

# Tehnologija proizvodnje i skladištenja kukuruzne silaže u proizvodnji bioplina

---

Špelić, Karlo; Grubor, Mateja; Matin, Ana; Kontek, Mislav; Jurišić, Vanja

Source / Izvornik: **Krmiva : Časopis o hranidbi životinja, proizvodnji i tehnologiji krme, 2022, 64, 93 - 103**

**Journal article, Published version**

**Rad u časopisu, Objavljena verzija rada (izdavačev PDF)**

<https://doi.org/10.33128/k.64.2.4>

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:204:004837>

Rights / Prava: [Attribution-NonCommercial 3.0 Unported/Imenovanje-Nekomercijalno 3.0](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-06-25**



Repository / Repozitorij:

[Repository Faculty of Agriculture University of Zagreb](#)



### SAŽETAK

Globalne potrebe za energijom u stalnom su porastu, što je u posljednje vrijeme vidljivo i kroz povećanje cijena energenata. Iz navedenog razloga, obnovljivi izvori predstavljaju sve značajniji izvor energije. Prema zadnjim europskim trendovima, a zbog stupanja na snagu novih Europskih direktiva jednogodišnje kulture postaju neodgovarajuće za uzgoj zbog negativnog učinka na prehrambeni sektor, ali i zbog sve većeg utjecaja na klimatske promjene. Jedna od takvih sirovina je silažni kukuruz, odnosno kukuruzna silaža koja se koristi kao sirovina u proizvodnji bioplina. U ovom radu dat je pregled dosadašnjih spoznaja o tehnologiji proizvodnje, ali i skladištenju kukuruzne silaže i njene primjene u proizvodnji bioplina. Cilj rada je dati odgovor na pitanje zašto je kukuruz konzerviran u obliku silaže postao učestalo korištena jednogodišnja energetska kultura u proizvodnji biogoriva, ali i ukazati na probleme njegovog korištenja ukoliko se isti trend nastavi u budućnosti.

Ključne riječi: kukuruzna silaža, skladištenje, bioplin

### UVOD

Kukuruz (*Zea Mays*) kao jedna od glavnih uzgojnih kultura u svijetu prvenstveno predstavlja iznimno bitan izvor hrane. No, osim korištenja za potrebe hrane kukuruz predstavlja bitan faktor u proizvodnji energije i s razlogom se naziva „zrno života“. Dobro je poznato kako su najveći proizvođači kukuruza u svijetu SAD i Kina (FAOSTAT, 2020.). Hrvatska trenutno prema podacima DZS-a za 2020. godinu uzgaja kukuruz na površini od 288 398 hektara pri čemu se proizvelo 2 430 598 tona suhog zrna kukuruza. Kada je riječ o proizvodnji kukuruzne silaže, prema podacima DZS-a u 2020. godini silažni kukuruz posijan je na površini od 30 113 hektara, pri čemu je prosječan prinos silaže iznosio 41,9 t ha<sup>-1</sup>, a ukupan 1 261 067 tona. Budući da se proizvedena silaža najviše koristi u hranidbi stoke

kao silaža cijele biljke ona se definira kao voluminozno krmivo (Zimmer i sur., 2009.), dok bi se za potrebe proizvodnje energije trebala definirati kao konvencionalan energetska usjev prve generacije.

Postoje mnogi načini kako stvoriti energiju iz kukuruza (Eryilmaz i sur., 2016.; Moreda, 2016.; Karimi-Alavijeh i Yagmaei, 2016.), ali komercijalni tipovi proizvodnje baziraju se na biodizelu, bioetanolu i bioplinu (Hijazi i sur., 2016.). U Hrvatskoj trenutno ne postoji proizvodnja biodizela i bioetanola iz kukuruza, ali zbog toga postoji proizvodnja bioplina gdje se u većini slučajeva kao dodatak koristi silažni kukuruz (Kiesel i Lewandowski, 2017.). Kukuruz se u Europi i svijetu masovno uzgaja za proizvodnju bioplina (Nkemka i sur., 2015.), Njemačka uzgoji više od 2 282 000 hektara kukuruza godišnje za potrebe proizvodnje bioplina, a Italija oko 1 172 000 hektara.

Karlo Špelić, mag. ing. agr, e-mail: kspelic@agr.hr, dr. sc. Mateja Gruber, izv. prof. dr. sc. Ana Matin, e-mail: amatin@agr.hr, orcid.org/0000-0002-9949-0278, Mislav Kontek mag. ing. agr., izv. prof. dr. sc. Vanja Jurišić, e-mail: vjurisic@agr.hr, orcid.org/0000-0002-4071-8637; Agronomski fakultet Zagreb, Sveučilište u Zagrebu, Svetošimunska cesta 25, 10000 Zagreb, Hrvatska

(Casati, 2013.; Becenetti i sur. 2014.). Razlog tomu je što daje izuzetno velike prinose zelene mase što znači da se može proizvesti velika količina energije. (Gagro i Herceg, 2005.)

Iako se od kukuruzne silaže cijele biljke može dobiti velika količina energije postoje određene negativne strane proizvodnje silažnog kukuruza. Utjecaj sjetve kukuruza predviđenog za siliranje prvenstveno ima negativan utjecaj na tlo jer ubiranjem cijele biljke kukuruza iznosimo veliku količinu nadzemne mase. Pri tome, na parceli ostaje samo korijen i manji dio stabljike koja se nalazi neposredno iznad tla. Uzastopni uzgoj na istoj parceli može dovesti do erozije tla, smanjenja organske tvari, zbijanja tla te pojave bolesti i štetnika (Powelson i sur., 2011.), (Mayer i sur., 2014.). Stoga, u proizvodnji kukuruza za potrebe silaže potrebno je paziti da se navedene negativne posljedice ne dogode, a to se jedino može provesti praćenjem plodoreda i uvođenjem pokrovnih usjeva nakon ubiranja (Allen i sur., 2003.). Uz navedene probleme postoji i negativan utjecaj korištenja jednogodišnjih kultura u proizvodnje bioplina i hrane. Time se dolazi u međusobnu kompeticiju između proizvodnje hrane i energije iz istih proizvoda. Prema predviđanjima, do 2050. godine svjetska potreba za kalorijskim vrijednostima usjeva trebat će biti veća za 60 % od kalorijske vrijednosti koja je bila dostupna 2006. godine. Sukladno navedenom potreba za energijom biti će veća i proizvodnja energije iz jednogodišnjih kultura koje se koriste za hranu i proizvodnju energije neće biti održiv. Potrebno je pronaći kulture koje mogu zamijeniti kukuruz u proizvodnji održive energije (Krička i sur., 2017.; Alexandratos i sur., 2012.; Tilman i sur., 2011.; Serchinger i sur., 2015.). Zbog toga cilj ovog rada je dati uvid kako ispravno uzgojiti i uskladištiti kukuruznu silažu kako bi se očuvala njena visoka kvaliteta i energetska vrijednost.

