

Inž. Aleksandar Pucarić,
Poljoprivredni fakultet
Zagreb

HERMETSKO KONZERVIRANJE KUKURUZA ZA ISHRANU STOKE

UVOD

Naša zemlja je po površinama kukuruza i po ukupnoj proizvodnji kukuruza velikij proizvođač i nalazi se na prvim mjestima u Evropi. Kukuruz je po obimu, značaju i vrijednosti proizvodnje najvažnija kultura u našoj zemlji. Iako se ukupne površine pod kukuruzom u posljednjih desetak godina ne mijenjaju u većoj mjeri, ipak uslijed sve šire primjene suvremenih agrotehničkih mjera, proširenja sjetve hibridnog sjemena i povećanja upotrebe umjetnih gnojiva, ukupna proizvodnja kukuruza pokazuje neprekidno povećanje. No naša sadašnja proizvodnja nije ni izdaleka adekvatna našim mogućnostima, i u narednom periodu realno se može očekivati da će proizvodnja kao posljedica povećanja priroda pokazivati daljnje povećanje.

Kukuruz se u našoj zemlji, najvećim dijelom, upotrebljava za ishranu stoke. Prema podacima koje navodi Piper (1965.) od ukupnih raspoloživih količina kukuruza* oko 80% služi za ishranu stoke, a ostatak se upotrebljava za ljudsku prehranu, i industrijsku proizvodnju i sjeme a jedan dio predstavlja gubici.

Koliko god je na unapređenju i podizanju proizvodnje učinjeno dosta toliko je relativno malo učinjeno na čuvanju od propadanja i spremanja proizvedenog kukuruza. Gubici uslijed kvarenja i propadanja su jako veliki i teško ih je procijeniti.

Naše poljoprivredne organizacije, drugi proizvođači i organizacije, koje se bave otkupom poljoprivrednih proizvoda, u pretežnom broju slučajeva spremaju i čuvaju kukuruz u primitivnim skladištima. To su prvenstveno koševj (čardaci) raznih konstrukcija u kojima se čuva kukuruz u klipovima koji služi za ishranu stoke i ljudi, industrijsku preradu te izvoz. Ovakav način uskladištenja odgovara proizvodnji ranih sorata i hibrida kukuruza i sitnoj robnoj proizvodnji na seljačkim gospodarstvima. Međutim, za proizvodnju na velikim površinama i to kasnih hibrida (Kansas 1859, Ohio C-92, US-13, SK VIIA, Zp 755, ZPSK I i dr.) koji su rodniji, ali u početku sezone berbe imaju preko 30% vode, kao i srednje kasnih hibrida koji u važnoj jeseni imaju iznad 25% vode u zrnu, čuvanje u koševima ne odgovara jer ono doводи do velikih gubitaka. Propadanje, tj. gubici ovise o količini vode u zrnu i oklasku, stupnju zrelosti, mehaničkom oštećenju, širini čardaka, pojavi saprofitnih i parazitskih mikroorganizama, pojavi insekata, glodara, ptica i grinja, pojavi niskih temperatura itd. Ako su čardaci solidni, ako se uskla-

* Proizvodnja + zalihe — izvoz + uvoz

dištenju posveti odgovarajuća pažnja, gubici još uvijek iznose oko 10%, a u nekim godinama kod vlažnog i neprebranog kukuruza i bez odgovarajućeg njegovanja ti gubici iznose od 25 do 30% pa čak i 100%. Osim toga, tako uskladišten kukuruz gubi na svojoj prehrambenoj vrijednosti (kalorijski i biološki gubici) a o tome nemamo tačnih podataka pa je teško tačno odgovoriti koliko iznose sveukupni gubici.

