

Ocjena veličine čestica kukuruzne silaže na mliječnim farmama u Republici Hrvatskoj

Evaluation of Corn Silage Particle Size on Dairy Farms in the Republic of Croatia

Domaćinović, M., Solić, D., Đidara, M., Klir Šalavardić, Ž., Vranić, I., Koturić, T., Prakatur, I.

Poljoprivreda / Agriculture

ISSN: 1848-8080 (Online)

ISSN: 1330-7142 (Print)

<https://doi.org/10.18047/poljo.30.1.9>



Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek, Poljoprivredni institut Osijek

Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek, Agricultural Institute Osijek

OCJENA FIZIČKIH KARAKTERISTIKA KUKURUZNE SILAŽE NA MLIJEČNIM FARMAMA U REPUBLICI HRVATSKOJ

Domaćinović, M.⁽¹⁾, Solić, D.⁽²⁾, Đidara, M.⁽¹⁾, Klir Šalavardić, Ž.⁽¹⁾, Vranić, I.⁽²⁾, Koturić, T.⁽³⁾, Prakatur, I.⁽¹⁾

Izvorni znanstveni članak

Original scientific paper

SAŽETAK

Cilj ovoga istraživanja bio je utvrditi u kojoj mjeri silaže kukuruza zadovoljavaju optimalne vrijednosti distribucije frakcije čestica kao fizičkoga pokazatelja u ukupnoj ocjeni silaže. Za ovo istraživanje distribucije frakcije čestica silaže kukuruza provedena su trogodišnja istraživanja u deset županija Republike Hrvatske na 234, 231 i 230 uzoraka u 2021., 2022. i 2023. godini. Distribucija strukture čestica kukuruzne silaže mjerena je metodom prosijavanja preko triju sita (sustav Penn State Particle Separator), a prema ovoj metodi fizička kvaliteta silaža kukuruza ocjenjivana je na temelju ciljanih vrijednosti distribucije čestica po sitima: 1. sito 3 – 8 %, 2. sito 45 – 65 %, 3. sito 20 – 30 % te na dnu kutije do 10 %. Prosječne vrijednosti distribucije čestica silaže kukuruza u 2021. i 2022. godini između županija nisu bile statistički značajne ($P > 0,05$), dok su razlike vrijednosti u 2023. godini bile statistički značajne ($P < 0,05$) samo između Međimurske i Varaždinske županije. Praćenjem vrijednosti strukture čestica po pojedinim sitima u sve tri godine najbolje su vrijednosti zabilježene na situ 2, što je bilo i statistički značajno u odnosu na sito 1, sito 3 i sito 4 (kutija na dnu). Vrijednosti frakcija čestica između pojedinih razreda silaže potvrdile su statistički značajne razlike ($P < 0,05$) samo u 2022. godini. Na temelju dobivenih rezultata vezanih za distribuciju frakcije čestica, evidentno je da treba poboljšati tehniku spremanja silaže.

Ključne riječi: silaža kukuruza, frakcija čestica, mliječne krave, prosijavanje, sita

UVOD

Složenost tehnologije hranidbe mliječnih krava kao preživača polazi od činjenice da one, pored zadovoljenja brojnih nutritivnih pokazatelja, u svakodnevnome normiranju ukupnih hranidbenih potreba moraju u obroku dobiti pravilno usklađen odnos krmiva voluminoznoga i koncentriranog karaktera te u njemu poželjnu količinu iskoristivih sirovih vlakana, kao i optimalnu veličinu te strukturu čestica voluminoznih krmiva (Leonardi i Armentano, 2003.). Prve spoznaje o važnosti kontrole veličine čestica i fiziološkom učinku optimalno dugih čestica pri optimizaciji u obrocima mliječnih krava i njihova značenja za funkciju buraga prezentirao je Mertens (1997.). U novije vrijeme ovaj fizički pokazatelj voluminoznih krmiva dobiva sve više na značenju u hranidbi preživača jer ima više značajno koristan učinak u pravcu boljšeg zdravstvenoga stanja te veće proizvodnje i bolje kvalitete proizvoda mliječnih krava (Stojanović i sur., 2010.). S obzirom na to da je silaža cijele biljke kukuruza u praktičnim uvjetima hranidbe mliječnih krava redovita i dominantna kompo-

nenta njihova obroka, upravo ona u značajnoj mjeri pridonosi podmiranju ovih fizikalno – kemijskih pokazatelja, koji su za preživače važni pri programiranju cjelovitoga obroka (Kung i Shaver, 2001.). Zato su danas u svijetu, a i u nas, prihvatljivi sustavi ocjene silaže kukuruza koji pored kemijskih i fermentativnih pokazatelja kontroliraju i distribuciju veličine čestica silaže mjerenu metodom prosijavanja sustavom triju horizontalnih sita (Penn State Particle Separator, Heinrichs, 2013.). Kako je krajnja primjena ovoga fizičkoga pokazatelja u TMR –u (Total Mixed Ration), navedeni autori predlažu ciljane postotne vrijednosti četiriju frakcija čestica TMR-a koje se kreću: na situ 1. situ 2 – 8 %, na 2. situ 30 – 50%, na 3. situ 10 – 20 % i u kutiji na dnu 30 – 40 % uzorka.

