

# Nutritivna kvaliteta kukuruzne silaže na mliječnim farmama u Republici Hrvatskoj

Nutritional Quality of Corn Silage on Dairy Farms in the Republic of Croatia

**Domaćinović, M., Vranić, I., Prakatur, I., Špehar, M., Ivkić, Z., Solić, D.**

**Poljoprivreda / Agriculture**

ISSN: 1848-8080 (Online)

ISSN: 1330-7142 (Print)

<https://doi.org/10.18047/poljo.28.1.9>



**Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek, Poljoprivredni institut Osijek**

Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek, Agricultural Institute Osijek

# NUTRITIVNA KVALITETA KUKURUZNE SILAŽE NA MLIJEČNIM FARMAMA U REPUBLICI HRVATSKOJ

Domaćinović, M.<sup>(1)</sup>, Vranić, I.<sup>(2)</sup>, Prakatur, I.<sup>(1)</sup>, Špehar, M.<sup>(2)</sup>, Ivkić, Z.<sup>(2)</sup>, Solić, D.<sup>(2)</sup>

Izvorni znanstveni članak

Original scientific paper

## SAŽETAK

Za potrebe vrjednovanja kvalitete kukuruzne silaže, u ovome je istraživanju analizirano 270 uzoraka na mliječnim farmama u dvanaest (12) županija. Pripremljeni uzorci analizirani su uz pomoć FT-NIR uređaju uz primjenu spektrometra AgriQuant-B1 (Model: QIA 1020), kojim su analizirane vrijednosti devet (9) nutritivnih, dva (2) pokazatelja fermentacije buraga te tri (3) pokazatelja fermentacije silaže kukuruza. Jedan fizički pokazatelj, distribucija veličine čestica silaže, određen je prosijavanjem preko sustava triju sita (Penn State Separator). Prosječne vrijednosti većine praćenih nutritivnih pokazatelja bile su zadovoljavajuće: suha tvar (ST) = 349 g kg<sup>-1</sup>, sir. protein = 65 g kg<sup>-1</sup>ST, sir. pepeo = 38 g kg<sup>-1</sup>ST, sir. vlakna = 180 g kg<sup>-1</sup>ST, kisela deterdžentska vlakna (KDV) = 210 g kg<sup>-1</sup>ST, neutralna deterdžentska vlakna (NDV) = 387 g kg<sup>-1</sup>ST, kiseli deterdžentski lignin (KDL) = 17 g kg<sup>-1</sup>ST, škrob = 336 g kg<sup>-1</sup>ST, neto energija mlijeka = 6,76 MJ g kg<sup>-1</sup>ST. Značajnija odstupanja u Max. i Min. utvrđena su za vrijednosti ST (156 nesukladnih uzoraka), za sirovi protein utvrđen je čak 231 nesukladan uzorak, za kisela deterdžentska vlakna 90, a za škrob 233 uzorka. Pokazatelji fermentacije buraga kao prosječna probavljiva organska tvar (pOT) iznosila je = 75,6 %, a probavljiva neutralna deterdžentska vlakna (pNDV) = 52,8 %. Prosječna pH vrijednost je bila poželjnih 3,85, uz prosječnu koncentraciju mliječne (54,9 g kg<sup>-1</sup>ST) i octene (21,1 g kg<sup>-1</sup>ST) kiseline. Prosječne vrijednosti distribucije veličine čestica silaža, mjerene četirima frakcijama rezultirale su sljedećim vrijednostima: sito 1–5,7 %; sito 2–55,7 %; sito 3–26,1 % i posuda na dnu–12,6 %. Najjača pozitivna korelativna povezanost utvrđena je između sirovih vlakana u odnosu na KDV ( $r = 0,870$ ), NDV ( $r = 0,959$ ) i KDL ( $r = 0,790$ ) te između NDV-a i KDV-a ( $r = 0,845$ ). Korelativna povezanost negativnoga predznaka bila je najjača između KDL-a i pOT-a ( $r = -0,844$ ), škroba u odnosu na sir. vlakna ( $r = -0,835$ ) i NDV ( $r = -0,809$ ), te pH i mliječne kiseline ( $r = -0,804$ ). Navedene korelativne veze između pokazatelja bile su i statistički visoko značajne ( $p < 0,001$ ).

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

## UVOD

Kao i u svijetu i u nas je silaža cijele biljke kukuruza danas gotovo nezamjenjiva komponenta obroka mliječnih i tovnih kategorija goveda. Višestruko korisni učinci razlog su da se silaža kukuruza u obrocima goveda primjenjuje kontinuirano cijele godine kao dominantno krmivo. Karakterizira ju visok prinos mase po jedinici proizvodne površine, jednostavnost i mali gubitci u proizvodnji silaže i dobra ješnost od strane životinja, a

uz to je konkurentna i cijenom (Roth i Heinrichs, 2001.). Budući da silaža ima značaj količinski dominantne komponente u obroku, za njezinu dobru konzumaciju i iskoristivost važno je proizvesti silažu (kg<sup>-1</sup> ST) u obroku

(1) Prof. dr. sc. Matija Domaćinović (mdomac@fazos.hr), doc. dr.sc. Ivana Prakatur – Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek, Vladimira. Preloga 1, 31000 Osijek, (2) Ivica Vranić, spec. ing. agr., dr. sc. Marija Špehar, dr. sc. Zdenko Ivkić, dr. sc. Dragan Solić, Hrvatska agencija za poljoprivredu i hranu, Vinkovačka cesta 63c, 31000 Osijek

mliječnih krava, jer 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.