Iz ovoga, jasno, proizlazi da za krupnog robnog proizvođača kukuruza nisu pogodni klasični koševi za čuvanje kukuruza i da spremanje i čuvanje kukuruza treba obaviti na drugi način. Sušenje kukuruza, bilo u klipu ili zrnu (u zavisnosti o strojevima za berbu) s toplim zrakom i spremanje osušnog kukuruza u skladišta s odgovarajućom opremom, predstavlja svakako najbolji i najsigurniji način za očuvanje kukuruza za kasniju upotrebu. Naravno je važno da se kukuruz za izvoz osuši još u sezoni berbe jer se takav u tim mjesecima lako plasira na inozemnom tržištu.

Međutim, za sušenje kukuruza su potrebne odgovarajuće sušare i skladišta za osušeni kukuruz pa ih je potrebno izgraditi tamo gdje ih nema. To je povezano sa dosta velikim materijalnim sredstvima koja pojedina poljoprivredna poduzeća ne mogu osigurati u kratkom roku, a osim toga i izgradnja ovih objekata, naročito skladišta i silosa, traje dosta dugo. Radi toga treba koristiti i druge načine spremanja kukuruza koji su, ako se pravilno izvrše, mnogo bolji od spremanja i čuvanja kukuruza u koševima. Jedan od tih načina je hermetičko konzerviranje svježeg, vlažnog zrna kukuruza za ishranu stoke.

OSNOVNI PRINCIPI NA KOJIMA SE TEMELJI HERMETIČKO KONZERVIRANJE ZRNA KUKURUZA

Osnovni princip na kojem se temelji ovaj način spremanja kukuruza je stavljanje kukuruza u takve uvjete u kojima je onemogućeno prodiranje zraka u masu kukuruza. Tako uskladišteno zrno kukuruza nastavlja disati iskorisćavajući za disanje kisik iz zraka koji se nalazi u prostoru između zrna. Za disanje se koriste ugljikohidrati, prvenstveno šećeri. Ovakvo tzv. normalno disanje ne traje dugo jer se brzo potroši kisik, a nastali ugljični dioksid se (CO_2) zato što ne može izaći van mase kukuruza nagomilava, tj. povećava se njegova koncentracija. U tako nastalim anaerobnim uvjetima zrno nastavlja da diše tzv. anaerobnim disanjem pri kojem se saharidi raspadaju bez usvajanja kisika. Kod toga disanja se stvaraju alkohol i CO_2 . Međutim, ni ovo disanje ne traje dugo zato što zbog visoke koncentracije CO_2 i alkohola dolazi do odumiranja stanica. Takva masa kukuruza je pogodna sredina za aktivni razvoj mikrobioloških anaerobnih procesa. Najvažniji mikrobiološki proces, koji je osnov konzerviranja ovakvog kukuruza, jest mliječno-kiselost vrenje. Mliječno-kiselost vrenje vrše mliječno-kisele bakterije. One iz šećera stvaraju, uglavnom, mliječnu kiselost. Povećanjem količine mliječne kiseline, koja je znatno jaka, tj. jako se disocira, dolazi do smanjenja pH vrijednosti mase kukuruza, a time i do onemogućavanja rada najprije

drugih nepoželjnih anaerobnih mikroorganizama, a na kraju se pH vrijednost može toliko spustiti da dolazi do inaktivacije i samih mliječno-kiselih bakterija. pH vrijednost, koja se mora što brže postići za sigurno konzerviranje, iznosi oko 4,2.

MLIJEČNO-KISELO VRENJE I BAKTERIJE

Mliječno-kisel_o vrenje je proces anaerobnog karaktera i odvija se pomoću niza međusobno povezanih encimatskih reakcija koje započinju aktivacijom šećera heksoza. Tako aktivirani šećeri u nastavku procesa se raspadaju u dva jednostavnija šećera — u dvije trioze — koje tvore tzv. Lohmanovu smjesu trioza i na kraju iz tih trioza nastaje piruvična kiselina koja se reducira na završni produkt — mliječnu kiselinu. Mliječno-kisel_o vrenje je proces gotovo identičan fermentaciji. Razlika je u završnom dijelu procesa gdje kod fermentacije iz piruvične kiseline nastaje etilni alkohol i CO₂. Opći prikaz mliječno-kiselog vrenja: $C_6H_{12}O_6 \longrightarrow 2 CH_3 - CHOH - COOH$.