(1) Prof. dr. sc. Matija Domaćinović (mdomac@fazos.hr), izv. prof. dr. sc. Mislav Đidara, doc.dr.sc. Željka Klir Šalavardić, Izv. prof. dr. sc. Ivana Prakatur – Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek, Vladimira Preloga 1, 31000 Osijek, (2) Dr. sc. Dragan Solić, Ivica Vranić, spec. ing. agr., Hrvatska agencija za poljoprivredu i hranu, Vinkovačka cesta 63c, 31000 Osijek, Hrvatska, (3) Dr. sc. Tomislav Koturić, Ministarstvo poljoprivrede, Stručna podrška, Županijska 4, 31000 Osijek

Na kvalitetu distribucije veličine čestica silaže u značajnoj mjeri utječe kvaliteta rada žetvene tehnike — silokombajna (Fonseca i sur., 2000.; Davies i sur., 2005.) — kao i pravilno određeno vrijeme žetve usjeva. Nepravilna distribucija čestica kukuruzne silaže, s povećanim udjelom velikih čestica već tijekom postupka siliranja, može nepovoljno utjecati na kvalitetu nabijanja i fermentacije, a umiješana kao krmivo u cjelovitome TMR —u može se negativno odraziti na konzumaciju i probavljivost obroka, mikrobiološki proces probave hrane, zdravstveno stanje buraga te na količinu mliječne masti, a u konačnici i na proizvodni učinak mliječnih životinja (Heinrichs, 2013.; Oliveira i sur., 2017.; Grant i Ferraretto, 2018.; Oba i Allen, 2000.; NRC, 2001.; Domaćinović i sur., 2022.). Uzimajući u obzir sve negativne učinke nepravilne usitnjenosti čestica silaže kukuruza i moguće povećane troškove, usitnjavanja silaže zato nadmašuju pozitivan proizvodni i ekonomski učinak u proizvodnji mlijeka. Kao optimalna teoretska duljina reza (eng. *TCL*) stabljike i lista kukuruza u recentnome se istraživanju predlaže duljina od 1,7 cm, a za kvalitetno usitnjavanje zrna i dobru razgradnju škroba razmak valjaka na silokombajnu od 1 – 2 mm (Roth i Heinrichs, 2001.). Za Shinnersa i sur. (2000.) prethodne su preporuke za silirani kukuruz pri optimalnoj vrijednosti suhe tvari (ST), što znači da se smanjenjem ST —a duljina reza povećava na duljinu od 1,9 – 2,3 cm, dok se povećanjem ST —a smanjuje na duljinu od 1 – 2 cm (Grant i Cotanch, 2023.).

Silaža koja sadrži veći udio krupnijih čestica (>19 mm) nepovoljno se odražava na homogenost miješanja TMR —a, kao i na pojačano probiranje pri konzumaciji (Albright i Arave, 1997.; Linn i sur., 2006.; Sova i sur., 2013.) te povećan utrošak vremena za hranidbu u odnosu na vrijeme odmaranja životinja (Kononoff i Heinrichs, 2003.; Grant i Ferraretto, 2018.; Jiang i sur., 2017.). Negativan učinak vidljiv je i u pojačanome udjelu sitnih čestica silaže kukuruza (<4 mm), kao i u prekomjernome vremenu miješanja. I u ovome slučaju povećane vrijednosti sitnih čestica rezultiraju povećanim intenzitetom mikrobiološke razgradnje i sinteze hlapljivih masnih kiselina u buragu iznad njegova pufernog kapaciteta i apsorpcije, zbog čega se snižava pH buraga <5,5 i dovodi u pitanje normalna funkcija buraga kao centralnoga probavnog, metaboličkog i zdravstvenog organa mliječnih krava (Penner i sur., 2011.). Dulje vrijeme izloženosti (>3 h) nižoj pH vrijednosti buraga zbog presitne strukture čestica silaže kukuruza u obroku mliječnih krava, kao i zbog neujednačenih intervala hranjenja, može izazivati veći broj metaboličkih poremećaja koji se odražavaju pojavom acidoze, nadma, laminitisa i dislokacije sirišta (Van Soest, 1994.; Plaizier i sur., 2014.). Da se vrijeme hranjenja i preživljanja kod mliječnih krava smanjuje za 43 min/dan kada se srednja teoretska duljina čestica silaže kukuruza smanji sa 12 na 4,2 mm, potvrdili su Fernandez i Michalet —Doreau (2002.). Kononoff i sur. (2003.) zabilježili su pri hranidbi mliječnih krava TMR —om s 57,4 % kukuruzne silaže različite srednje veličine čestica (7,4, 7,8, 8,3 ili 8,8 mm) linearan rast konzumacije ST obroka sa smanjenjem veličine čestica, uz najjače vrijednosti razvrstavanja obroka pri veličini čestica od

8,8 mm. Rezultate prethodnoga istraživanja potvrdili su Kononoff i Heinrichs (2003.) i na sjenazi lucerne, kada su smanjenjem srednje veličine čestica sa 6,8 na 4,1 mm utvrdili vrijeme hranjenja kraće za 36 min./dan, uz istodobno povećanje konzumacije ST obroka za 3,3 kg/dan. No pored veličine čestica, na produljenje vremena hranjenja i bolju konzumaciju obroka ipak utječu i drugi nutritivni pokazatelji, kao što su količina voluminoznih komponenti u TMR —u te količina i probavljivost neutralnih deterdžentskih vlakana (NDV), kako potvrđuju Beauchemin (1991.), Oba i Allen (2000.) te Jiang i sur. (2017.). Prethodnu tvrdnju potkrjepljuju istraživanja Fernandez i sur. (2004.), koji su utvrdili da se na dva hibrida silažnoga kukuruza konzumacija obroka povećava kod hibrida s većom probavljivošću, dok prosječna veličina čestica (5 prema 13 mm) nije imala utjecaj. Inače, treba reći da zbog prekrupnih čestica silaže kukuruza, koje povećavaju vrijeme hranjenja, ovo može biti i ograničavajući čimbenik za količinu konzumacije ST obroka kod visokoproizvodnih mliječnih krava (McLeod i sur., 1990.; Grant i Ferraretto, 2018.). Stoga spomenuti autori procjenjuju da će se u narednome vremenu hranidbe mliječnih krava obrocima na bazi kukuruzne silaže, a u potrebi postizanja optimalnoga hranidbenoga ponašanja te konzumacije obroka, morati uzimati u obzir kemijski i fizički pokazatelji kvalitete silaže, krajnji produkti fermentacije silaže te socijalne i fizičke komponente hranidbenoga prostora.