Pored klimatskih prilika i agrotehlike u vrijeme proizvodnje, hranjivu vrijednost silaže kukuruza određuju i stadij rasta u vrijeme košnje, kvaliteta prerade krmiva te odnos pojedinih dijelova biljke u masi gotove visoke hranjive i energetske vrijednosti. Silaža kukuruza s karakterom voluminozne komponente veća je od 18 % SV-a silaže (Vranić i sur., 2004.), a prema Garciji (2016.) poželjan odnos biljke i zrna u kukuruznoj silaži jeste 50:50. Iako se ne može zanemariti važnost izbora genotipa kukuruza za silažu, dobre agrotehlike i optimalnih klimatskih prilika tijekom vegetacije, oni ipak u praktičnim uvjetima proizvodnje dobre sirovine (kukuruza) na polju ne moraju nužno značiti i dobru silažu.

Prvi važan uvjet za proizvodnju dobre silaže jest pravilno određeno vrijeme žetve, koje se odražava na udio suhe tvari (ST) i pogodnost sirovine za proces siliranja, na odnos pojedinih dijelova biljke, kao i na sadržaj hranjivih tvari, što izravno utječe na ukupnu hranjivu i energetska vrijednost silaže. S obzirom na to da se sadržaj hranjivih tvari, kao i njihov stupanj iskorištenja, tijekom rasta biljke mijenja, odabirom pogodnoga trenutka košnje treba postići visok prinos, uz dostatnu količinu lakoprobavljivih ugljikohidrata (šećera i škroba), koji rezultiraju kvalitetnim procesom fermentacije i visokom energetskom vrijednošću silaže, preko 6,5 MJ NEL/kg<sup>-1</sup> ST (DLG, 1997.). Istodobno, biljna masa u vrijeme skidanja treba imati i dobru biodostupnost teže probavljivih ugljikohidrata stabljike i lista kukuruza (mjerenu probavljivošću NDV-a), jer i o ovim hranjivim tvarima ovisi energetska vrijednost silaže. Pravi trenutak skidanja biljke kukuruza za silažu jest vrijeme završetka mlječne i početak voštane zriobe zrna, kada je mlječna linija na poziciji od 1/2–2/3 zrna, a ST oko 35 %. Prema Rothu i Heinrichsu (2001.) najbolji je prinos kukuruzne silaže, uz najmanje gubitke tijekom fermentacije kod ST od 35 %, a prema Vranić i sur. (2004.) 30–35 % ST-a. Bal i sur. (1997.) su također potvrdili da silaža kukuruza pri 35 % ST-a postiže i najveću proizvodnju mljeka.

Fizička svojstva (veličina) čestica kukuruzne silaže mjere se metodom prosijavanja preko triju sita (Penn State Particle Separator, Heinrichs, 2013.), prema kojoj je promjer otvora prvoga gornjeg sita 19 mm, drugoga sita 8 mm i trećega sita 4 mm. Prema ovoj metodi kvalitetna silaža kukuruza ima sljedeće ciljane vrijednosti distribucije čestica po sitima: prvo sito 3-8 %, drugo sito

45-65 %, treće sito 20-30 %, a na dnu kutije do 10 %. Detekcija vrijednosti distribucije čestica prema veličini važna je pri komponiranju TMR obroka (Heinrichs, 2013.; Grant i Ferraretto, 2018.), kao i za određivanje udjela fizički efektivnih vlakana (feNDV) koja utječu na tijek fizioloških procesa u buragu, kao i na proizvodni učinak životinjskoga organizma (Stojanović i sur., 2010.). Uz veličinu čestica, sadržaj i probavljivost NDV-a silaže kukuruza, značajno utječu na obujam konzumacije i vrijeme preživljanja, ali i na proizvodnju (Oba i Allen, 2000.).

Za hranjivu i higijensku stabilnost gotove silaže kukuruza vrlo je važna pH vrijednost, koja prema Rothu i Heinrichsu (2001.) u optimalnim uvjetima siliranja iznosi od 3,5–4,3. Dominantan udio mlječne kiseline veći je od 40 g kg<sup>-1</sup> ST, a kontroliran udio octene kiseline veći je od 20 g kg<sup>-1</sup> ST, te su, osim što pouzdano prikazuju tijek fermentacije, bez prisustva maslačne kiseline u ukupnim kiselinama kod dobrih silaža, važni i za njihovu ješnost. Na tijek fermentacije silaže ukazuje i sadržaj amonijačnoga dušika, čija ciljana vrijednost u silaži kukuruza treba biti < 7 %. Mlječna kiselina u silaži stimulatивно djeluje na njezinu dobru konzumaciju, što rezultira i povećanjem proizvodnje (Oliveira, i sur., 2017.), dok se porastom octene kiseline smanjuje konzumacija silaže (Wilkins i sur., 1971.). S povećanjem ST-a silaže kukuruza smanjuje se udio mlječne i octene kiseline, a raste pH vrijednost (Hu i sur., 2009.).

Cilj je ovoga istraživanja da se na temelju velikoga broja uzoraka silaže cijele biljke kukuruza kod srednjih i velikih proizvođača mljeka u RH dobije pouzdana slika o hranjivoj vrijednosti ove dominantne komponente obroka mlječnih kategorija goveda kao i odstupanja dobivenih vrijednosti pojedinih pokazatelja od ciljanih vrijednosti. Javnim prezentiranjem i tumačenjem postignutih rezultata, uz natjecateljski pristup provedbi istraživanja, želi se postići dodatan motiv podizanja svijesti kod proizvođača mljeka o značaju proizvodnje i pripreme vrhunske silaže kukuruza kao osnovnoga voluminoznog krmiva u obrocima mlječnih krava.