#### *Uzgoj kukuruza za potrebe proizvodnje silaže*

Uzgoj kukuruza za potrebe proizvodnje silaže razvijen je pojavom tehnike konzerviranja putem siliranja unazad 50-tak godina. Postalo je najzastupljenije voluminozno krmivo u hranidbi, a tek kasnije i za potrebe proizvodnje energije. Razlog tomu je visoki potencijal rodnosti zbog visokog prinosa nadzemnog dijela stabljike kukuruza kojom se pravilnim konzerviranjem može dobiti velika energetska vrijednost (Gantner i sur., 2020.). No, kako bi se dobila što veća količina energije s jedinice površine

prvotno je potrebno postići niz preduvjeta s ciljem proizvodnje kvantitativne i kvalitetne silaže, a sam proces proizvodnje treba promatrati već od same sjetve.

Gagro i Herceg (2005.) navode utjecaj gustoće sjetve na prinos nadzemne mase kukuruza. Rezultatima je utvrđen najveći prinos nadzemne mase kukuruza gustoćom sklopa od 100 000 biljaka/ha kod svih ispitanih hibrida kukuruza. Najgušći sklop od 115 000 biljaka/ha imao je manji prinos nadzemne mase od prethodno navedenog sklopa, dok je najmanji prinos ostvario sklop od 70 000 biljaka/ha. Gustoća sjetve ima utjecaj na prinos, ali vrlo gustom sjetvom dolazi do razvitka sterilnih biljaka koje ne mogu razviti veliki potencijal prinosa nadzemne mase. Prevelika gustoća sjetve može se negativno odraziti na kvalitetu silaže (Sanderson i sur., 1995.), ali i na smanjenje vlažnosti silaže tijekom sezone siliranja jer sve biljke nemaju dovoljno hranjiva i vlage. (Ganoë i Roth, 1992.). Gustoća sjetve povezana je s prinosom zrna, a samim time i kvalitetom silaže. Cox (2013.) navodi kako je optimalni sklop po jedinici površine za ostvarivanje prinosa zrna i prinosa nadzemne mase 88 000 biljaka/ha u povoljnim uvjetima što se podudara s tvrdnjom da gustoća sjetve za potrebe proizvodnje silaže treba biti veća za 7,5 % od preporučene gustoće sjetve od strane proizvođača sjemena prilikom proizvodnje kukuruza za zrno (Eggleston, 1996. i Cox, 1997.).

Prema Pucariću i sur. (1997.) prilikom izbora hibrida za siliranje cijele biljke potrebno je koristiti hibride kukuruza koji će tijekom mjeseca rujna imati vlažnost silirane mase u rasponu od 65 do 75 % i vlažnost zrna oko 45 %. Iz navedenog za područje Hrvatske može se dati preporuka sjetve hibrida FAO grupe 600 – 700 za istočnu Hrvatsku, od 500 – 600 za područje središnje Hrvatske i FAO grupe od 300 – 400 za zapadne dijelove Hrvatske. Dobro je poznato da najčešće kukuruz za uzgoj silaže može biti u tipu zubana, polutvrđanaca (kvalitenih zubana) i tvrđunca, a prema istraživanjima najbolji tip za uzgoj silaže je polutvrđunac zbog najboljeg omjera suhe tvari po hektaru, sadržaja energije i sadržaja škroba koji je bitan za proces fermentacije i energetske vrijednosti silaže (Grbeša, 2016.)

Izražen je i utjecaj klimatskih uvjeta na rast i razvoj biljke, ali i na njen kemijski sastav tijekom vegetacijskog razdoblja. Količina padalina u godini

proizvodnje povezana je s udjelom suhe tvari u biljci. U vegetacijskom razdoblju s velikom količinom padalina biljka ima manji udio suhe tvari (Vranić i sur., 2004.; Orehovački i sur., 2013.), a tijekom sušne sezone udio suhe tvari je povećan (Grbeša, 2016.; Orehovački i sur., 2013.). Utjecaj visokih temperatura tijekom vegetacijskog razdoblja kukuruza rezultira smanjenom koncentracijom mliječne kiseline, te kasnije aerobne stabilnosti silaže, a uzrok tomu je povećana vrijednost pH (Ashbell i sur., 2002.; Weinberg i sur., 2001.; Orehovački i sur., 2013.). Povećana gnojidba dušikom može imati pozitivan utjecaj na povećanje prinosa nadzemne mase kukuruza, ali i na koncentraciju proteina u biljci (Cheremy i Cox, 2001.).

#### *Energetska vrijednost kukuruza*

Upotreba kukuruzne silaže u proizvodnji energije moguća je kroz proizvodnju bioplina, obnovljivog goriva koje se proizvodi anaerobnom razgradnjom (fermentacijom) uz prisustnost hidrolitičkih, acedogenih i metanogenih bakterija. Pretežno se sastoji od 50-60 % metana, 30-40 % CO<sub>2</sub> te 2000 ppm H<sub>2</sub>S koji predstavlja jedini nepoželjan element (Kaur i Phutela, 2016.; Sheets i sur., 2017.; Villadsen i sur., 2019.). Svjetska proizvodnja bioplina od 2000. godine s proizvodnjom od 0,28 EJ (ekсадžul) skočila je na 1,28 EJ do 2014. godine što dovoljno govori o tendenciji rasta proizvodnje bioplina i stvaranju sve većih energetske potrebe (Scarlet i sur., 2018.).

Kukuruzna silaža cijele biljke sastoji se od stabljike s listovima, metlice (cvijeta i cvata) i klipa koji se sastoji od oklaska, komuške i zrna iz kojeg se može dobiti najveća energetska vrijednost (Grbeša, 2016.). Poželjno je da stabljika bude visoka i krupna, s velikim listovima, a zrno da bude krupno i ispunjeno (Kovačević i Rastija, 2014.). Siliranjem cijele biljke kukuruza može se iskoristiti ukupna hranidbena, odnosno energetska vrijednost biljke. Dosadašnjim istraživanjima kukuruzna silaža ima potencijal prinosa 312-365 m<sup>3</sup>/t bioplina, odnosno 5300-8500 m<sup>3</sup>/ha (Amon i sur., 2007.; Whittaker i sur., 2016.).