Na temelju trogodišnjega istraživanja velikoga broja uzoraka silaže cijele biljke kukuruza na domaćim mliječnim farmama cilj je bio utvrditi u kojoj se mjeri vrijednosti distribucije veličine čestica kreću u okviru očekivanih vrijednosti najboljih silaža te u kojoj mjeri ovaj pokazatelj utječe na nutritivnu vrijednost i na ukupnu ocjenu kvalitete silaže kukuruza. Očekuje se kako bi rezultati ovoga rada trebali imati i praktično značenje za farmere, kako na proces siliranja, tako i na pripremu kompletnoga TMR —a pri hranidbi mliječnih krava.

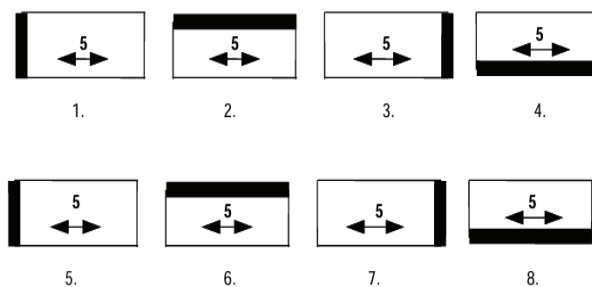
MATERIJAL I METODE RADA

Istraživanje je provedeno u sklopu HAPIH-ova projekta (*Natjecanje u kvaliteti kukuruzne silaže u Republici Hrvatskoj*), koji se provodi od vegetacijske 2017. godine na mliječnim farmama različitih proizvodnih kapaciteta (50 – 350 mliječnih krava).

Za potrebe ovoga istraživanja distribucije veličine čestica silaže kukuruza provedena su trogodišnja istraživanja u deset županija Republike Hrvatske na ukupno 234, 231 i 230 uzoraka u 2021., 2022. i 2023. godini. Uzorkovanje su provodile stručne osobe iz Centra za kontrolu i kvalitetu stočarskih proizvoda i djelatnici područnih ureda Centra za stočarstvo HAPIH-a. Uzorkovanje (ISO 6497:2002) je provedeno ručno, pri čemu je s više uzorkovanih pozicija poprečnoga presjeka silaže izuzet uzorak (najmanje 1000 g⁻¹) te potom od ukupne mase načinjena dva reprezentativna uzorka, od kojih je jedan korišten za analizu nutritivnih i fermentativnih pokazatelja, dok se drugi koristio za određivanje veličine čestica silaže. Pripremljeni uzorci pakirani su u vakuumirane PVC

vrećice i potom dostavljeni u laboratorij, u kojem su skladišteni u kontroliranim uvjetima (0–4 °C).

Prosijavanje prethodno homogeniziranih uzoraka silaže kukuruza provedeno je Nascovim separatorom, koji se sastoji od četiriju plastičnih četvrtastih kutija, od kojih su tri kutije u obliku sita, a četvrti element je kutija na dnu. Sita su složena od gornjega sita, s najvećim promjerom otvora (19 mm), ispod njega je drugo sito s otvorima promjera 8 mm, a potom treće sito s promjerom otvora 4 mm. Kutija na dnu je s punim dnom, i u njoj



Slika 1. Prikaz određivanja distribucije frakcije čestica u kukuruznoj silaži (Heinrichs, 2013.)

Picture 1. The presentation of determination of particle-fraction distribution in corn silage (Heinrichs, 2013)

Na temelju postotnih udjela frakcija čestica silaže zadržanih na sitima obavljeno je bodovanje silaže za ovaj fizički pokazatelj koristeći se primjenom prvoga domaćeg sustava ocjene silaže u Republici Hrvatskoj (Domaćinović i Solić, 2019.). Prema tome sustavu, ukupna ocjena silaže kukuruza temelji se na petnaest pokazatelja (11 nutritivnih, 3 fermentativna i jednome fizičkom). Zbrojem svih ocjenskih bodova praćenih pokazatelja silaža može biti bodovana s maksimalnih 100 bodova, a s obzirom na ostvaren broj bodova silaža se razvrstava u četiri razreda (>90 bodova — izvrsna silaža; 79,1 – 90 bodova — dobra silaža; 65,1 – 79 bodova — zadovoljavajuća silaža i <65 bodova — nezadovoljavajuća silaža. U ukupnoj ocjeni silaže bodovanjem distribucije veličine čestica silaža može doprinijeti s ukupno deset bodova, pri čemu se očekuju ciljne vrijednosti postotnih udjela po sitima: sito 1: 3 – 8 % (3 ocjenska boda), sito 2: 45 – 65 % (3 ocjenska boda), sito 3: 20 – 30 % (3 ocjenska boda), kutija na dnu: <10 % (1 ocjenski bod).

Statistička obrada podataka obavljena je korištenjem statističkoga programa *TIBCO Statistica* (2020). Kruskal – Wallisov ANOVA test korišten je kako bi se utvrdile razlike između različitih županija, a s obzirom na ocjenu raspodjele pojedinih frakcija čestica. Post –hoc analiza provedena je testom „Multiple comparisons of mean ranks“ kako bi se usporedile prosječne vrijednosti rangova svih županija. Cochranov Q test korišten je kako bi se utvrdile razlike u distribuciji zadovoljavajućih i nezadovoljavajućih ocjena uzoraka silaže između četiri vrste sita različitih perforacija. Post –hoc analiza provedena je uz pomoć Cochranova Q test za dvije skupine kako bi se utvrdile razlike između pojedinih vrsta sita na razini ($P < 0,05$). Kruskal –Wallisov ANOVA test korišten je kako bi se utvrdile razlike između četiri razreda ukupne ocjene silaže. Post –hoc analiza pro-