## MATERIJAL I METODE

Istraživanje je provedeno u sklopu četvrtoga ocjenjivanja kukuruzne silaže u RH, a uključivalo je govendarske farme različitih proizvodnih kapaciteta. U ovo monitoring istraživanje bilo je uključeno 270 uzorak kukuruzne silaže iz 12 županija, a uzorci su se odnosili na vegetacijsku 2020. godinu. Broj uzoraka u zastupljenim županijama (uglavnom kontinentalne Hrvatske) se značajnije razlikovao (Tablica 1.).

**Tablica 1. Broj uzoraka po županijama***Table 1. Number of samples by counties*

Županija / County	Broj uzoraka / Number of samples	Županija / County	Broj uzoraka / Number of samples
Bjelovarsko-bilogorska / Bjelovar-Bilogora County	25	Međimurska / Međimurje County	25
Brodsko-posavska / Brod-Posavina County	25	Vukovarsko-srijemska / Vukovar-Srijem County	25
Osječko-baranjska / Osijek-Baranja County	25	Zagrebačka / Zagreb County	30
Koprivničko-križevačka / Koprivnica-Križevci County	25	Istarska / Istria County	10
Krapinsko-zagorska / Krapina-zagorje County	25	Virovitičko-podravska / Virovitica-Podravina County	10
Varaždinska / Varaždin County	25	Požeško-slavonska / Požega-Slavonia County	20

Uzorkovanje su provele stručne osobe iz Centra za kontrolu i kvalitetu stočarskih proizvoda i djelatnici područnih ureda Centra za stočarstvo HAPIH-a. Uzorkovanje je provedeno ručno, pri čemu je s više uzorkovanih lokacija poprečnoga presjeka silaže izuzet uzorak (najmanje 1000 gr) i potom su od ukupne mase načinjena dva reprezentativna uzorka, od kojih je jedan korišten za analizu hranjivih tvari i energije, a drugi za određivanje veličine čestica silaže. Pripremljeni uzorci pakirani su u vakumirane PVC vrećice i odmah transportirani do laboratorija, u kojem su skladišteni u kontroliranim uvjetima (0–4 °C).

Radi analitičkoga istraživanja uzoraka silaže korištena je metoda FT–NIR uz primjenu spektrometra AgriQuant-B1 (Model: QIA 1020), a njome su ovom prigodom ispitani sljedeći pokazatelji: nutritivni (suha tvar, sirovi protein, sirovi pepeo, sirova vlakna, škrob, NDV - neutralna deterdžentska vlakna, KDV – kisela deterdžentska vlakna, KDL – kiseli deterdžentski lignin, energetska vrijednost (NEL MJ/kg ST – GfE, 2009 – njemačka preporuka), pokazatelji fermentacije buraga: (probavljiva organska tvar [pOT], probavljiva neutralna deterdžent vlakna [pNDV] te pokazatelji fermentacije silaže (pH vrijednost, octena kiselina, mliječna kiselina).

na). Uz upotrebu baze podataka nizozemskog laboratorija Eurofins Agro Testing Wageningen bv., utvrđene su vrijednosti prethodno navedenih pokazatelja. Fizički pokazatelj (distribucija veličine čestica) rađen je metodom prosijavanja preko triju sita (Penn State Particle Separator, Heinrichs, 2013.).

Na rezultatima analitičkih istraživanja praćenih pokazatelja provedena je statistička obrada primjenom statističkoga programa SAS Version 9.4 (SAS Inst. Inc., 2013.). Za izračun numeričkih varijabla, srednje vrijednosti ( $\bar{x}$ ), standardne devijacije (SD), minimuma (Min.) i maksimuma (Max.) korištena je procedura MEANS, a za izračun koeficijenata korelacije između analiziranih pokazatelja korištena je procedura CORR.

## REZULTATI I RASPRAVA

Tumačenje rezultata s raspravom odnosi se na prosječne vrijednosti praćenih nutritivnih pokazatelja prikazanih u Tablici 2, s vrijednostima odstupanja (Max. i Min.), dok se Tablicama 3. i 4. prikazuju vrijednosti koeficijenata korelacije i njihova statistička značajnost između pojedinih pokazatelja hranjive i energetske vrijednosti, te pokazatelja probavljivosti hranjivih tvari i pokazatelja fermentacije silaže kukuruza.

**Tablica 2. Prosječan kemijski sastav analiziranih pokazatelja kukuruzne silaže (n = 270)**

Table 2. Average chemical composition of analyzed indicators of corn silage (n = 270)

Pokazatelj / Indicator	Prosjek /Average	Maksimum / Max.	Minimum / Min.	SD
ST (g kg <sup>-1</sup> svježe silaže) / DM (g kg <sup>-1</sup> fresh silage)	349,9	508,0	175,0	43,78
Sirovi protein (g kg <sup>-1</sup> ST) / Crude protein (g kg <sup>-1</sup> DM)	65,9	107,0	37,0	9,38
Sirovi pepeo (g kg <sup>-1</sup> ST) / Crude ash (g kg <sup>-1</sup> DM)	38,4	75,0	20,0	7,14
Sirova vlakna (g kg <sup>-1</sup> ST) / Cude fiber (g kg <sup>-1</sup> DM)	180,1	321,0	132,0	24,6
KDV (g kg <sup>-1</sup> ST) / ADF (g kg <sup>-1</sup> DM)	210,4	360,0	16,0	33,13
NDV (g kg <sup>-1</sup> ST) / NDF (g kg <sup>-1</sup> DM)	387,0	636,0	300,0	47,04
KDL (g kg <sup>-1</sup> ST) / ADL (g kg <sup>-1</sup> DM)	17,4	32,0	11,0	3,02
Škrob (g kg <sup>-1</sup> ST) / Starch (g kg <sup>-1</sup> DM)	336,6	437,0	14,0	54,56
pH vrijednost / pH value	3,8	4,4	3,5	0,16
Mliječna kiselina (g kg <sup>-1</sup> ST) / Lactic acid (g kg <sup>-1</sup> DM)	54,9	99,0	2,0	14,72
Octena kiselina (g kg <sup>-1</sup> ST) / Acetic acid (g kg <sup>-1</sup> DM)	21,1	37,0	6,0	5,16
Probavljiva OT (% u ST) / Digestibility OM (% in DM)	75,6	81,1	63,4	2,15
pNDV (%) / dNDF (%)	52,8	66,6	43,6	3,89
NEL (MJ kg <sup>-1</sup> ST) / NEL (MJ (kg <sup>-1</sup> DM)	6,8	7,4	5,3	0,27