Na energetska vrijednost i udio hranjivih tvari utječu omjer stabljike, lista i zrna u suhoj tvari, visina gnojidbe, klimatske prilike tijekom proizvodnje, stadij zrelosti usjeva, mehanička prerada tijekom košnje te udio i probavljivost škroba i vlakana (Vranić i sur., 2004. i 2005.). Zrno kao jedan od najvažnijih izvora energije u silaži sadrži oko 72 % ugljikohidra-

ta, 10 % bjelančevina i prosječno 5% ulja te 15% mineralnih tvari i 2,5 % celuloze (Gagro 2005.; Bekrić 1997.). Energetska vrijednost zrna iznosi 365 kcal/100 g (1527,16 KJ/100g), uz sadržaj vitamina B, minerala i vlakana, ali nedostatak drugih hranjivih tvari poput vitamina B<sub>12</sub>, vitamina C, željeza i kalcija (Nuss i Tanumihardjo, 2010.). Prinostom zrna od samo 5 t/ha preradom se može dobiti više od 80184.26 MJ energije što je ekvivalentno 4430 kg nafte ili 6156 kg ugljena (Radosavljević i Bekrić, 1999.). To dovoljno govori o bitnoj energetske ulozi zrna u kukuruznoj silaži.

#### *Tehnologija proizvodnje kukuruzne silaže*

Kako bi se dobila kvalitetna silaža kukuruza potrebno je provesti i pravilno ubiranje usjeva s površine za što postoje različiti strojevi i uređaji. Odabir mehanizacije ovisi o načinu skladištenja i vrsti košnje kukuruza. Prema Gantneru i sur. (2020.) siliranje predstavlja prvu u nizu operacija kojom se naknadno omogućuje dugotrajno skladištenje visokokvalitetne nadzemne mase biljke koja bi se u protivnom vrlo brzo pokvarila pod djelovanjem spontane mikroflore.

Ubiranje kukuruza za silažu cijele biljke s klipom može započeti kada usitnjena silažna masa ima vlažnost od 65-70 % (Pajić, 2019.), što odgovara udjelu suhe tvari stabljike od 28-36 % (Majkovčan, 2012.; Leto, 2015.; Grbeša, 2016.) i vlažnosti zrna od približno 45 % što se može prepoznati fazom sazrijevanja zrna, odnosno kada je gornja polovica zrna tvrda, a donja mekana i mliječna, to jest vidljiva je tzv. mliječna crta. Mliječna crta također može biti dobar pokazatelj sadržaja suhe tvari. U trenutku kada se mliječna crta nalazi na 1/2 zrna tada zrno približno sadrži 32 % suhe tvari (Grbeša, 2016.). Košnja usjeva za potrebe proizvodnje kukuruzne silaže provodi se silo kombajnima koji mogu biti nošeni, vučeni i samohodni. Nošeni i vučeni kombajni upotrebljavaju se na manjim gospodarstvima gdje nije potrebno ostvariti visoki učinak proizvodnje, dok se samohodni silažni kombajni koriste na velikim gospodarstvima gdje je vrlo bitno obaviti siliranje u određenom vremenu i što većim učinkom (Čuljat, 1997.). Silažni kombajn u jednom proходу obavlja košnju cijele biljke kukuruza, masa se sjecka na dijelove dužine 1.5-3 cm i transportira se do transportnog sredstva koji zatim odvozi siliranu masu do mjesta za skladištenje, odnosno silosa (Đurkić, 1985.).

### *Skladištenje kukuruzne silaže*

S ciljem što kvalitetnijeg očuvanja silirane mase kukuruza potrebno je pravilno provesti skladištenje koje predstavlja zadnju fazu u nizu procesa proizvodnje kukuruzne silaže. Za potrebe čuvanja koriste se skladišta, odnosno silosi gdje se silaža smješta, čuva određeni period i zatim odlazi na daljnji proces obrade za potrebe biogoriva (Renko i sur., 2011.; Krička i sur., 2021.). Opća podjela silosa može biti na horizontalne i vertikalne (Haluška, 1988.; Zimmer i sur., 2009.).

Horizontalni silosi predstavljaju prostor za skladištenje silažne mase koji se najčešće nalaze na površini, ali mogu biti i ukopani. U prostoru se mogu smjestiti samostalno ili u skupini, tzv. baterijama. Mogu biti u obliku silo hrpe i „trenč“-silosa. Silo hrpa predstavlja izvedbu silosa bez bočnih stranica pri čemu silirana masa predstavlja hrpu, a „trenč“ silos je izvedba s bočnim stranicama (Brkić i sur., 2000.). Nakon što je silirana masa dopremljena s polja putem transportnog sredstva obavlja se istovar u silos. Istovarenu masu potrebno je sabiti što se obično provodi traktorima. Svrha je istiskivanje zraka iz silaže te stvaranje anaerobnih uvjeta za fermentaciju, uslijed čega dolazi i do smanjenja volumena mase u silosu čime se povećava volumni kapacitet silosa (Đurkić, 1985.). Preporuča se korištenje traktora sa što većim opterećenjem po jedinici površine kako bi zbijanje mase bilo što kvalitetnije i u što manje prohoda. Debljina sloja između svakog gaženja ne bi smjela biti veća od 30 cm, a na kraju gaženja zbijenost mase treba biti veća od 270 kg suhe tvari/m<sup>3</sup> (Grbeša, 2016.).

Vertikalni silosi najčešće su građeni u obliku silo tornjeva promjera 5-8 metara i visine najviše 20 metara. Materijal izrade može biti beton, metal ili drvene gredice. Utovar u ovakve vrste silosa izvodi se putem pneumatskih transportera koji podižu usitnjenu masu na vrh silosa i ona zatim pada kroz središnji otvor u unutrašnjost silosa. Zbijanje mase u ovom tipu silosa provodi se pomoću vodene vreće ili putem sustava s rotirajućim betonskim i metalnim valjcima. Kada je punjenje silosa završeno u njega se postavlja plastična vreća tzv. „pluća silosa“ koja ima ulogu izjednačavanja tlaka plinova koji mogu nastati tijekom dana i noći. (Brkić i sur., 2000.). Najveća prednost izgradnje vertikalnih silosa je bolja iskoristivost prostora na gospodarstvu jer zauzimaju manje površine. Zbog načina izuzimanja nemamo

veliku površinu koja bi omogućila prodiranje zraka kao kod horizontalnih silosa što znači da je mogućnost pojave kvarenja manja. Nedostatak ovog tipa silosa je neujednačena zbijenost mase, najviše je zbijena silaža u donjem dijelu silosa, a najmanje u gornjem dijelu (Čobić i sur., 1984.; Adesogan i Newman, 2014.). Izuzimanje konzervirane mase iz silo tornja može biti s donje ili s gornje strane, a najčešće se provodi pomoću rotofreza koje zahvaćaju masu i transportiraju ju izvan silosa (Savoie, 2003.). Takav način izuzimanja može se automatizirati, ali predstavlja skupu investiciju.