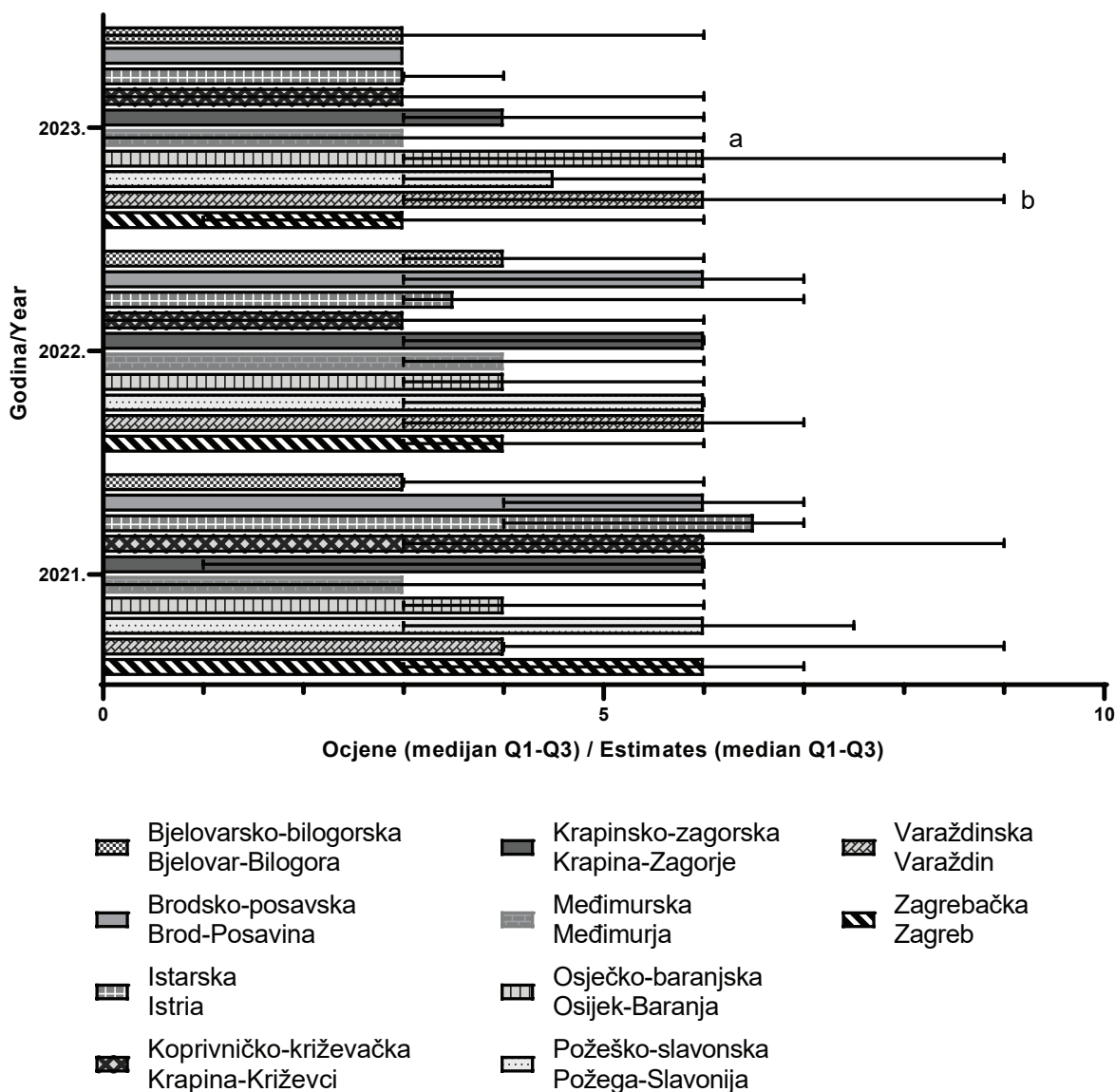
se zadržavaju čestice <4 mm. Određivanje vrijednosti pojedinih frakcija veličine čestica silaže provedeno je postavljanjem uzorka silaže (od 1,4 do 1,5 l⁻¹) u gornje sito i potom protresanjem separatora u osam (8) serija, s pet (5) protresanja u jednoj seriji. Kod protresanja svake nove serije separator se okreće za četvrtinu okreta (Slika 1.). Nakon završetka protresanja odvagana je masa frakcija silaže zaostalih na svakome situ, kao i u kutiji na dnu. Tražene postotne vrijednosti pojedinih frakcija čestica na svakome situ izračunane su iz odnosa mase ukupnoga uzorka i mase pojedine frakcije sita.

vedena je testom „Multiple comparisons of mean ranks“ kako bi se usporedile prosječne vrijednosti rangova svih razreda ukupne ocjene silaže. Spearmanov test rangova korišten je kako bi se utvrdile potencijalne korelacije između vrijednosti frakcije sita i odabranih nutritivnih i fermentativnih pokazatelja silaže, uključujući suhu tvar, sirovu vlakninu, škrob, pH vrijednost, octenu kiselinu, mliječnu kiselinu i neto energiju za laktaciju, korigiranu s obzirom na pepeo i protein (NELVC). Gore navedene statističke analize provedene su odvojeno za svaku od triju godina.

REZULTATI I RASPRAVA

Polazeći od postavljenih ciljeva, rezultati istraživanja obuhvaćaju prikaz kvalitete distribucije veličine čestica u kukuruznoj silaži tijekom triju godina istraživanja (2021., 2022. i 2023.), a vrijednosti ovoga fizičkog pokazatelja u ukupnoj ocjeni silaže uspoređene su po županijama, po razredima ukupne ocjene silaže i po sitima, a prikazani su i korelativni odnosi između distribucije veličine čestica u odnosu na šest odabranih nutritivnih i fermentativnih pokazatelja.