SD – standardna devijacija / SD – standard deviation; ST – suha tvar / DM – dry matter; KDV – kisela deterđžentska vlakna / ADF – acid detergent fiber; NDV – neutralna deterđžentska vlakna / NDF – neutral detergent fiber; KDL – kiseli deterđžentski lignin / ADL – acid detergent lignin; OT – organska tvar / OM – organic matter; NEL – neto energija mijeka / NEL – net energy for lactation

Prosječna vrijednosti ST-a koja u značajnoj mjeri određuje prinos, hranjivu vrijednost, a i pogodnost odvijanja procesa siliranja, bila je vrlo dobra (349,9 g kg<sup>-1</sup> ST), što je u skladu s ranije utvrđenim prosjekom kukuruzne silaže u RH (Grbeša 2001.). Ipak, treba reći da je, uz vrijednost minimuma od 175 g kg<sup>-1</sup> ST i maksimuma od 508 g kg<sup>-1</sup> ST, značajan broj uzoraka (156) u vrijednosti ST-a odstupao od ciljanih vrijednosti, što može biti posljedica vremenskih prilika tijekom vegetacije kao i nepravilno određenog trenutka žetve, izbora hibrida, agrotehnike i drugoga. Vrijednosti ST-a, što je prema dosadašnjim istraživanjima bilo očekivati, su potvrdile pozitivnu statistički značajnu korelaciju ( $p < 0,001$ ), s udjelom škroba od  $r = 0,543$  i probavljivošću OT-a od  $r = 0,430$ , dok je negativna srednje jaka korelacija dobivena u odnosu na udio sirovoga pepela, sirovih vlakana,

KDV-a, KDL-a i NDV-a (Tablice 3 i 4), što je u skladu s rezultatima Vranić i sur. (2004.) i Bala i sur. (1997.).

U usporedbi s ciljanim vrijednostima (73–78 %), probavljivost organske tvari (pOT) silaže kukuruza, prosječno je iznosila visokih 75,6 %, a uz to su i vrijednosti svih analiziranih uzoraka bile vrlo ujednačene (minimalna odstupanja u Min. i Max.). Dobra pOT pouzdan je pokazatelj povećanoga udjela lakoprobavljivih hranjivih tvari (škroba) te dobre energetske vrijednosti, što potencira i veću konzumaciju silaže ove kakvoće kod mliječnih životinja. Prethodne tvrdnje potvrđuje i izračun koeficijenta korelacije, gdje pOT statistički značajno ( $p < 0,001$ ) pozitivno korelira ( $r = 0,599$ ) s udjelom škroba, a u negativnoj je srednje jakoj korelaciji s KDV-om ( $r = -0,567$ ), NDV-om ( $r = -0,626$ ) i KDL-om ( $r = -0,844$ ), što je u skladu s istraživanjima Vranić i sur. (2004.).

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 (NRC, 2001.), te se od visokokvalitetne kukuruzne silaže očekuje udio proteina veći od 75 g kg<sup>-1</sup> ST. Prema rezultatima ovoga istraživanja, prosječna proteinska vrijednost iznosila je 65,8 g kg<sup>-1</sup> ST, što je na donjoj granici optimalnih vrijednosti. Zbog značajnih odstupanja Min. i Max. od srednje vrijednosti (37–107 g kg<sup>-1</sup> ST) uz čak 76,6 % nesukladnih uzoraka, očito je da se u proizvodnji kukuruza, kao i u pripremi silaže, trebaju tražiti pozitivna rješenja k povećanju i ujednačavanju proteinske vrijednosti. Prema vrijednostima koeficijentna korelacije (Tablice 3. i 4.), vrijednost proteina ( $p < 0,001$ ) u negativnoj je korelaciji s koncentracijom škroba ( $r = -0,447$ ), a u pozitivnoj korelaciji s udjelom pepela ( $r = 0,527$ ).

Prosječna vrijednost pepela u analiziranim silažama bila je zadovoljavajuća, 38,4 g kg<sup>-1</sup> ST (Tablica 2.), s 60 uzoraka (22,2 %) kod kojih su vrijednosti bile iznad ciljanih. Korelativni odnosi pepela ( $p < 0,001$ ) su pozitivni prema udjelu sirovih vlakana ( $r = +0,530$ ), KDV-u ( $r = +0,463$ ) i NDV-u ( $r = +0,495$ ), a negativni prema koncentraciji škroba ( $r = -0,705$ ), ST-a ( $r = -0,430$ ) i probavljivosti OT-a ( $r = -0,378$ ).