Mliječno-kisele bakterije stvaraju vrlo energično mliječnu kiselinu. U povoljnim uvjetima jedna bakterija za 1 sat stvara toliku količinu mliječne kiseline koja za 2—3 puta prelazi njezinu težinu. Osim osnovnog produkta — mliječne kiseline — u procesu mliječno-kiselog vrenja se stvaraju i sporedni produkti — octana kiselina, CO₂ a ponekad i etilni alkohol. Količina tih sporednih produkata zavisi o vrsti mliječno-kiselih bakterija. Grupa homofermentativnih mliječno-kiselih bakterija stvara iz šećera mliječnu kiselinu i neznatne količine sporednih produkata dok heterofermentativne mliječne bakterije pored mliječne kiseline stvaraju znatne količine CO₂ i drugih produkata.

Za ishranu mliječno-kiselih bakterija najbolje odgovaraju monosaharidi (glukoza, fruktoza, galaktoza, manoza) a donekle i disaharidi (saharoza, maltoza). Polisaharide (dekstrine, škrob) mogu koristiti samo izvjesne forme mliječno-kiselih bakterija, i oni su tek poslije djelovanja amilolitičkih enzima i prelaska u monosaharide pristupačni mliječno-kiselim bakterijama. Prema tome, dovoljna sadržina mono i disaharida je važan faktor za uspjeh konzerviranja. Zrno kukuruza ima različitu količinu šećera u zavisnost od hibrida i faza zrelosti, ali svakako dovoljno da se stvori toliko mliječne kiseline da bi se izvršilo konzerviranje. Prema **Gojliku** (1961) sadržaj šećera u raznim fazama zrelosti kukuruza je ovakav:

Faza zrelosti zrna kukuruza	Količina u vodi topivih šećera računato kao mg glukoze u 10 g tvari
Rana mliječna	1879
Srednja mliječna	1802
Kasna mliječna	1207
Rana voštana	841
Srednja voštana	875
Puna	357

Mliječno-kisele bakterije se razvijaju u dosta širokim granicama temperature. Za većinu njih optimum je oko 25—30°C. Međutim, ne mali broj formi mliječno-kiselih bakterija se razmnožava, kako kod visokih tako i kod niskih temperatura. Ovdje treba istaknuti da ih ima i takvih koje i kod +5°C još uvijek dovoljno energično stvaraju mliječnu kiselinu.

Mliječno-kisele bakterije su uvjetni (fakultativni) anaerobi, tj. mogu da žive kako u prisustvu kisika tako i u anaerobnim uvjetima. Anaerobni uvjeti za hermetičko konzerviranje kukuruza potrebni su zato ako je omogućen pristup kisika onda plijesni i neke aerobne bakterije razlažu stvorenu mliječnu kiselinu, pa se pH ne može spustiti do određene granice i time se počinju razvijati procesi truljenja.

Kako mliječno-kisele bakterije u svojoj životnoj djelatnosti stvaraju znatne količine mliječne kiseline prilagodile su se životu kod dosta niske pH vrijednosti. Mliječno-kisele bakterije se prestaju razvijati kod pH 3,0 — 3,5. Jedino plijesni podnose niže pH vrijednosti, ali one opet ne mogu živjeti bez prisustva zraka.

SISTEM I TEHNOLOGIJA HERMETSKOG KONZERVIRANJA SVJEŽEG ZRNA KUKURUZA ZA ISHRANU STOKE

U SSSR-u i Mađarskoj još prije 10 godina je razrađen sistem i tehnologija spremanja svježeg zrna kukuruza. Tako **Solovjev** i **Kinš** (1962) iznose tehnologiju koju ćemo ovdje opisati.