Grafikon 1. prikazuje vrijednosti ocjene distribucije veličine čestica silaže kukuruza između županija tijekom triju analiziranih godina. Analizirajući vrijednosti ocjene veličine čestica silaže kukuruza, može se tvrditi da su vrijednosti tijekom svih triju godina bile neprihvatljivo niske, s najslabijim rezultatima u 2023. godini. Kada se isti pokazatelj prati po županijama tijekom tri godine, tada je najbolji rezultat zabilježen u Međimurskoj županiji, a najbolji u Istarskoj županiji. Statistički značajne razlike ($P < 0,05$) između prosječnih vrijednosti ocjene distribucije čestica silaže kukuruza zabilježene su samo u 2023. godini između Međimurske i Varaždinske županije.



^{a,b} – značajna ($P < 0,05$) razlika vrijednosti između županija u određenoj godini

^{a,b} – values significantly ($P < 0.05$) differ between counties in a given year

Grafikon 1. Ocjene (medijan Q1 –Q3) distribucije veličine čestica silaže kukuruza po županijama tijekom tri godine

Figure 1. Estimates (median Q1 –Q3) of a particle-size distribution of corn silage by county over three years

Tablica 1. Postotne vrijednosti zadovoljavajućih ocjena silaže prema fizičkoj strukturi čestica tijekom tri godine

Table 1. Percentage values of satisfactory grades of silage according to the physical structure over three years

Sito / Sieve	Godina / Year		
	2021. (n=234)	2022. (n=231)	2023. (n=230)
Sito 1 (>19 mm), (%) / Sieve 1 (>19 mm), (%)	41,45 ^a	33,77 ^a	40,00 ^a
Sito 2 (8 –19 mm), (%) / Sieve 2 (8 –19 mm), (%)	66,23 ^b	68,40 ^b	54,79 ^b
Sito 3, (4 –8 mm), (%) / Sieve 3 (4 –8 mm), (%)	46,58 ^a	45,03 ^c	33,05 ^a
Kutija na dnu, (<4 mm), (%) / Bottom box (<4 mm), (%)	26,93 ^c	22,08 ^d	11,31 ^c

^{a,b} – značajna ($P < 0,05$) razlika vrijednosti između skupina u određenoj godini

^{a,b} – values significantly ($P < 0.05$) differ between groups in a given year

Kako bi se dobila pouzdana slika o kvaliteti distribucije čestica na pojedinim sitima, u Tablici 1 prikazane su postotne vrijednosti zadovoljavajućih vrijednosti po pojedinim frakcijama mjerenja. Rezultati statističke analize utvrdili su da se tijekom svih triju godina istraživanja najveći postotak zadovoljavajućih vrijednosti bilježi na situ 2 (2021. – 66,23; 2022. – 68,40 i 2023. – 54,79 %), dok je najmanje zadovoljavajućih vrijednosti utvrđeno kod najsitnije frakcije u kutiji na dnu (2021. – 26,93; 2022. – 22,08 i 2023. – 11,31 %). Ovi podatci upućuju na tvrdnju da žetvena tehnika (silokombajn) tijekom praćenoga vremena istraživanja nije ispravno podešena (Fonseca i sur., 2000.; Davies i sur., 2005.), zbog čega se u analiziranim silažama kukuruza pojavljuje izraženija heterogenost čestica silaže, što nije poželjno niti u vrijeme punjenja i nabijanja silaže u silosu, kao niti u pripremi miješanja

TMR –a, i sasvim se sigurno nepovoljno odražava na uzimanje obroka i tijek mikrobiološke razgradnje hrane cijelog obroka (Fernandez i Michalet –Doreau, 2002.; Yang i Beauchemin 2006.; Stojanović i sur., 2010.). Velika količina prefinih čestica u obroku mliječnih krava uzrokuje subakutnu ruminalnu acidozu (Krause i Oetzel, 2005.), a zbog nje se gubitci u proizvodnji mlijeka kreću od 400 –475 \$/kravi/godina (Stone, 1999.). Najbolja sukladnost u odnosu na očekivane vrijednosti potvrđena je na situ 2 u 2022. godini (68,40 %), dok je najlošija sukladnost bila u kutiji na dnu u 2023. godini (tek 11,31 %). Najbolje postotne vrijednosti zadovoljavajućih uzoraka utvrđene su na situ 2 u sve tri godine, a one su bile i statistički značajne ($P < 0,05$) u odnosu na sve tri mjerene frakcije čestica silaže.

Tablica 2. Ocjena distribucije veličine čestica prema razredima ukupne ocjene silaže kukuruza kroz tri godine

Table 2. Evaluation of particle size distribution according to the classes of total evaluation of corn silage over three years

Razred ukupne ocjene silaže / Silage overall rating class	Godina / Year		
	2021. (n=234) Median (Q1 –Q3)	2022. (n=231) Median (Q1 –Q3)	2023. (n=230) Median (Q1 –Q3)
Izvrсна / Great	3 (3 –4,5)	7 ^a (6 –9)	9 (4 –9)
Dobra / Good	6 (3 –7)	6 ^b (3 –6)	4 (3 –6)
Zadovoljavajuća / Satisfactory	4 (3 –9)	3 ^c (0 –4)	3 (0 –6)
Nezadovoljavajuća / Unsatisfactory	4 (3 –6)	6 ^{ab} (3 –7)	3 (1 –6)

^{a,b} – značajna ($P < 0,05$) razlika vrijednosti između skupina u određenoj godini /