Prosječna vrijednost sirovih vlakana u ovome istraživanju iznosila je zadovoljavajućih 180 g kg<sup>-1</sup> ST, što je vrijednost izvrsne kukuruzne silaže (referentne vrijednosti od 180–200 g kg<sup>-1</sup> ST) koju životinje rado konzumiraju i dobro iskorišćuju. U okvirima referentnih vrijednosti sirovih vlakana nalazilo se 156 od 270 uzoraka silaže. Osim sirovih vlakana, mjereni su i prosječni udjeli NDV-a, koji je iznosio 387,0 g kg<sup>-1</sup> ST, zatim udio KDV-a od 210,4 g kg<sup>-1</sup> ST te KDL-a od 17,4 g kg<sup>-1</sup> ST, pri čemu su i kod ovih pokazatelja zabilježene vrijednosti koje odgovaraju razredu izvrsne silaže (Domaćinović i Solić, 2019.). U skladu s ovim istraživanjem, Khan i sur. (2015.) su u silaži kukuruza (ST= 331 g kg<sup>-1</sup>) dobili NDV od 386, odnosno KDV od 213 g kg<sup>-1</sup> ST. U potpunosti slika teže probavljive frakcije u silaži kukuruza daje prikaz probavljivosti NDV-a, a ona je u analiziranim silažama ( $n=270$ ) prosječno bila visokih 52,7 %, što također imaju najbolje silaže. Prema Hoffmanu i Combsu (2004.), očekivane vrijednosti za pNDV u kukuruznoj silaži su u rasponu od 44 i 63,8 %. Jiang i sur. (2017.) utvrdili su da nutritivno vrijedne silaže kukuruza (s optimalnim vrijednostima sadržaja NDV-a, pNDV-a i veličine čestica) pozitivno djeluju na vrijeme konzumacije i preživljanja hrane, što doprinosi produžetku vremena mirovanja. Kao i u istraživanjima Moss i sur. (2001.) te Vranić i sur. (2004.), i u ovome istraživanju je potvrđena statistički značajna ( $p < 0,001$ ) negativna srednje jaka korelacija između vrijednosti NDV-a i ST-a ( $r = -0,626$ ), škroba ( $r = -0,809$ ) te pOT-a ( $r = -0,743$ ).

S obzirom na vrijednosti prethodno prikazanih pokazatelja, potvrđena je očekivano dobra i prosječna vrijednost škroba analiziranih silaža kukuruza, a iznosila

je 336,6 g kg<sup>-1</sup> ST, uz tek 27,4 % uzoraka čije su vrijednosti bile izvan ciljanih. Gotovo identičnu vrijednost škroba dobili su Khan i sur. (2015.), 339 g kg<sup>-1</sup> ST u silaži čija je ST bila 331 g kg<sup>-1</sup>. Značajnije niže rezultate u usporedbi s ovim istraživanjem dobili su Linn i sur. (2006.), kod kojih je silaža kukuruza (349 g kg<sup>-1</sup> ST) zabilježila tek 295 g kg<sup>-1</sup> ST. Kako se zrenjem silažnoga kukuruza povećava udio ST-a, a u njoj izraženije raste udio škroba koji rezultira boljom probavljivošću OT-a, i u ovim je ispitivanjima škrob u pozitivnoj srednje jakoj korelaciji u odnosu na udio ST-a ( $r = +0,543$ ) i pOT-a ( $r = +0,599$ ), što je prikazano tablicama 3. i 4.

U analiziranim silažama, prosječna je energetska vrijednost utvrđena na 6,76 MJ NEL/kg<sup>-1</sup> ST, što postižu vrlo dobre silaže. U odnosu na ostale nutritivne pokazatelje, energetska vrijednost pokazala je i najveću ujednačenost svih uzorkovanih silaža (samo 29 nesukladnih uzoraka), 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. Kiš (2012.) je u svojem istraživanju potvrdio prethodne tvrdnje i kod silaže kukuruza od 307–404 g kg<sup>-1</sup> ST zabilježio minimalno povećanje energetske vrijednosti od 6,48 na 6,68 MJ NEL kg<sup>-1</sup>.

U ocjeni silaža kukuruza mjerena su pored nutritivnih i tri pokazatelja fermentacije silaže, pH vrijednost te koncentraciju mliječne i octene kiseline. Prosječna vrijednost 270 analiziranih silaža kukuruza bila je 3,85, što je u granicama optimalnih vrijednosti od 3,8–4,2 (Linn i sur., 2006.), uz vrlo mala odstupanja u Min. (3,50) i Max. (4,40), a to potvrđuje i vrijednost SD-a od 0,16. Rezultati izračuna korelativnih odnosa (Tablice 3. i 4.) potvrđuju statistički značajno jaku negativnu korelaciju ( $p < 0,001$ ) između pH vrijednosti i udjela mliječne kiseline ( $r = -0,804$ ). Ova negativna korelativna povezanost opravdava se time što pri nepravilnome tijeku i intenzitetu procesa fermentacije dolazi do smanjenja rada mliječno–kiselih bakterija i stvaranja mliječne kiseline, te pH raste (Garcia, 2016.). Prosječna vrijednost mliječne kiseline u kukuruznoj silaži je bila zadovoljavajućih 54,9 g kg<sup>-1</sup> ST, ali uz vrlo izražena odstupanja u Min. (2 g kg<sup>-1</sup> ST) i Max. (99 g kg<sup>-1</sup> ST). U 31 uzorku je vrijednost mliječne kiseline bila niža od ciljane vrijednosti (> 40 %). Slična konstatacija vrijedi i za prosječnu vrijednost udjela octene kiseline od 21,1 g kg<sup>-1</sup> ST, ali kod ovoga je pokazatelja još značajni broj uzoraka (140) imao nesukladne vrijednosti u odnosu na očekivane (< 20 g kg<sup>-1</sup> ST). Iz ovoga je moguće ustvrditi da kod značajnoga broja silaža 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 znano je da mliječna kiselina ima pozitivno izražen baktericidni, a octena fungicidni učinak (Oude Elferink i sur., 2001.).

