation to dairy cow performance and milk quality. *J. Sci. Food Agric*, **95**; 238-252.
29. Kiš, G. (2012). Hranjivost dijelova i cijele biljke silažnog kukuruza u različitim stadijima zrelosti zrna. Doktorska disertacija, 105, Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet, Zagreb.
30. Kirchgeßner, M., Roth F.X., Schwarz, F.J., Stangl, G.I. (2011) *Tierenahrung*, 13., neu überarbeitete Auflage, DLG-Verlag GmbH.
31. Kolak, I. (2016): Spremanje silaže kombajnom „Claas Jaguar 840“ na OPG-u „Kolak, Završni rad, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Osijek.
32. Kolar, S., Vranić, M., Božić, L. i Bošnjak, K. (2022): The effect of maize crop cutting height and the maturity at harvest on maize silage chemical composition and fermentation quality in silo. *Journal of Central European Agriculture* **23** (2); 290 - 298.
33. Kung, L. (2001): Silage fermentation and additives. *Science and Tehcnology in the Feed Industry*, **17**; 145-159.
34. Kung, L., Shaver, R. (2001): Interpretation and use of silage fermentation analysis reports. *Focus on Forge*, **13**; 1-5.
35. Linn, J., Salfer, J., Martens, D., Peterson, P. (2006): Guide to evaluating corn silage quality. 1-2.
36. Leaver, J.D. (1992): Whole-crop forages and alkali-treated straights. *Practical Cattle Nutrition. Proceedings, British Cattle Veterinary Association Summer Meeting*, pp 45.
37. Leto, J. (2015.): Spremanje silaže. *Gospodarski list*, 10-12.
38. Moss, B. R., Reeves, D. W., Lin, J. C., Torbert, W. H., Mc Elhenny, Mask P., Kezar, W. (2001): Yield and quality of three corn hybrids as affected by broiler litter fertilization and crop maturity. *Animal Feed Science and Technology*, **94**; 43-56.
39. Neylon, J.M., Kung, L. (2003): Effects of cutting height and maturity on the nutritive value of corn silage for lactating cows. *Journal of Dairy Science*, **86**; 2163–2169.
40. NRC - National Research Council. (2001): *Nutrient Requirements of Dairy Cattle. Seventh Revised Edition 2001*. National Academic Press, Washington, D.C., 381 pp.

41. Oude Elferink, S.J., Krooneman, J., Gottschal, J. C., Spoelstra, S. F., Faber, F., Driehuis, F. (2001): Anaerobic conversion of lactic acid to acetic acid and 1,2-propanediol by *Lactobacillus buchneri*. *Appl. Environ. Microbiol.*, **67**; 125-132.
42. PintiĆ, V. (1994): Hranidba domaćih životinja. Viša poljoprivredna škola Križevci, Križevci.
43. PintiĆ, V., Marenčić, D., PintiĆ Puček, N. (2016): Hranidba domaćih životinja. Visoko gospodarsko učilište u Križevcima, Križevci.
44. Sano tehnologija siliranja cijele biljke kukuruza, <https://sano.hr/hr/sano-tehnologija-siliranja-cijele-biljke-kukuruza>, (preuzeto 01. travnja 2024.)
45. Schaumann (2020): Upravljanje siliranjem. Savjeti za uspješno siliranje kukuruza, <https://www.schaumann.hr/savjeti-u-upravljanju-2574/c/upravljanje-siliranjem-savjeti-za-uspješno-siliranje-kukuruza-2542>, (preuzeto 01. travnja 2024.)
46. Skelin, M. (2017): Utjecaj produljenog vremena odležavanja silaže i inokulanata na promjene in vitro buražne probavljivosti vlakana u silažama cijele biljke kukuruza, Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet, Zagreb.
47. Spiekers, H., Nußbaum H. i Potthast, V. (2009): Erfolgreiche Milchvieh-fütterung; Neue Auflage mit Futterkonservierung, DLG-Verlag-GmbH, Frankfurt am Main.
48. Svečnjak, Z. (2010): Podsjetnik za siliranje kukuruza. Agroklub, <https://www.agroklub.com/ratarstvo/podsjetnik-za-siliranje-kukuruza/3728>, (preuzeto 30. ožujka 2024.)
49. Špelić, K., Grubor, M., Matin, A., Kontek, M., Jurišić, V. (2022): Tehnologija proizvodnje i skladištenja kukuruzne silaže u proizvodnji bioplina, *Krmiva: časopis o hranidbi životinja, proizvodnji i tehnologiji krme*, **64** 2; 93-103.
50. TIBCO Software Inc. (2018): Statistica (data analysis software system). Version 13.4.0.14.
51. Todorić, I., Gračan, R. (1985): Specijalno ratarstvo. Školska knjiga, Zagreb.
52. Ward, R. (2011): Analyzing silage crops for quality: what is most important? In: Proceedings (UC Cooperative Extension, University of California), The 2011 Western Alfalfa & Forage Symposium. Las Vegas, USA, 11-13, <https://alfalfasymposium.ucdavis.edu/>, (preuzeto 20.05.2024.)
53. Ward, R. T., Ondarza, M. B. (2000): Fermentation analysis of silage: Use and interpretation. Hagerstown: Cumberland Valley Analytical Services, Inc., <http://www.foragelab.com/media/fermentation-silage-nfmp-oct-2008.pdf>, (preuzeto 20. svibnja 2024.)