^{a,b} – values significantly ($P < 0.05$) differ between groups in a given year

S ciljem utvrđivanja u kojoj mjeri u ukupnoj ocjeni kvalitete kukuruzne silaže doprinosi ocjena distribucije veličine čestica (fizički pokazatelj), ona je vrednovana do 10/100 ukupnih ocjenskih bodova. Prateći po godinama, ukupna prosječna ocjena distribucije veličine čestica silaže kukuruza bila je neprihvatljivo niska, od najviše u 2022. godini (5,21 bodova) do najniže u 2021. godini (4,52 bodova). Iz Tablice 2. razvidno je da vrijednosti ocjena prema distribuciji veličine čestica ne prate vrijednosni razreda ukupne ocjene silaže kukuruza tijekom svih triju godina istraživanja. Tako izvrsno ocijenjena silaža u 2021. godini bilježi najnižu ocjenu distribucije veličine čestica silaže kukuruza (3,75/10), dok je ocjena ovoga fizičkoga pokazatelja za razred nezadovoljavajuće silaže u

2022. godini iznosila 5,25/10. Statistički značajne razlike ($P < 0,05$) u ocjeni distribucije čestica silaže kukuruza između razreda ukupne ocjene silaže utvrđene su samo u 2022. godini, a značajnost je bila između razreda „izvrсна silaža“ u odnosu na razred „dobra silaža“ te između razreda „zadovoljavajuća silaža“ u odnosu na sve ostale razrede. Iz prethodnih rezultata moguće je tvrditi da je domaćim farmerima nedovoljno poznat višeznačan pozitivan učinak ovoga fizičkoga pokazatelja u pripremi, skladištenju te korištenju silaže kukuruza kao komponente, što osobito dolazi do izražaja kod finoga komponiranja obroka u hranidbi visokoproizvodnih mliječnih krava (McLeod i sur., 1990.; Grant i Ferraretto, 2018.).

Tablica 3. Prikaz koeficijenta korelacije između vrijednosti frakcija sita i šest odabranih hranjivih i fermentativnih pokazatelja silaže kukuruza

Table 3. Presentation of correlation coefficients between the value of sieve fractions and six selected nutritional and fermentative indicators of corn silage

Pokazatelj / Indicator	2021. godina / Year					
	Suha tvar (g kg ⁻¹ svježe silaže) / DM (g kg ⁻¹ fresh silage)	Sir. vlakna (g kg ⁻¹ ST) / Cude fiber (g kg ⁻¹ DM)	Škrob (g kg ⁻¹ ST) / Starch (g kg ⁻¹ DM)	pH vrijed- nos /t pH value	Octena kis. (g kg ⁻¹ ST) / Acetic acid (g kg ⁻¹ DM)	Mliječna kis. (g kg ⁻¹ ST) / Lactic acid g kg ⁻¹ DM)
Sito 1, >19 mm / Sieve 1 >19 mm	0,054	0,045	-0,075	-0,045	-0,105	0,079
Sito 2, 8-19 mm / Sieve 2, 8-19 mm	0,154	-0,037	0,082	-0,013	-0,137	-0,037
Sito 3, 4-8 mm / Sieve 3, 4-8 mm	0,050	0,038	-0,018	0,152	-0,091	-0,199
Kutija na dnu, <4 mm / Bottom box, <4 mm	-0,414	0,102	-0,142	-0,051	0,334	0,130
	2022. godina / Year					
Sito 1, >19 mm / Sieve 1 >19 mm	0,040	0,093	-0,105	0,037	-0,108	-0,019
Sito 2, 8-19 mm / Sieve 2, 8-19 mm	0,037	0,061	-0,025	0,174	-0,096	-0,177
Sito 3, 4-8 mm / Sieve 3, 4-8 mm	0,014	0,068	-0,062	0,010	-0,033	-0,034
Kutija na dnu, <4 mm / Bottom box, <4 mm	-0,440	0,191	-0,134	-0,125	0,370	0,127
	2023. godina / Year					
Sito 1, >19 mm / Sieve 1 >19 mm	-0,103	0,079	-0,072	0,009	0,078	-0,025
Sito 2, 8-19 mm / Sieve 2, 8-19 mm	-0,090	0,027	-0,025	0,009	0,102	-0,029
Sito 3, 4-8 mm / Sieve 3, 4-8 mm	0,080	0,058	0,020	0,155	-0,032	-0,124
Kutija na dnu, <4 mm / Bottom box, <4 mm	-0,302	0,083	-0,114	-0,057	0,246	0,103

Prethodnom Tablicom 3. prikazana je jačina korelativne povezanosti između pojedinih frakcija čestica silaže kukuruza i šest odabranih hranjivih i fermentativnih pokazatelja. Dobiveni rezultati upućuju na slabu pozitivnu korelaciju zabilježenu u sve tri godine istraživanja samo između četvrte najsitnije frakcije čestica (kutija na dnu) i octene kiseline (0,334; 0,370; 0,246), dok je slaba do srednje jaka negativna korelacija utvrđena također između četvrte frakcije čestica i suhe tvari silaže (-0,414; -0,440; -0,302). Drugim riječima, to znači da se povećanje sitnije frakcije čestica silaže odražava na pojačanu aktivnost octenoga vrenja i sintezu octene kiseline u silosu, dok se u uvjetima zakašnjele žetve povećava ST biljke kukuruza, što rezultira smanjenjem najsitnije frakcije čestica silaže. Inače, octena kiselina, osim uloge konzervansa, u silaži ima koristan fungicidan učinak (Oude Elferink i sur., 2001.), a dokazano je korisna i u očuvanju aerobne stabilnosti silaže (Danner i sur., 2003.). Druga korelativna veza upućuje na zaključak da se odgađanjem vremena žetve povećava ST biljke kukuruza, što u uvjetima lošije podešenoga silokombajna rezultira smanjenjem najsitnije frakcije čestica silaže. Prema Grantu i Cotanchu (2023.), preporučuje se u prilikama povećane vrijednosti ST –a silirane biljke kukuruza smanjiti optimalnu dužinu sječke na 1 –2 cm.