Način spremanja silaže u plastična crijeva ima veliku prednost u usporedbi s horizontalnim i vertikalnim silosima jer nema gubitaka stalnog prostora za njihovu izgradnju. Plastična crijeva mogu se postaviti na bilo koju površinu. Za potrebe spremanja silaže potrebno je siliranu masu dovesti do silo-preše uz pomoć koje se pune plastična crijeva. Duljina crijeva nije ograničena, to jest proizvoljno se bira njihova dužina prema potrebama gospodarstva ili postrojenja. (Zimmer i sur., 2009.). To bi značilo da dužina crijeva može biti dostatna za jedno punjenje bioplinskog postrojenja što bi imalo pozitivan utjecaj na smanjenje gubitaka što nastaju prilikom otvaranja silosa.

### *Aditivi i inokulacija*

Korištenje aditiva u proizvodnji silaže omogućuje kvalitetniji proces fermentacije i aerobne stabilnost konzervirane silaže (Oliveira, 1995.). Bitno je napomenuti kako uloga aditiva nije da od loše silaže napravi silažu s odličnim karakteristikama već da od kvalitetno pripremljene silaže nastane izvrstan proizvod čija kvaliteta kroz period skladištenja neće drastično opadati (Kenilworth i Warwickshire, 2012.). Kod procesa siliranja vrlo bitan parametar može biti i puferni kapacitet biljke, odnosno količina potrošene proizvedene kiseline koja se koristi za smanjenje pH vrijednosti. Kada je u pitanju kukuruz velika prednost je nizak puferni kapacitet što znači da za smanjenje pH vrijednosti nije potrebna velika potrošnja kiseline. Stoga, korištenje aditiva kod kukuruzne silaže nije obavezno, ali je često primjenjeno. (Hrgović, 2007.).

Aplikacija aditiva može se obaviti tijekom samog procesa siliranja što je najbolja opcija zbog obavljanja dvije operacije istovremeno (siliranje i aplikacija prskanjem ili baliranje i apliciranje prskanjem). Uko-

liko aplikacija aditiva nije obavljena tijekom procesa siliranja onda je moguće obaviti prilikom istovara i gaženja silaže u silosu za što je potreban dodatan stroj s uređajem za apliciranje aditiva.

Postoje različite vrste aditiva koji se mogu upotrebljavati, a prema Adesoganu i Newmanu (2014.) dijele se na: ugljikohidratne, bakterijske, kiselinske, enzimatske i dušične. Aditivi kojima su izvor ugljikohidrati koriste fermentacijske šećere poput melase. Uloga je povećanje koncentracije organske kiseline koja nastaje zbog povećanja vodotopivih šećera pri čemu dolazi do stvaranja mliječno kiselih bakterija. U proizvodnji kukuruzne silaže ne preporuča se korištenje ovog tipa aditiva zbog toga što kukuruz već sadrži veliku količinu ugljikohidrata. Bakterijski inokulanti sadrže mliječno kisele bakterije koje su zaslužne za fermentaciju šećera u mliječnu kiselinu te snižavanje pH vrijednosti i samim time postizanje aerobne stabilnosti silaže. Inokulanti koji se baziraju na kiselinama služe za smanjenje temperature silaže, pH vrijednosti, poboljšavaju čuvanje silaže, ali njihovo korozivno djelovanje je veliki nedostatak koji može utjecati na materijal silosa. Kiseline koje se koriste mogu biti na bazi propionske, sumporne i mravlje kiseline. Enzimi se mogu koristiti kod silaža s niskim udjelom šećera pri čemu djeluju na ugljikohidrate koji se razlažu na jednostavne šećere nakon čega može započeti proces fermentacije zbog nastajanja mliječne kiseline. Amonijak i urea su izvori dušika i kao takvi inokulanti služe za povećanje udjela proteina u silaži čime se pospješuju nutritivne vrijednosti. Također je primijećen i utjecaj na produljeno skladištenje i zagrijavanje silaže. (Adesogan i Newman, 2014.; Yitbarek i Tamir, 2014.; Kung, 2003.).

#### *Čuvanje i kvaliteta silaže*

Siliranje predstavlja metodu konzerviranja svježih zelenih krmiva gdje se uz prisutnost bakterija mliječne kiseline, vodotopivih ugljikohidrata (šećera) proizvode organske kiseline. Rezultat cjelokupnog procesa je smanjenje pH vrijednosti silaže čime je osigurano očuvanje silaže sve dok nema prisutnosti zraka (Weinberg i Chen, 2013.). Prema Batesu (1998.) silažni procesi mogu se podijeliti u tri faze, a to su: aerobna, anaerobna i stabilna faza, dok su Weinberg i Muck (1996.) te Pahlow i sur. (2003.) uz navedene faze dodali i tzv. izlaznu fazu. Ukoliko prethodno navedeni procesi proizvodnje nisu provedeni

u skladu s tehnikom i tehnologijom spremanja silaže može doći do gubitka hranjivih tvari, odnosno energije (Zimmer i sur., 1980.; Savoie i sur., 2003.).