**Tablica 3. Prikaz koeficijenta korelacije između praćenih pokazatelja hranjive i energetske vrijednosti silaže kukuruza**  
**Table 3. Representation of correlation coefficients between monitored indicators of nutritional and energy value of corn silage**

Pokazatelj/ Indicators	Sirovi protein (g kg <sup>-1</sup> ST) / Crude protein (g kg <sup>-1</sup> DM)	Sirovi pepeo (g kg <sup>-1</sup> ST) / Crude ash (g kg <sup>-1</sup> DM)	Sirova vlakna (g kg <sup>-1</sup> ST) / Cude fiber (g kg <sup>-1</sup> DM)	KDV (g kg <sup>-1</sup> ST) / ADF (g kg <sup>-1</sup> DM)	NDV (g kg <sup>-1</sup> ST) / NDF (g kg <sup>-1</sup> DM)	KDL (g kg <sup>-1</sup> ST) / ADL (g kg <sup>-1</sup> DM)	Škrob (g kg <sup>-1</sup> ST) / Starch (g kg <sup>-1</sup> DM)	NEL (MJ kg <sup>-1</sup> ST) / NEL (MJ (kg <sup>-1</sup> DM)
ST (g kg <sup>-1</sup> svježe silaže) / DM (g kg <sup>-1</sup> fresh silage)	-0,125	-0,430*	-0,645*	-0,567*	-0,627*	-0,503*	0,544*	0,126
Sirovi protein (g kg <sup>-1</sup> ST) / Crude protein (g kg <sup>-1</sup> DM)		0,527*	0,103	0,093	0,136	0,056*	-0,448*	0,003
Sirovi pepeo (g kg <sup>-1</sup> ST) / Crude ash (g kg <sup>-1</sup> DM)			0,531*	0,463*	0,495*	0,465*	-0,705*	-0,072
Sirova vlakna (g kg <sup>-1</sup> ST) / Cude fiber (g kg <sup>-1</sup> DM)				0,870*	0,959*	0,790*	-0,835*	-0,115
KDV (g kg <sup>-1</sup> ST) / ADF (g kg <sup>-1</sup> DM)					0,845*	0,657*	-0,755*	-0,090
NDV (g kg <sup>-1</sup> ST) / NDF (g kg <sup>-1</sup> DM)						0,759*	-0,809*	-0,111
pNDV (%) / dNDF (%)						-0,345*	-0,056	0,012
KDL (g kg <sup>-1</sup> ST) / ADL (g kg <sup>-1</sup> DM)							-0,607*	-0,127
Škrob (g kg <sup>-1</sup> ST) / Starch (g kg <sup>-1</sup> DM)								0,089
pH vrijednost / pH value								0,009
Mliječna kiselina (g kg <sup>-1</sup> ST) / Lactic acid (g kg <sup>-1</sup> DM)								-0,009
Octena kiselina (g kg <sup>-1</sup> ST) / Acetic acid (g kg <sup>-1</sup> DM)								-0,077

\* statistička signifikantnost / statistical significance ( $p < 0,001$ ); pNDV – probavljiva neutralna deterdžentska vlakna / dNDF – digestibility neutral detergent fiber

**Tablica 4. Prikaz koeficijenta korelacije između praćenih pokazatelja probavljivosti hranjivih tvari i pokazatelja fermentacije silaže kukuruza**

**Table 4. Representation of correlation coefficients between monitored indicators of nutrients digestibility and indicators of maize silage fermentation**

Pokazatelj / Indicators	Probavljiva OT (% u ST-u) / Digestibility OM (% in DM)	pNDV (%) / dNDF (%)	pH vrijednost / pH value	Mliječna kiselina (g kg <sup>-1</sup> ST) / Lactic acid (g kg <sup>-1</sup> DM)	Octena kiselina (g kg <sup>-1</sup> ST) / Acetic acid (g kg <sup>-1</sup> DM)
ST (g kg <sup>-1</sup> svježe silaže) / DM (g kg <sup>-1</sup> fresh silage)	0,431*	-0,170*	-0,013*	-0,101	-0,796*
Sirovi protein (g kg <sup>-1</sup> ST) / Crude protein (g kg <sup>-1</sup> DM)	-0,033	0,098	-0,068	0,390*	0,203*
Sirovi pepeo (g kg <sup>-1</sup> ST) / Crude ash (g kg <sup>-1</sup> DM)	-0,378*	0,135	-0,117	0,434*	0,554*
Sirova vlakna (g kg <sup>-1</sup> ST) / Cude fiber (g kg <sup>-1</sup> DM)	-0,777*	-0,034	0,068	0,027	0,560*
KDV (g kg <sup>-1</sup> ST) / ADF (g kg <sup>-1</sup> DM)	-0,660*	0,021	0,026	0,056	0,498*
NDV (g kg <sup>-1</sup> ST) / NDF (g kg <sup>-1</sup> DM)	-0,743*	0,065	0,204*	-0,095	0,512*
pNDV (%) / dNDF (%)	0,450*		0,018	0,039	0,122
KDL (g kg <sup>-1</sup> ST) / ADL (g kg <sup>-1</sup> DM)	-0,844*		0,166*	-0,086	0,451*
Škrob (g kg <sup>-1</sup> ST) / Starch (g kg <sup>-1</sup> DM)	0,599*		0,186	-0,384*	-0,545*
pH vrijednost / pH value	-0,147			-0,804*	-0,086
Mliječna kiselina (g kg <sup>-1</sup> ST) / Lactic acid (g kg <sup>-1</sup> DM)	0,055				0,237*
Octena kiselina (g kg <sup>-1</sup> ST) / Acetic acid (g kg <sup>-1</sup> DM)	-0,371*				
NEL (MJ kg <sup>-1</sup> ST) / NEL (MJ (kg <sup>-1</sup> DM)	0,138				