ZAKLJUČAK

Na temelju sveobuhvatne procjene vrijednosti i ocjene distribucije veličine čestica silaže kukuruza, a u sklopu njezine ukupne ocjene, moguće je tvrditi da kvaliteta nije zadovoljavajuća. Praćeno po županijama, vrijednosti distribucije frakcija čestica bile su niske i prilično ujednačene između županija. Ocjenjujući distribuciju frakcija čestica silaže kukuruza, najbolje vrijednosti zabilježene su na sitima 2 i 3, dok su najveća odstupanja (značajno povećanje) od poželjnih vrijednosti utvrđene na situ 1 (>19 mm), i to osobito kod najsitnije frakcije (<4 mm). Vrijednosti jedanaest nutritivnih i triju fermentativnih pokazatelja nisu pratili vrijednosti ocjene strukture čestica silaže kukuruza. Jača korelativna povezanost između šest odabranih nutritivnih i fermentativnih pokazatelja i pojedinih frakcija čestica silaže kukuruza nije utvrđena. U potrebi povećanja kvalitete kukuruzne silaže, a time i poboljšanja kvalitete cijeloga obroka mliječnih krava, ubuduće će biti potrebno dodatno educirati farmere o značenju veličine čestica u silaži kukuruza kako bi uložili veći trud i znanje o tehničko – tehnološkim uvjetima pripreme silaže kukuruza.

LITERATURA

- Albright, J.L. & Arave, C.W. (1997). Feeding behaviour, The Behaviour of cattle, CAB Int., Wallingford, Oxon, UK, 106.
- Beauchemin, K. A. (1991). Ingestion and mastication of feed by dairy cattle. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 7, 439–463. doi: 10.1016/s0749-0720(15)30794-5
- Danner, H.,^{Holzer}, M., Mayrhuber, E. & Braun, R. (2003). Acetic acid increases stability of silage under aerobic conditions. *Appl Environ Microbiol*, 69(1), 562–7. doi: 10.1128/AEM.69.1.562-567.2003
- Davies, D.R., Theodorou, M.K., Kingston-Smith, A.H. & Merry, R.J. (2005). Advances in silage quality in the 21st century. In: 14th International silage conference. Belfast, Northern Ireland, 121–133. doi.org/10.3920/9789086865536_009
- Domaćinović, M. & Solić, D. (2019). Predstavljjanje prvog sustava ocjene silaže kukuruza u Hrvatskoj. XIV savjetovanje uzgajivača goveda u Republici Hrvatskoj, *Zbornik predavanja*, 7–15.
- Domaćinović, M., Ivanić, Ivana Prakatur, Marija Špehar, Z. Ivkić, D. Solić (2022.): Nutritivna kvaliteta kukuruzne silaže na mliječnim farmama u Republici Hrvatskoj. *Poljoprivreda*, 28(1), 60–67. doi.org/10.18047/poljo.28.1.9
- Fernandez, I. & Michalet-Doreau B. (2002). Effect of maturity stage and chopping length of maize silage on particle size reduction in dairy cows. *Animal Research*, 51, 445–454. doi: 10.1051/animres:2002040
- Fernandez, I., Martin, C., Prvak, M. & Michalet-Doreau, B. (2024). Effect of Corn Hybrid and Chop Length of Whole-Plant Corn Silage on Digestion and Intake by Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*, , 87(5), 1298–1309. doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)73279-8
- Fonseca, A. J. M., Cabrita, A. R. J., Lage, A. M. & Gomes, E. (2000). Evaluation of the chemical composition and the particle size of maize silages produced in north-west of Portugal. *Animal Feed Science and Technology*, 83(3–4), 173–183. doi.org/10.1016/S0377-8401(00)00102-4
- Grant, R.J. & Cotanch, K.W. (2023). Perspective and Commentary: Chewing behavior of dairy cows: Practical perspectives on forage fiber and the management environment. *Applied Animal Science*, 39(3), 146–155. https://doi.org/10.15232/aas.2022-02371.
- Grant, R.J., & Ferraretto, L.F. (2018). Silage review: Silage feeding management: Silage characteristics and dairy cow feeding behavior, *Journal of Dairy Science*, 101(5), 4111–4121. doi.org/10.3168/jds.2017-13729
- Heinrichs, J. (2013). The Penn State Particle Separator. Penn State Extension, Department of Animal Science, DSE 13,186, 1–8.
- Jiang, F. G., Lin, X. Y., Yan, Z. G., Hu, Z. Y., Liu, G. M., Sun, Y. D., ... & Wang, Z.H. (2017). Effect of dietary roughage level on chewing activity, ruminal pH, and saliva secretion in lactating Holstein cows. *Journal of Dairy Science*, 100(4), 2660–2671. doi: 10.3168/jds.2016-11559
- Kononoff, P.J., Heinrichs, A.J. & Lehman, H.A. (2003). The effect of corn silage particle size on eating behavior, chewing activities, and rumen fermentation in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 86(10), 3343–53. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(03)73937-X
- Kononoff, P. J. & Heinrichs A.J. (2003). The effect of reducing alfalfa haylage particle size on cows in early lactation. *Journal of Dairy Science*, 86(4), 1445–1457. doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)73728-X
- Krause, K.M. & Oetzel, G.R. (2005). Inducing subacute ruminal acidosis in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 88(10), 3633–3639. doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(05)73048-4
- Kung, L., Jr. & Shaver, R. (2001). Interpretation and use of silage fermentation analysis reports. Focus on forage, 3, 13. <http://fyi.uwex.edu/forage/interpretation-and-use-of-silage-fermentation-analysis-reports>.
- Leonardi, C. & Armentano, L.E. (2003). Effect of quantity, quality, and length of alfalfa hay on selective consumption by dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 86(2), 557–564. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(03)73634-0
- Linn, J., Salfer, J., Martens, D. & Peterson, P. (2006). Guide to evaluating corn silage quality. 1–2. <http://www.midwestforage.org/pdf/109.pdf.pdf>
- McLeod, M.N., Kennedy, P.M. & Minson, D.J. (1990). Resistance of leaf and stem fractions of tropical forage to chewing and passage in cattle. *British Journal of Nutrition Cambridge Core*, 63(1), 105–119. doi: 10.1079/bjn19900096
- Mertens, D. R. (1997). Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 80(7), 1463–1481. doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(97)76075-2
- National Research Council. (2001). Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 7th rev. ed. Natl. Acad. Sci., Washington, DC.
- Oba, M. & Allen, M.S. (2000). Effects of brown midrib 3 mutation in corn silage on productivity of dairy cows fed two concentrations of dietary neutral detergent fiber: 1. Feeding behavior and nutrient utilization. *Journal of Dairy Science*, 83(6), 1333–1341. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(00)75000-4
- Oliveira, A. S., Weinberg, Z. G., Ogunade, I. M., Cervantes, A. A., Arriola, K. G., Jiang, Y., ... & Adesogan, A. T. (2017). Meta-analysis of effects of inoculation with homofermentative and facultative heterofermentative lactic acid bacteria on silage fermentation, aerobic stability, and the performance of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 100(6), 4587–4603. doi: 10.3168/jds.2016-11815
- 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*. *Applied and Environmental Microbiology*, 67(1), 125–132. doi.org/10.1128/AEM.67.1.125-132.2001.
- Penner, G.B., Steele, M.A., Aschenbach, J.R. & McBride, B.W. (2011). Ruminant Nutrition Symposium: Molecular adaptation of ruminal epithelia to highly fermentable diets. *Journal of Animal Science*, 89(4), 1108–1119. doi: 10.2527/jas.2010-3378