Aerobna faza predstavlja fazu u kojoj se događaju aerobne mikrobiološke i enzimatske aktivnosti, pH se kreće u rasponu od 6-7, a temperatura je oko 21 °C. Tijekom aerobne faze dolazi do procesa oksidacije koju inicijalno pokreće mikrobna populacija koja troši kisik. Taj proces ključan je za fermentaciju silaže i stvaranja anaerobnih uvjeta (Odongo, 2011.). Temperatura je vrlo bitan čimbenik u procesu fermentacije jer direktno utječe na koncentraciju mliječne kiseline, pH vrijednosti i aerobnu stabilnosti. Visoka temperatura mase i neadekvatna aerobna faza utjecat će na smanjenje koncentracije mliječne kiseline, aerobnu stabilnosti silaže i sukladno tome doći će do povećanja pH vrijednosti (Ashbell i sur., 2002.; Weinberg i sur., 2001.). Anaerobna faza vremenski traje do tri tjedna, već drugi dan dolazi do intenziviranja procesa fermentacije. Stvara se octena kiselina, smanjuje pH vrijednost na 5, a temperaturu mase kreće se oko 35 °C. Treći dan dolazi do nastajanja mliječne kiseline uz konstantu proizvodnju octene kiseline. Do kraja sedmog dana temperatura mase pada na 26-30 °C, velik dio mliječne kiseline je proizveden, a pH pada na 4. Od kraja prvog tjedna do kraja trećeg tjedna mliječna kiselina je u potpunosti proizvedena, pH vrijednost postaje stabilna i njena vrijednost iznosi 4. 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.). U stabilnoj fazi prestaje bakterijska fermentacija, pH vrijednost je stabilna i ne mijenja se, temperatura mase postaje ovisna o temperaturi okoline, tj. hladi se na temperaturu okoline. Iz navedenog može se zaključiti da je konzervirana silaža stabilna i bit će očuvana sve do ponovne prisutnosti zraka, odnosno otvaranja (Silva, 2017.). Trenutak otvaranja silosa (izlazna faza) konzervirane silaže dovodi do kontakta mase sa zrakom. Time se mogu stvoriti aerobni uvjeti za stvaranje kvasaca i plijesni koji mogu utjecati na kvarenje silaže. Prilikom otvaranja silaže i izuzimanja stvara se „zid“ velike površine što stvara uvjete za ulazak zraka. Stoga, nakon otvaranja silosa vrlo je bitno na dnevnoj bazi uzimati silažu u jednoličnom sloju kako se dio silaže izložen kontaktu sa zrakom ne bi pokvario.

(Weinberg i Ashbell, 1994.; Silva, 2017.). Teoretski gledano čuvanje silaže u njenoj stabilnoj fazi gdje nema bioloških aktivnosti može trajati neograničeno jer su gubici koji bi se dogodili minimalni. No, u praksi silaža se čuva ovisno o njenim potrebama održavanja optimalnog kapaciteta rada postrojenja za biogorivo, a to je najčešće u trajanju od jedne godine (Silva, 2017.)

Nakon uspješno provedenog konzerviranja i perioda čuvanja silažu se može ocijeniti i prema organoleptičkim karakteristikama (Tablica 1.). Može se vidjeti da najveći broj bodova doprinosi udio zrna pošto se u zrnu nalazi najveća količina energije. Si-

laža mora imati lagan i ugodan miris koji podsjeća na miris octa. Boje moraju varirati između zelenih i žutih nijansi. Ukoliko je miris neugodan i podsjeća na miris paljevine, a boja je u nijansama smeđe velika je vjerojatnost da proces fermentacije nije uspješno proveden. Razlozi mogu biti jednostavni, poput premale količine vlage, prodiranja kisika, ali i svi prethodno navedeni nepovoljni uvjeti. Vlažnost silaže može se odrediti pritiskom uzorka u ruci pri čemu je vrlo bitno da nema istjecanja vode. Vizualnim pregledom može se odrediti veličina čestica, a pritom je bitno da je vrlo usitnjena bez vidljivih velikih dijelova poput oklaska, stabljike i vlakana (Bates, 1998.).

**Tablica 1. Ocjena silaže nakon konzerviranja (Bates, 1998.; Katalinić, 2000.; Vranić i sur., 2022.)**

**Table 1 Evaluation of silage after canning (Bates, 1998; Katalinić, 2000; Vranić et al. 2022)**

Parametar Parameter	Mogući bodovi Possible points
<b>1. Udio zrna / Grain share</b>	
Velik – 35 % i više / Large – 35% and more	36-40
Srednji - od 15 do 35 % / Medium - from 15 to 35%	28-35
Nizak – od 1 do 14 % / Low - from 1 to 14%	16-27
Nema / None	0-15
<b>2. Boja / Color</b>	
Poželjan – zelena do žućkasto zelena / Preferred – green to yellowish green	9-12
Prihvatljiva – žuta do smeđa / Acceptable – yellow to brown	5-8
Nije poželjna – tamno smeđa ili crna (vidljive plijesni) Not desirable - dark brown or black (visible mold)	0-4
<b>3. Miris / Smell</b>	
Poželjan – lagan, ugodan, bez mirisa na trulež / Desirable - light, pleasant, without the smell of rot	24-28
Prihvatljiv – voćan, miris octa, miris paleži, pljesniv Acceptable - fruity, smell of vinegar, smell of burning, musty	11-23
Nije poželjan – izrazito jake paleži i truleži / Not desirable - extremely strong burns and rots	0-10
<b>4. Vlažnost / Moisture</b>	
Prilikom pritiska rukom nema vode / When pressing by hand, there is no water	9-10
Prilikom pritiska rukom izlazi malo vode / When pressing with your hand, a little water comes out	5-8
Prilikom pritiska rukom izlazi puno vode (ljudava) When pressing with your hand, a lot of water comes out (slimy)	0-10
<b>5. Sječka / Chaff</b>	
Usitnjena, ujednačena, oštar rez / Shredded, uniform, sharp cut	9-10
Ujednačena, ali vlaknasta, s velikim dijelovima ljuske, oklaska i stabljike Uniform, but fibrous, with large parts of the shell, bract and stem	5-8
Puno velikih dijelova, vlakana (djeluje napuhano) / Lots of big parts, fibers (feels bloated)	0-4
<b>UKUPNO</b> Total	<b>100</b>