Kukuruz se bere u voštanoj i u početku pune zrelosti s kombajnama za zrno. Takvo zrno se direktno s kombajna odnosi u posebne silo-jame. Obično se koriste cementne silo-jame, a veće silo-jame su podijeljene na sekcije. Veličina jedne sekcije-jame se određuje tako da se može napuniti zrnom tokom 1 do 2 dana, a u zimi da se može pohraniti za 12 do 15 ili 6—7 dana u ljetnom periodu. Nasuto zrno se u silo-jami raspoređuje u ravnim slojevima i pažljivo se nabija ručno ili vibratorom. Naročito treba brižljivo sabiti zrno uz stijenke i kutove jame. Pokrivanje silo-jame se izvodi polivinilskim folijama, ter papirom ili papirnatim vrećama premazanim bitumenom. Ovi pokrovni materijali se premažu slojem od 6 do 8 cm masne gline i zaspu zemljom. Ako se silo-jama nalazi pod krovom, tada je sloj zemlje 20 do 25 cm debljine, a na otvorenom 45 do 50 cm.

Svježe ubrano zrno u voštanoj i u punoj zriobi može se na ovaj način spremanja bez pristupa zraka čuvati i dulje od godinu dana, a da se ne gubi ni vanjski izgled a ni količina bjelančevina i škroba.

Uz navedenu tehnologiju treba dati i neka objašnjenja. Punjenje silo-jama ili sekcija mora se izvršiti u što kraćem vremenu (1—2 dana) da bi spriječili gubitke uslijed disanja jer nastali CO₂ odlazi izvan mase kukuruza ako ta masa nije izolirana od pristupa zraka. Brzim punjenjem i zatvaranjem silo-jama nagomilava se CO₂ što je, kako je navedeno, jedan od osnovnih principa ovog načina spremanja.

Nabijanje nasutog zrna provodimo zato da bi smanjili prostor između zrna, tj. količinu zraka što skraćuje vrijeme aerobnog disanja stanica. Zato stanice prelaze na anaerobno disanje, a poslije toga dolazi do ugibanja stanica. Znači, posljedica toga je smanjenje gubitaka hranjivih tvari zbog disanja stanica i razvoja nepoželjnih mikrobioloških procesa.

Pražnjenje silo-jama li sekcija zimi može trajati duže nego ljeti, ali u oba slučaja ne smije prelaziti određene vremenske granice. Ako pražnjenje traje duže od navedenih vremenskih granica, uslijed ulaska zraka u masu kukuruza, tj. stvaranjem aerobnih uvjeta, dolazi do razvoja aerobnih mikroorganizama, prvenstveno plijesni, koje razaraju mliječnu i druge kiseline, povisuje se pH, a time se stvaraju uvjeti za razvoj bakterija truljenja koje razaraju bjelancevine i ugljikohidrate. Tako se povećavaju gubici i smanjuje hranjiva vrijednost kukuruza. Ovi mikrobiološki procesi se zimi sporije odvijaju radi nižih temperatura, a ljeti kod temperatura oko 20°C i više (optimalna temperatura za plijesni i bakterije truljenja) mnogo brže, pa je zato vrijeme pražnjenja kraće.

Međutim, osim ovakvog sistema i tehnologije postoji još veliki broj mogućnosti za spremanje vlažnog zrna. U zavisnosti od količine kukuruza mogu se koristiti:

1. Vreće od plastičnih folija raznih veličina koje treba hermetički zatvoriti. One najviše služe za eksperimentalne svrhe. Treba paziti da u prostoriji u kojoj su smještene vreće nema miševa jer će se zrno u vrećama, koje oni progrizu, pokvariti.
2. Plastična folija se položi na pod šupe, na nju se sipa zrno i hrpa se pokrije drugom folijom. Rubovi donje i gornje folije se spoje ljepilom.
3. Ako na gospodarstvu postoje okrugle komore za smještaj zrna, (binovi) postupamo na drugi način. Od plastičnih folija se izradi vreća dimenzija binova i umetne u njih. Nakon punjenja tih vreća one se na vrhu zavežu, omotaju folijom i zalijepe.
4. Posude se izrađuju u valjkastom obliku od građevinskih ploča od tvrdih vlaknaca debljine 4 mm. Ploče se spajaju aluminijskim zakovicama i u tako napravljenu posudu se stavljaju vreće od plastičnih folija. Obično su te posude visoke 3 m, a promjer im je 3 ili 6 metara. Posude s promjerom 3 m imaju sadržaj 21 m³ ili oko 150 mtc zrna, a one s promjerom 6 m 84 m³ ili 590 mtc zrna.
5. Silo-tornjevi su različitog kapaciteta, a moraju biti hermetiski zatvoreni. To se postiže oblaganjem bitumenskim premazom na koji se priljepi aluminijska folija, premazom s vodenim staklom ili trokratnim premazom sa 30%-tnom vinskom kiselinom.

6. Trapovi su različitog kapaciteta, što zavisi od brzine punjenja i trapljenja, a potrošnja zrna iz trapa mora da se izvrši u određenim vremenskim granicama kao u silo-jame. Hermetsko zatvaranje trapa se postiže polietilenskim folijama, a zbog sigurnosti spremanja i sprečavanja šteta, koje su posljedica napada miševa, uputno je upotrebiti ter ili natron papir za prekrivanje nadzemnog dijela i rubova trapa. Kod izrade trapa mora se uzeti u obzir visina podzemnih voda koje mogu izazvati gubitke u trapu. Dno trapa mora biti bar 0,5 m više od najvišeg nivoa podzemnih voda.

Korištenje trapova za spremanje svježeg zrna kukuruza prvi put u većim količinama je kod nas provedeno na IPK Osijek u 1964. god. Postignuti su zadovoljavajući rezultati, kvalitet siliranog zrna bio je dobar, a gubici su kod dobre tehnologije bili od 3—5%.

KORIŠTENJE SILIRANOG ZRNA KUKURUZA I NJEGOVA HRANJIVA VRIJEDNOST

Silirano zrno kukuruza se kcristi nakon čekićanja i miješanja direktno za ishranu toke, prevenstveno svinja i goveda. Mljeveni kukuruz, da bi se izbjeglo kvarenje, treba koristiti istog ili drugog dana. Zbog toga, osim većih trapova i drugih objekata za siliranje kukuruza, treba graditi i manje u blizini tovišta svinja. Za potrebe velikih mješaona stočne hrane ovakav silirani kukuruz je potrebno osušiti nakon vađenja. Time se, ako gospodarstvo raspolaze sušarama, produžava njihov rad i smanjuju troškovi sušenja.

Sušenje siliranog kukuruza mliječna i druge kiseline se razgrađuju i gube, pa predstavljaju gubitak, ali se to ne događa kod direktnog hranjenja iz trapa. Zato, ukoliko je potrebno konzervirano zrno kasnije sušiti, moguće je sirovo zrno konzervirati dodavanjem nekih kemijskih sredstava. Ta kemijska sredstva brzo snize pH mase kukuruza, ne do azi do stvaranja mliječne i drugih kiselina, pa kod sušenja tako konzerviranog zrna nema gubitaka kao posljedice raspadanja mliječne kiseline. Od kemijskih sredstava mogu se upotrebiti mravlja ili druge kiseline i natrijev piro-sulfat u količini od 12 do 16 kg na tonu sirovcg zrna. Konzervirano a zatim sušeno zrno često gubi svoj karakterističan sjaj. Neka inozemna tržišta paze i na tu osebinu pa za njih treba pripremiti kukuruz osušen odmah nakon berbe.