27. Plaizier, J. C., Li, S., Le Scieillour, M., Schurmann, B. L., Górka, P. & Penner, G. B. (2014). Effects of duration of moderate increases in grain feeding on endotoxins in the digestive tract and acute phase proteins in peripheral blood of yearling calves. *Journal of Dairy Science*, 97(11), 7076–7084. doi.org/10.3168/jds.2014–8162
28. Roth, G. W. & Heinrichs, A. J. (2001). Corn Silage Production and Management. The Pennsylvania State University.
29. Shinnors, K.J., Jirovec, A. G., Shaver, R. D., & Bal, M. (2000). Processing whole –plant corn silage with crop processing rolls on a pull –type forage harvester. *Applied Engineering in Agriculture*, 16(4), 323–331. doi: 10.13031/2013.5214
30. Sova, A.D., LeBlanc S.J., McBride, B.W. & DeVries, T.J. (2013). Associations between herd –level management practices, feed sorting, and milk production in freestall dairy farms. *Journal of Dairy Science*, 96, 4759–4770. doi.org/ 10.3168/jds.2013–6679
31. Stojanović, B., Grubić, G., Đorđević, N., Božičković, A. & Ivetić, A. (2010). Efekat stepena usitnjenosti silaže kuku- ruza i fizički efektivnih vlakana u ishrani visokoproduktivnih krava. *Zbornik naučnih radova*, 16(3–4), 31–39.
32. Stone, W.C. (1999). The effect of subclinical ruminal acidosis on milk components. Proc. Cornell Nutr. Conf. Feed Manufact., Syracuse, NY, Cornell Univ., Ithaca, NY (1999), 40–46.
33. TIBCO Statistica (2020). v. 14.0, TIBCO Software Inc, Palo Alto, CA, USA.
34. Van Soest, P.J. (1994). Nutritional Ecology of the Ruminant. 2nd ed. Comstock Publishing Associates, Ithaca, NY.
35. Yang, W.Z. & Beauchemin, K.A. (2006). Physically effective fiber: method of determination and effects on chewing, ruminal acidosis, and digestion by dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 89(7), 2618–2633. doi.org/10.3168/jds.S0022–0302(06)72339–6
36. [https://extension.psu.edu/troubleshooting –silage –problems](https://extension.psu.edu/troubleshooting-silage-problems) (pristupljeno 26. 1. 2024.)
37. <https://www.iso.org/standard/12872.html>, ISO 6497:2002, Hrana za životinje, Uzorkovanje (pristupljeno 6. 2. 2024.)

THE EVALUATION OF PHYSICAL CHARACTERISTICS OF CORN SILAGE ON THE DAIRY FARMS IN THE REPUBLIC OF CROATIA

SUMMARY

The aim of this study was to determine to what extent the corn silages meet the recommended values for the distribution of particle fractions, as a physical parameter in the overall silage evaluation. For this study of the distribution of fractions of corn silage particles, three –year studies were conducted in ten counties of the Republic of Croatia, having 234, 231, and 230 samples, respectively, in the years 2021, 2022, and 2023. The distribution of particle structure of corn silage was measured by a method of sieving over three sieves using the Penn State Particle Separator. According to this method, a physical quality of the corn silage was evaluated based on the target values of particle distribution per sieve: 1st sieve 3–8%, 2nd sieve 45–65%, 3rd sieve 20–30%, and at the bottom of the box up to 10%. In an intercounty comparison, the distribution values of corn silage particles in the years 2021 and 2022 were not statistically significant ($P > 0.05$), while the differences in values in the year 2023 were statistically significant ($P < 0.05$) only between Međimurje and Varaždin Counties. Following the values of the particle fractions by individual sieves, the best values were recorded on the sieve 2 in all three years, which was also statistically significant if compared to the sieve 1, sieve 3, and sieve 4 (box at the bottom), respectively. The values of particle structure between the individual classes of silage confirmed the statistically significant differences ($P < 0.05$) only in the year 2022. Based on the obtained results related to the distribution of particle fractions, it is evident that the silage preparing technique needs to be improved.

Keywords: corn silage, particle fractions, dairy cows, dairy farms, sieves

(Priljeno 20. ožujka 2024.; prihvaćeno 11. svibnja 2024. – Received on March 20, 2024; accepted on May 11, 2024)