No, u svrhu preciznije ocjene kvalitete kukuru-  
zne silaže razvijene su novije metode ocjenjivanja  
(Tablica 2.) koje se baziraju na fizikalnim i kemijskim  
analizama silaže. Prema novijim metodama uzimaju  
se u obzir udio suhe tvari pri čemu je poželjno ostva-  
riti optimalan udio suhe tvari. Odnosno, nizak udio  
suhe tvari utjecati će na istjecanje biljnog soka kod  
kukuruzna te na taj način dovesti do neželjenih gubi-  
taka dok će prevelik udio suhe tvari utjecati na ote-  
žano zbijanje sirovine i istiskivanje kisika što ima ne-  
povoljan utjecaj na procese fermentacije. Jedan od  
glavnih pokazatelja pravilnog skladištenja i procesa  
fermentacije je pH vrijednost pri čemu je poželjno  
da se kreće oko vrijednosti 4. Udjeli proteina i škro-  
ba imaju važnu ulogu u proizvodnji bioplina i veća  
količina proteina i škroba imati će pozitivan utjecaj  
na bioplinski potencijal (Herrmann, 2012.). Kisela  
deterdžentna vlakna (KDV) su isključivo vlakna koja  
nisu topljiva, a to su celuloza i lignin (Santiago i sur.,  
2013.). Povećan udio kiselih i neutralnih deterdžen-  
tnih vlakana (NDV), odnosno celuloze, hemicelulo-  
ze i lignina negativno utječu na proces biorazgra-  
divosti sirovine u procesu anaerobne digestije što  
rezultira smanjenim bioplinskim potencijalom (Juri-  
šić, 2022.). Iz tog razloga bitno je odrediti i struk-  
turu čestica koristeći metodu prosijavanja (PSPS,  
2013.) jer sama mehanička obrada usitnjavanjem  
ima utjecaj na bolju dostupnost složenim struktura-  
ma vlakana što će dovesti do bolje biorazgradivosti i  
većeg bioplinskog potencijala (Nges, 2016.). No, pri  
tome treba obratiti pažnju na udio pepela pošto se  
usitnjavanjem utječe i na udio pepela, odnosno veći  
udio sitnih čestica dovesti će do povećanja udjela  
pepela što je nepovoljno sa gledišta proizvodnje bi-

oplina (Sanderson, 2006.). Jedan od osnovnih po-  
dataka koji prikazuje energetska potencijal sirovine,  
a ovisi o svim dosada navedenim parametrima je  
energetska vrijednost silaže pri čemu je poželjno  
da vrijednost bude što veća jer to znači da je silaža  
kvalitetnija i mogućnost proizvodnje energije je veća  
(Domaćinović, 2020.).

## ZAKLJUČAK

Temeljem navedenog mogu se uvidjeti pojedini  
razlozi zašto je kukuruz postao neizostavna konven-  
cionalna kultura kao sirovina za uzgoj u proizvodnji  
biogoriva. Kao takva predstavlja izazov za pronala-  
ženjem novih kultura koje će moći zamijeniti njenu  
upotrebu. Kukuruz kao kultura za proizvodnju silaže  
predstavlja niz složenih operacija koje je potrebno  
provesti da bi se na kraju dobila sirovina koju je mo-  
guće koristiti u postrojenjima za bioplin. To ujedno  
predstavlja jedan od glavnih nedostataka proizvo-  
dne kukuruzne silaže za potrebe bioplina jer se pri  
svim tehnološkim operacijama ispuštaju velike koli-  
čine štetnih plinova u okoliš.

Utjecaj ekstremnih klimatskih uvjeta (povećanje  
temperature i suše) dovodi do promjena kemijskih  
vrijednosti biljaka (povećana suha tvar, smanjenje  
organske kiseline, povećanje pH vrijednosti) tijekom  
vegetacije. Kasnije, takve promjene mogu izazvati  
negativne posljedice prilikom skladištenja i perioda  
čuvanja silaže. Samim time, postepeno će biti teš-  
ko ostvariti idealne uvijete za procese fermentacije  
čime će dosada visokokvalitetna kukuruzna silaža  
postati manje vrijedna sirovina za proizvodnju biopli-

**Tablica 2. Laboratorijska analiza silaže u svrhu ocjene (Domaćinović, 2020.; PSPS 2013.)**

**Table 2 Laboratory analysis of silage for evaluation purposes (Domaćinović, 2020; PSPS 2013)**

Parametar / Parameter	Poželjan udio / Desired share
Suha tvar / Dry matter	30-45 %
pH vrijednost / pH value	3-5
Protein / Protein	6-8 %
NDV / Neutral detergent fibers	30-55 %
KDV / Acidic detergent fibers	36-33%
Pepeo / Ash	3-5 %
Škrob / Starch	20-30 %
Energetska vrijednost / Energy value	16-19 MJ/kg
Struktura čestica / Particle structure	5-30 mm

NDV - neutralna detergent vlakna, KDV - kisela detergent vlakna



na. Stoga, potrebno je provoditi daljnja istraživanja na mogućnostima uzgoja zamjenskih kultura koje nisu toliko osjetljive na klimatske promjene i nisu u kompeticiji s proizvodnjom hrane kako bi se kukuruзна silaža postepeno mogla izostaviti u proizvodnji energije poput bioplina te na taj način koristiti samo za potrebe stočarske proizvodnje.

#### NAPOMENA:

Ovo istraživanje financirano je putem OP Konkurentnost i kohezija 2014-2020, projekta KK.01.1.1.07.0078 „Održiva proizvodnja bioplina zamjenom kukuruzne silaže poljoprivrednim energetskim kulturama“.