\* statistička signifikantnost / statistical significance ( $p < 0,001$ ); pNDV – probavljiva neutralna deterdžentska vlakna / dNDF – digestibility neutral detergent fiber

Određivanje strukture čestica silaže prosijavanjem preko triju sita (Penn State Particle Separator, Heinrichs, 2013.) utvrđeno je prema izmjerenim prosječnim vrijednostima (sito 1 – 5,7 %; sito 2 – 55,7 %; sito 3 – 26,1 % i posuda na dnu – 12,6 %) da je veličina čestica neujednačena, odnosno da vrijednosti frakcije 4 nisu u skladu s očekivanim. Frakcija 4 (na dnu posude, < 4 mm) bila je značajnije povećana od ciljanih vrijednosti (< 10 %). Nesukladnih uzoraka utvrđeno je na situ 1 – 60,7 %, na situ 2 – 37 %, na situ 3 – 52,9 % i na dnu kutije – 72,5 %. Dužina čestica silaže značajno utječe na vrijeme provedeno u hranjenju, potvrđuju Fernandez i Michalec-Doreau (2002.), koji su zabilježili i smanjenje vremena hranjenja za 43 min./dan kada se prosječna veličina čestica silaže kukuruza smanjila s 12 na 4,3 mm, a slične tvrdnje navode i Kononoff i Heinrichs (2003.) za silažu lucerne, kada je smanjenjem prosječne veličine čestica sa 6,8 na 4,1 mm smanjeno i vrijeme hranjenja za 36 min./dan, ali je u ovome slučaju došlo i do povećanja konzumacije ST-a za 3,3 kg/dan. Veličina čestica silaže kukuruza utječe pozitivno na stimulaciju preživljanja, podržavajući dobru mikrobiološku aktivnost buraga i prevenirajući probavne smetnje u njemu (Yang i Beauchemin, 2006.).

## ZAKLJUČAK

Evaluacija 270 analiziranih silaža kukuruza na mliječnim farmama u dvanaest (12) županija u vegetacijskoj 2020. godini ponudila je prosječnu vrijednost silaže koja pripada razredu dobre silaže. Iako su prosječne vrijednosti pojedinačno praćenih pokazatelja silaže kukuruza dobre, ipak treba skrenuti pozornost na uočena značajna odstupanja prosječnih vrijednosti pojedinih pokazatelja od srednjih vrijednosti, što upućuje na neujednačenu kvalitetu proizvodnje silaže između pojedinih proizvođača. Na temelju vrijednosti praćenih pokazatelja moguće je tvrditi da se ujednačena kvaliteta silaže može postići preciznijim određivanjem trenutka žetve, bolje podešenim silokombajnom i kvalitetnije vođenim postupkom s biljnom masom u silosu. Kako u intenzivnoj proizvodnji mlijeka krma visoke nutritivne i higijenske kvalitete nema alternativu, poboljšanjem tehničko-tehnoloških uvjeta u proizvodnji i pripremi silaže treba uložiti dodatan napor glede podizanja njezine kvalitete i ujednačenosti. Silaža kukuruza kao količinski dominantno krmivo doprinijela bi povećanjem kvalitete većoj i konkurentnijoj domaćoj proizvodnji mlijeka.

## LITERATURA

- 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. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(97\)76202-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(97)76202-7)
- DLG–Deutsche Landwirtschafts Gesellschaft (1997). DLG–Futterwerttabellen Wiederkäuer. DLG– Verlag, Frankfurt, 212 pp.

- Domaćinović, M., & Solić, D. (2019). Predstavljanje prvog sustava ocjene silaže kukuruza u Hrvatskoj. XIV savjetovanje uzgajivača goveda u Republici Hrvatskoj, *Zbornik predavanja*, 7-15.
- Fernandez, I., & Michalec-Doreau, B. (2002). Effect of maturity stage and chopping length of maize silage on particle size reduction in dairy cows. *Anim. Res.* 51, 445-454. <https://doi.org/10.1051/animres:2002040>
- Garcia A. (2016). Chapter Corn Silage Production and Utilization, In Clay, D. E., Clay, S. A., Byamukama, E. (eds). iGROW Corn: Best Management Practices. South Dakota State University, 1-12.
- GfE (Society of Nutrition Physiology) (2009). New equations for predicting metabolisable energy of compound feeds for cattle. *Proc. Soc. Nutr. Physiol.* 18, 143-146.
- Grant, R.J., & Ferraretto, L.F. (2018). Silage review: Silage feeding management: Silage characteristics and dairy cow feeding behavior, *J. Dairy Sci.* 101, 4111-4121. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13729>
- Grbeša, D. (2001). Završno izvješće projekta: Hranjiva vrijednost voluminozne krme Hrvatske. *Ministarstvo poljoprivrede i šumarstva RH*, 1-5.
- Heinrichs, J. (2013). The Penn State Particle Separator. Penn State Extension, *Department of Animal Science, DSE 13, 186*, 1-8.
- Hoffman, P., & Combs, D. (2004). Using NDF digestibility in ration formulation. University of Wisconsin Extension.
- Hu, W., Schmidt R.J., McDonnell 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. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1788>
- Jiang, F. G., Lin, X. Y., Yan, Z. G., Hu, Z. Y., Liu, G. M., Sun, Y. D., Liu, X. W., & Wang, Z. H. (2017). Effect of dietary roughage level on chewing activity, ruminal pH, and saliva secretion in lactating Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 100, 2660-2671. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11559>
- 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. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6703>
- Kiš, G. (2012). Hranjivost dijelova i cijele biljke silažnog kukuruza u različitim stadijima zrelosti zrna. Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet, *Doktorska disertacija*, 105.
- Kononoff, P. J., & Heinrichs A.J. (2003). The effect of reducing alfalfa haylage particle size on cows in early lactation. *J. Dairy Sci.* 86, 1445-1457. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)73728-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)73728-X)
- Linn, J., Salfer, J., Martens, D., & Peterson, P. (2006). Guide to evaluating corn silage quality. 1-2.
- Moss, B.R., Reeves, D.W., Lin, J.C., Torbert, H.A., McElhenney, W.H., 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. [https://doi.org/10.1016/S0377-8401\(01\)00303-0](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(01)00303-0)