U dostupnoj literaturi nema opširnih podataka o kompletnim analizama hranjive vrijednosti siliranog zrna kukuruza. **Riemann** (1965) navodi američke podatke prema kojima je silirani kukuruz dao, u zavisnosti od vrste

stoke i sadržaja vode, do 18% veće iskorištenje od suhog zrna. **Kurbanović** i **Jukanović** (1965) navode da je kod svinja ustanovljeno bolje iskorištenje siliranog kukuruza za 2 — 5% nego sušenog kukuruza, a na istu suhu tvar. Međutim, u Njemačkoj **Rintelen** i **Schmidt** (cit. **Riemann**) (1965) su ustanovili samo jednako iskorištenje siliranog i suhog zrna kod tovnih svinja. **Solovjev** i **Kinš** (1962) navode da je hranjiva vrijednost 1 kg zrna kukuruza u voštanoj zrelosti iz podzemnog spremišta iznosila 0,9 krmnih jedinica, a 1 kg zrna kukuruza u punoj zrelosti 1,2 krmnih jedinica.

ZAKLJUČAK

Hermetsko konzerviranje zrna kukuruza za ishranu stoke je način spremanja kukuruza koji u sadašnjim našim uvjetima predstavlja samo jedan prelazni nužni način. Dosadašnja iskustva kod nas i u svijetu pokazuju da svi načini siliranja kukuruza u zrnu ili klipom ne daju opravdane ekonomske rezultate. Zbog toga sve više, pa gotovo i isključivo, krupni proizvođači prelaze na direktno sušenje zrna. Sušenje zrna pobranog kombajnima za zrno uključuje u sebi industrijski način berbe, dorade i spremanja stočne hrane u mješaonama. Kukuruz velike vlažnosti (posebno visokorodni hibridi grupe 700, 800 i 900) se skida sa cijelim gornjim dijelom stajljike i klipom, te se podvrgava sušenju kod visoke temperature i postiže visoku hranidbenu vrijednost.

LITERATURA

1. **Aldrich S.** 1957.: Corn in New York. Cooperative Extension Service, New York State College of Agriculture
2. **Baldwin E.** 1960.: Dinamička biokemija (Prevod s engleskog). »Školska knjiga«, Zagreb
3. **Golik M. G.** 1961.: Fiziologo-biohimičke osnove hranjenja kukuruza. Izd-vo AN SSSR, Moskva.
4. **Gotlin J. i sur.:** Savremena proizvodnja kukuruza. »Agronomski glasnik« 1967, Zagreb
5. **Hruška J.** 1962.: Monografija o kukuruze (Prevod sa češkog na ruski). Izdanje »Kolos« Moskva 1965.
6. **Kurbanović Z. i Jukanović A.** 1965.: Problemi proizvodnje kukuruza na IPK Osijek s osvrtom na berbu, doradu, potrošnju i ekonomiku. Dokumentacija za tehnologiju i tehniku u poljoprivredi, Sveska 7/65, Separat 97.

7. **Milatović Lj.** 1965.: Osnove uskladištenja i čuvanja kukuruza. »Proizvodnja i prerada brašna« br. 2.
8. **Piper M.** 1965.: Proizvodnja kukuruza u knjizi »Kukuruz« — kolektiv autora. »Zadružna knjiga« Beograd 1965.
9. **Riemann U.** 1965.: Das Arbeitsverfahren Feuchtgetreidesilage, Frankfurt/Main. prevedeno s njemačkog. »Poljodobra« 19, 1965. Zagreb.
10. **Solovjev B. F. i Kinš A. S.** 1962.: Spravočnik po kukuruze. Izdanje s-h literaturi, žurnalov i plakatov, Moskva.
11. **Zubrilin A. A. i Mišustin E. N.** 1958.: Silosovanje kormov. Izdanje Akademije nauka SSSR, Moskva
12. Prva iskustva siliranja kukuruza u zrnju na IPK Osijek. »Poljodobra« 7, 1965. Zagreb.