#### LITERATURA

- Adesogan, A. T., Newman, Y. T. (2014.): Silage Harvesting, Storing, and Feeding, SS-AGR-177, University of Florida, 1-8.
- Alexandratos, N., Bruinsma, J. (2012.): World Agriculture Towards 2030/2050, The 2012. Revision ESA Working paper 12-03: 1-140.
- Allen, M. S., Coors, J. G., Roth, G. W. (2003.): Corn silage, Silage Science and Technology, 42: 1-62.
- Amon, T., Amon, B., Kryvoruchko, V., Zollitsch, W., Mayer, K., Gruber, L. (2007.): Biogas production from maize and dairy cattle manure – influence of biomass composition on the methane. Agriculture Ecosystems & Environment, 118: 173-182.
- Ashbell, G., Weinberg, Z. G., Hen, Y., Filya, I. (2002.): The effects of temperature on the aerobic stability of wheat and corn silages. Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology, 28: 261-263.
- Bacenetti, J., Fusi, A., Negri, M., Guidetti, R., Fiala, M. (2014.): Environmental assessment of two different crop systems in terms of biomethane potential production. Science of The Total Environment, 466: 1066–1077.
- 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(10): 2497-2503.
- Bates, G. (1998.): Corn silage, Agricultural Extension Service, The University of Tennessee, Knoxville, 1-8.
- Bekrić, V. (1997.): Upotreba kukuruza, Institut za kukuruz, Zemun Polje, Beograd-Zemun, 10-304.
- Brkić, D., Vujčić, M., Šumanovac, L., Jurišić, M. (2000.): Strojevi i uređaji za spremanje silaže, Vinkovci, 10-77.
- Casati, D. (2013.): Annata davvero difficile urge risalire la china. Terra Vita, 6: 40–44.
- Cox, W. J. (2013.): Corn Silage and Grain Yield Responses to Plant Densities. Journal of Production Agriculture, 3(10): 349
- Cox, W. J., Cherney, D.R. (2001.): Row spacing, plant density, and nitrogen effects on corn silage. Agronomy Journal, 93: 597-602.
- Cox, W. J. (1997.): Corn silage and grain yield responses to plant densities. Journal of Production Agriculture, 10: 405-410.
- Čobić, T., Bačvanski, S., Vučetić, S. (1984.): Proizvodnja i korištenje silaže u ishrani stoke, Nolit, Beograd, 10-388.
- Čuljat, M., Baričić, J. (1997.): Poljoprivredni kombajni, Poljoprivredni institut Osijek, 1-189.
- Degussa, A. G. (2001.): The amino acid composition of feeds tuffs, Degussa Feed Additive, Frankfurt/Main, Germany. National Research Council (NRC). Nutrient Requirement of Dairy Cattle. Seventh Revised Edition. National Academic Press, Washington, D. C. 36-40.
- Domaćinović, M., Solić, D. (2020.): Stručni osvrt na kvalitetu kukuruzne silaže u 2019. godini. 15. savjetovanje uzgajivača goveda u Republici Hrvatskoj, 17-22.
- Đurkić, I. (1985.): Kukuruz, Osijek, 5-63.
- Eryilmaz, T., Yesilyurt, M.K., Cesur, C., Gokdogan, O. (2016.): Biodiesel production potential from oil seeds in Turkey. Renewable and Sustainable Energy Reviews., 58: 842–851.
- Gagro, M., Herceg, N. (2005.): Utjecaj hibrida i gustoće sklopa na neka svojstva kukuruza za silažu, Agronomski fakultet, Sveučilište u Mostaru, BiH, 19-27.
- Ganoe, K.H., Roth, G.W. (1992.): Kernel milk lie as a harvest indicator for can slage in Pennsylvania. Journal of Production Agriculture, 5: 519-523
- Gantner, R., Bukvić, G., Steiner, Z. (2020.): Proizvodnja krmnog bilja, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek, Osijek, 1-305.
- Grbeša, D. (2016.): Hranidbena svojstva kukuruza, Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet, 1-136.
- Haluška, J. (1998.): Neki elementi proizvodnje i spremanja najvažnijih krmnih kultura. Agronomski glasnik, 4(60): 219-230.
- Herrmann, A., Rath, J. (2012.): Biogas Production from Maize: Current State, Challenges, and Prospects. 1. Methane Yield Potential. BioEnergy Research, 5: 1027–1042.

27. Hijazi, O.S., Munro, S., Zerhusen, B., Effenberger, M. (2016.): Review of life cycle assessment for biogas production in Europe. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 54: 1291–1300.
28. Hrgović, S. (2007.): Osnove agrotehnike proizvodnje kukuruza (*Zea mays*). *Glasnik zaštite bilja*, 3(30): 48-61.
29. Jurišić, V., Petrić, V., Kontek, M., Matin, A., Grubor M., Živković I., Krička T. (2022.): Proizvodnja bioplina iz miskantusa u ovisnosti o veličini čestica sirovine, 57. Hrvatski i 17. Međunarodni simpozij agronoma, Vodice, 634-638.
30. Karimi-Alavijeh, M.K., Yaghmaei, S. (2016.): Biochemical production of bioenergy from agricultural crops and residue in Iran. *Waste Management*, 52: 375–394.
31. Katalinić, I., Pejaković, D., Brčić, J. (2000.): Spremanje sjenaže, Hrvatski zavod za poljoprivrednu savjetodavnu službu, Zagreb, 1-115.
32. Kaur, K., Phutela, U. G. (2016.): Enhancement of paddy straw digestibility and biogas production by sodium hydroxide-microwave pretreatment. *Renewable Energy*, 92: 178–184.
33. Kenilworth and Warwickshire (2012.): *Silage Additives Dairy. Co. Agriculture and Horticulture Development Board, Stoneleigh Park*, 3-5.
34. Kiesel, A., Lewandowski, I. (2017.): Miscanthus as biogas substrate—Cutting tolerance and potential for anaerobic digestion. *Gcb Bioenergy*, 9(1): 153-167.
35. Kovačević, V., Rastija, M. (2014.): Žitarice. Sveučilište J. J. Strossmayera u Osijeku, Poljoprivredni fakultet, Osijek, 235.
36. Krička, T., Matin, A., Grubor, M. (2021.): Utjecaj skladištenja na higroskopnost sječke *Sida hermaphrodite*, *Agricultural Technics. Agronomski fakultet, Sveučilište u Zagrebu*, 779-782.
37. Krička, T., Matin, A., Bilandžija, N., Jurišić, V., Antonović, A., Voća, N., Grubor, M. (2017.): Biomass valorisation of *Arundo donax* L., *Miscanthus × giganteus* and *Sida hermaphrodita* for biofuel production. *International Agrophysics*, 31(4): 575–581.
38. Kung, L., Jr., Stokes, M. R., Lin, C. I. (2003.): Silage additives. *Silage Science and Technology* 42, 305-360
39. Leto, J. (2015.): Spremanje silaže. *Gospodarski list*, 10-12.
40. Majkovčan, I. (2012.): Proizvodnja energije anaerobnom fermentacijom različitih konzerviranih biomasa. *Specijalistički rad, Osijek*, 1-67.
41. Mayer, F., Gerin, P. A., Noo, A., Lemaigre, S., Stilman, D., Schmit, T., Leclech, N., Ruelle, L., Gennen, J., von Francken-Welz, H., Foucart, G., Flammang, J., Weyland, M., & Delfosse, P. (2014.): Assessment of energy crops alternative to maize for biogas production in the Greater Region. *Bioresource Technology*, 166: 358–367.
42. Moreda, I. L. (2016.): The potential of biogas production in Uruguay. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 54: 1580–1591.
43. Nges I. A., Li C., Wang B., Xiao L., Yi Z., Liu J. (2016.): Physio-chemical pretreatment for improved methane potential of *Miscanthus lutarioriparius*. *Fuel*, 29-35.
44. Nkemka, V. N. Gilroyed, B., Yanke, J., Gruninger, R., Vedres, D., Mc Allister, T., X. Hao, X. (2015.): Bioaugmentation with an anaerobic fungus in a two-stage process for biohydrogen and biogas production using corn silage and cattail, *Bioresource Technology*, 185: 79–88.
45. Nuss, E. T., Tanumihardjo, S. A. (2010.): Maize: a paramount staple crop in the context of global nutrition. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 9: 417–436.
46. Odongo, N. E., Kempton, T. J., Muck, R. E. (2011.): Influence of oxygen availability on the fermentation and aerobic stability of corn silage, *Crop Science*, 51(1): 50–62.
47. Oliveira, A.S. (1995.): Rapid pH Reductions in Silages, *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, 12, Salvador, 1-5.
48. Orehovački, V., Barać Z., Kvaternjak, I., Stručić D., Poljak F., (2013.): Utjecaj klimatskih uvjeta na kvalitetu kukuruzne silaže u kontinentalnom dijelu Republike Hrvatske. 48th Croatian & 8 International Symposium on Agriculture, Animal Husbandry, Dubrovnik, 780-784.
49. Pahlow, G., Muck, RE., Driehuis, F., Oude Elferink, SJ.WH., Spoelstra, S.F. (2003.): Microbiology of ensiling. *Silage Science and Technology* 42: 31-94.
50. Powlson, D. S., Glendining, M. J., Coleman, K., & Whitmore, A. P. (2011.): Implications for soil properties of removing cereal straw: Results from long-term studies. *Agronomy Journal*, 103(1): 279–287.
51. PSPS, Heinrichs J., Jones M. C. (2013.): The Penn State Particle Separator, Penn State College of Agricultural Sciences research, [shorturl.at/ADP19](http://shorturl.at/ADP19).
52. Pucarić A., Ostojić Z., Čuljat M. (1997.): Proizvodnja kukuruza, *Poljoprivredni savjetnik, Zagreb*, 1-123.