18. NRC - National Research Council. (2001). Nutrient Requirements of Dairy Cattle. Seventh Revised Edition 2001. National Academic Press, Washington, D.C., 381 pp.
19. 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. *J. Dairy Sci.*, 83, 1333-1341. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(00\)75000-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(00)75000-4)
20. Oliveira, A. S., Weinberg, Z. G., Ogunade, I. M., Cervantes, A. A. P., Arriola, K.G., Jiang, Y., Kim, D., Li, X., Goncalves, M.C.M, Vyas, D., & Adesogan, A. T. (2017). Meta-analysis of the effects of inoculation with homo-fermentative and facultative heterofermentative lactic acid bacteria on silage fermentation, aerobic stability, and the performance of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 100, 4587-4603. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11815>
21. 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. <https://doi.org/10.1128/AEM.67.1.125-132.2001>
22. Roth, G. W., & Heinrichs, A. J. (2001). Corn Silage Production and Management, The Pennsylvania State University.
23. SAS Institute Inc. (2013). SAS/STAT® 9.4 User's guide. Cary, NC: SAS Institute Inc.
24. Vranić, M., Knežević, M., Perčulija, G., Grbeša, D., Leto, J., Bošnjak, K., & Rupić, I. (2004). Kvaliteta kukuruzne silaže na obiteljskim poljoprivrednim gospodarstvima, *Mljekarstvo*, 54(3), 175-186.
25. Wilkins, R. J., Hutchinson, K. J., Wilson, R. F., & Harris, C. E. (1971). The voluntary intake of silage by sheep. 1. Interrelationships between silage composition and intake. *J. Agric. Sci.*, 77, 531-537. <https://doi.org/10.1017/S0021859600064613>
26. Yang, W.Z., & Beauchemin, K. A. (2006). Increasing the physically effective fiber content of dairy cow diets may lower efficiency of feed use. *J. Dairy Sci.*, 89, 2694-2704. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72345-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72345-1)

## NUTRITIONAL QUALITY OF CORN SILAGE ON DAIRY FARMS IN THE REPUBLIC OF CROATIA

### SUMMARY

**For the purpose of corn silage quality evaluation, 270 samples on dairy farms in twelve (12) counties were analyzed in this study. The prepared samples were subjected to the FT-NIR device using the AgriQuant-B1 spectrometer (Model: QIA 1020), which analyzed the values of nine (9) nutritional, two (2) indicators of rumen fermentation, and three (3) indicators of corn silage fermentation. One physical indicator, the silage particle size distribution, was determined by sieving through a three-sieve system (Penn State Separator). The average values of most of the monitored nutritional indicators were satisfactory: DM = 349 g kg<sup>-1</sup>, crude protein = 65 g kg<sup>-1</sup> DM, crude ash = 38 g kg<sup>-1</sup> DM, crude fiber = 180 g kg<sup>-1</sup> DM, acid detergent fiber = 210 g kg<sup>-1</sup> DM, neutral detergent fiber = 387 g kg<sup>-1</sup> DM, acid detergent lignin = 17 g kg<sup>-1</sup> DM, starch = 336.59 g kg<sup>-1</sup> DM, net energy of milk = 6.76 MJ g kg<sup>-1</sup> DM. Significant deviations in Max. and Min. were found for the DM values (156 non-compliant samples), as many as 231 non-compliant samples were found for crude protein, 90 non-compliant samples were detected for the acid detergent fibers, and 233 for starch. The rumen fermentation indicators, expressed as average digestible organic matter (dOM), amounted to 75.6%, and those of digestible neutral detergent fiber (dNDF) amounted to 52.8%. The average pH value reached a desirable value of 3.85, with an average concentration of lactic acid (54.9 g kg<sup>-1</sup> DM) and acetic acid (21.1 g kg<sup>-1</sup> DM). The average values of silage particle size distribution, measured through four fractions, resulted in the following values: sieve 1 – 5.7%; sieve 2 – 55.7%; sieve 3 – 26.1% and bottom vessel – 12.6%. The strongest positive correlation was found between the crude fiber in relation to the ADF ( $r = 0.870$ ), NDF ( $r = 0.959$ ), and ADL ( $r = 0.790$ ) and between the NDF and ADF ( $r = 0.845$ ). Negative correlation was strongest between the ADL and dOM ( $r = -0.844$ ), between the starch compared to the CF ( $r = -0.835$ ) and NDF ( $r = -0.809$ ), and between the pH and lactic acid ( $r = -0.804$ ). These correlations between the indicators were also statistically highly significant ( $p < 0.001$ ).**

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

(Received on November 19, 2021; accepted on January 12, 2022 - *Primljeno 19. studenoga 2021.; prihvaćeno 12. siječnja 2022.*)