54. Zadavec, M., Duvnjak, M., Pleadin, J., Kljak, K., Jaki Tkalec, V., Majnarić, D., Mitak, M. (2013): Kvaliteta kukuruzne silaže s obiteljskih poljoprivrednih gospodarstava Koprivničko-križevačke županije tijekom 2012. godine. Veterinarska stanica, **44** (3); 187-193.
55. Zurak, D., Grbeša D., Kljak, K. (2018): Fizikalna svojstva i fermentacijski profil silaže cijele biljke kukuruza s velikih farma Republike Hrvatske. Journal of Central European Agriculture, **19** (1); 126-141.

SUMMARY

THE QUALITY OF CORN SILAGE IN THE REPUBLIC OF CROATIA

Well-organized livestock production is not possible without rational feeding of domestic animals, and the main bulky feed used and produced on the farms of the RH are maize silage and different types of hay and haylage. The quality of maize silage is affected by many factors, such as the microclimate, the cutting height of the corn plant for ensiling, the method of ensiling, storage and closing of the silo, etc. The aim of the work is to determine the chemical composition and assess the quality of maize silage, and to point out possible ensiling errors that manifest themselves through the obtained results. The research used the results of chemical analyzes from the database of the Central Laboratory for Quality Control of Honey and Fodder, of the Croatian Agency for Agriculture and Food, for the three-year period from 2020. to 2022. The survey covered 10 counties: Međimurska, Brodsko-posavska, Bjelovarsko-bilogorska, Požeško-slavonska, Koprivničko-križevačka, Zagrebačka, Varaždinska, Krapinsko-zagorska, Istarska and Osječko-baranjska. Analytical research of pre-dried silage samples was performed using the FT-NIR method using a Q-Interline A/S spectrometer (model QIA1020, series MB3000), and the following indicators were tested: dry matter (%), crude protein (% DM), crude ash (% DM), crude fibers (% DM), neutral detergent fibers (% DM), acidic detergent fibers (% DM), acidic detergent lignin (% DM), energy value (MJ/kg DM), pH value, starch (% DM), acetic (g/kg DM), and lactic acid (g/kg DM). The results, quality parameters of maize silage, were processed in the statistical program Statistica, 13.4.0.14 using the GLM-procedure, and the Tukey (HSD) test was used to test the differences. For the classification of the differences between the shares, reference values according to the DLG system (DLG, 2011) were used, except for crude fibers, where the reference values of IfF (IfF, 2020) were used, for the significance test of which Pearson's χ^2 -test was used. The obtained results show that the average value of the analyzed silage belongs to the class of good silage. The years in which the research was conducted as well as the counties covered had a significant impact on the qualitative parameters of maize silage. The obtained differences in the quality of silage also indicate certain errors in the way of storing silage, therefore it is necessary to raise the level of awareness about the need to analyze animal feed and educate producers in order to reduce them as much as possible.

Keywords: maize silage, quality of maize silage, FT-NIR method.

ŽIVOTOPIS

Valentina Lisjak rođena je 09.10.1984. godine u Koprivnici, državljanka je Republike Hrvatske, po narodnosti Hrvatica.

Osnovnu i srednju školu završila je u svom rodnom gradu Križevcima, gdje i živi s obitelji. Godine 2003. uspješno završava opću gimnaziju u Križevcima te upisuje preddiplomski studij na Visokom gospodarskom učilištu u Križevcima, stočarski smjer.

Godine 2007. uspješno završava trogodišnji studij čime stječe zvanje inženjer poljoprivrede stočarskoga smjera (ing. agr.). Nakon završenog studija počinje raditi u poduzeću *Širjan d.o.o.* (2007. - 2009.), a godine 2010. počinje raditi u mini mljekari *Mljekar d.o.o.*, gdje radi do 2019. godine. Godine 2020. počinje raditi u Središnjem laboratoriju za kontrolu kvalitete meda i stočne hrane, kao viši laborant, gdje radi i danas. U želji za napredovanjem i nadogradnjom stručnoga znanja upisuje, iste godine (2020.), na matičnom Učilištu Specijalistički diplomski stručni studij *Poljoprivreda*, smjer *Održiva i ekološka poljoprivreda*.



VELEUČILIŠTE U KRIŽEVcima
KRIŽEVCI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

48260 KRIŽEVCI, Milislava Demerca 1, HRVATSKA/CROATIA

IZJAVA STUDENTA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Ja, VALENTINA LISJAK, OIB 27687159212

rođen/a 09.10.1984. u KOPRIVNICI pod punom odgovornošću svojim potpisom potvrđujem da sam samostalno izradio/la diplomski rad pod naslovom:

KVALITETA KUKURUZNE SILAŽE U REPUBLICI HRVATSKOJ

- da je rad napisan u skladu s Uputama za pisanje diplomskog rada Veleučilišta u Križevcima
- da je rad napisan u duhu hrvatskog jezika i gramatički ispravan
- da je ovo moj autorski rad (niti jedan dio nije nastao kopiranjem ili plagiranjem tuđeg sadržaja)
- da su svi korišteni literaturni izvori odgovarajuće citirani i navedeni u popisu literature
- da je sažetak na engleskom jeziku gramatički ispravan (diplomski studiji)
- da je elektronička verzija ovog rada identična tiskanoj koju su odobrili mentor i članovi Povjerenstva

U slučaju da se u bilo kojem trenutku dokaže suprotno, spreman/na sam snositi posljedice uključivo i poništenje javne isprave stečene na temelju ovoga rada.

U Križevcima, _____

Potpis studenta/studentice