53. Radosavljević, M., Bekrić, V. (1999.): Corn as a source of energy, Information & technology transfer on renewable energy sources for sustainable agriculture, food chain and hfa, 1-8.
54. Renko, S., Cerovečki, G., Petljak (2011.): Poslovna logistika. Skripta, Ekonomski fakultet, Sveučilište u Zagrebu, 1-219.
55. Sanderson, M. A., Adler P., Martin P. N. (2020.): Biomass, Energy, and Industrial Uses of Forages, Forages: The Science of Grassland Agriculture, II, 7<sup>TH</sup> Edition, 43: 789-799.
56. Sanderson, M. A., Jones, R. M., Read, J. C., Lippel, H. (1995.): Digestibility and lignocellulose composition of large corn morphological components. Journal of Production Agriculture, 169-174.
57. Savoie, P., Jofriet, J. C. (2003.): Silage storage, Silage Science and Technology. American Society of Agronomy, Madison, 1: 405-468.
58. Scarlat, N., Dallemand, J.F., Fahl, F. (2018.): Biogas: developments and perspectives in Europe. Renewable Energy, 129: 457-472.
59. Searchinger, T., Heimlich, R. (2015.): Avoiding bio-energy competition For food crops and land, World resources institute, 1-44.
60. Sheets, J. P., Lawson, K., Ge, X., Wang, L., Yu, Z., Li, Y. (2017.): Development and evaluation of a trickle bed bioreactor for enhanced mass transfer and methanol production from biogas, Biochem. Engineering Journal, 122: 103-114.
61. Silva, T. C., Silva, D. L., Santos E. M., Oliveira J. S., Perazzo, A. F. (2017.): Importance of the Fermentation to Produce High-Quality Silage, Department of Animal Science, Federal University of Goias, Brazil, 1-20.
62. Tilman, D., Balzer, C., Hill, J., Befort B. L. (2011.): Global food demand and the sustainable intensification of agriculture, Proceedings of the National Academy of Sciences, 108: 20260-20264.
63. Villadsen, S. N., Fosbøl, P. L., Angelidaki, I., Woodley, J. M., Nielsen, L.P., Møller, P. (2019.): The potential of biogas; the solution to energy storage. Chemistry-Sustainability-Energy-Materials, 12(10): 2147-2153.
64. Vranić, M., Knežević, M., Leto, J., Perčulija, G., Bošnjak, K., Kutnjak, H., Maslov L. (2005.): Monitoring kvalitete travne silaže tijekom dvije sezone zimske hranidbe muznih krava. Mljekarstvo, 55(4): 283-296.
65. 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.
66. Vranić, M., Bošnjak K., Bogičević, M., Pukec Pintiće N., Babić, A., Vranić, I., Krapinec, K., Starčević, K., Mašek, T. (2022.): Kvaliteta silaža kukuruza u Sisačko-moslavačkoj županiji. Krmiva, 1(64): 3-12.
67. Weinberg, Z. G., Chen, Y. (2013.): Effects of storage period on the composition of whole crop wheat and corn silages. Animal Feed Science and Technology, 185: 196-200.
68. Weinberg, Z. G., Szakacs, G., Ashbell, G., Hen, Y. (2001.): The effect of temperature on the ensiling process of corn and wheat. Journal of Applied Microbiology, 90: 561-566.
69. Weinberg, Z. G., Ashbell, G. (1993.): Biological Silage Additives-Summary of Experiments in Israel, Proceedings of the 10<sup>th</sup> International Silage Conference, Dublin, 6-8.
70. Weinberg, Z. G., Ashbell, G. (1994.): Changes in gas composition in corn silages in bunker silos during storage and feedout, Canadian Agricultural Engineering, 36: 155-158.
71. Weinberg, Z. G., Muck, R. E. (1996.): New trends and opportunities in the development and use of inoculants for silage. FEMS Microbiology Reviews, 19: 53-68.
72. Whittaker, C., Hunt, J., Misselbrook, T., & Shield, I. (2016.): How well does Miscanthus ensile for use in an anaerobic digestion plant? Biomass and Bioenergy, 88: 24-34.
73. Yitbarek M. B., i Tamir, B. (2014.): Silage additives: Review, Open Journal of Applied Sciences, 4: 258-274.
74. Zimmer, R., Pichler, S., Košutić, S., Jelošek, D. (2009.): Uzgoj, košnja i uskladištenje silažnog kukuruza u Ag-Bag fleksibilno crijevo. 37. međunarodni simpozij iz područja mehanizacije poljoprivrede. Zagreb, Agronomski fakultet, 195-200.

## SUMMARY

Global energy demands are constantly growing, which can be seen lately in rising energy prices. Because of that, renewable sources became an important source of energy. According to the latest European trend and due to the entry of new European directives annual crops are becoming unsuitable for cultivation due to the negative impact on the food sector, but also due to the growing impact on climate change. One of the raw materials is corn silage, which is used in biogas production. This paper provides an overview of current knowledge on production technology, but also on storage of corn silage and its application in biofuel production. This paper aims to answer the questions why corn preserved in form of silage has become a frequently used one-year energy crop in biofuel production, but also to point out the problems of its use if the same trend continues in the future.

Keywords: corn silage, storage, biogas