

- [5] Hlavačova Z. (2000): The electric conductance of corn kernels fragments. *Acta technologica agriculturae*, Nitra. Vol.3, No.Mimoriadne, pp.6-10.
- [6] Lammertyn J., Nicolai B., Ooms K., De Smedth V., De Baerdemaeker, J. (1998): Non – destructive measurement of acidity, soluble solids and firmness of Jonagold apples using NIR. *Transactions of the ASAE*, Vol. 41, No.4, pp. 1089-1094.
- [7] Mizrach A.D., Nahir D., Ronen B. (1992): Mechanical thumb sensor for fruit and vegetable sorting. *Transactions of the ASAE*, Vol.35, No. 1, pp.247-250.
- [8] Mizrach A., Flitsanov V., Fuchs, Y. (1997): An ultrasonic non destructive method for measuring maturity of mango fruit. *Transactions of the ASAE*, Vol. 40, No. 4, pp.1107-1111.
- [9] Schatzki T. F. , Haff R. P., Young R. , Can I. , Le, L. C. , Toyofuku N. (1997): Defect defection in apples by means of X-Ray imaging. *Transactions of the ASAE*, Vol. 40, No. 5, pp. 1407-1415.
- [10] Upchurch B. L., Throop J. A., Anehensley, D. J. (1994) : Influence of time, bruise type and severity on near infrared reflectance from apples surfaces for automatic bruise detection. *Transactions of the ASAE*, Vol. 37, No. 5, pp. 1571-1575.

Primljeno: 29. 03. 2001.

Prihvaćeno: 3. 04. 2001.

Biblid: 1450-5029 (2001) 5; 3, p. 66-69
UDK:631.563; 631.1; 662.612

Pregledni rad
Review

SKLADIŠTENJE ZRNA ŽITARICA U HERMETIČKI ZATVORENIM SKLADIŠTIMA

CEREAL GRAIN STORAGE IN AIRTIGHT BINS

Dr Miladin BRKIĆ*, dr Marija ŠARIĆ, Milan GNIP, dipl.ing.**
*Poljoprivredni fakultet, Novi Sad, Trg D. Obradovića 8,
**Tehnološki fakultet, Novi Sad, Bulevar cara Lazara 1

REZIME

Posle Drugog svetskog rata značajno se povećalo korišćenje vazdušno-zaptivnog (hermetički-zatvorenog) skladištenja zrna, kao novog metoda čuvanja zrna žitarica. Od davnih vremena ljudi u Južnoj Evropi, Srednjem Istoku i suvim oblastima Amerike i Azije skladište zrno u jednostavnim podzemnim vazdušno-zaptivenim jamama. Ove jame nisu uvek bile vazdušno-zaptivene, ali su obično bile oblagane izolacionim materijalima (slama, pleva, butil-guma, PVC i PE folije). Ponekad vlaga može da ulazi u jamu iz zemljišta ili da curi kroz pokrivač jame. Ovlažena slama ili zrno postaje plesnivo tako da se troši kiseonik iz vazduha u jami, u kojoj se obično nalazi uskladišteno veoma suvo zrno. Od opisivača ovih skladišta na Malti ustanovljeno je da je izvesna količina vlage bila neophodna za uspešno skladištenje, ali mnogi radovi su pokazali da niti vlažno zrno, niti vlažna slama nisu potrebni ako je jama kompletno vodo-nepropustljiva i vazdušno-zaptivena. Od davnih vremena vazdušno-zaptiveno skladištenje zrna bilo je razvijeno za kontrolu (sprečavanje) razvoja insekata u suvom zrnu i za sprečavanje razvoja plesni u visoko vlažnom zrnu. Mnogo efikasniji metod za čuvanje zrna je ubacivanje inertnih gasova, kao što su CO₂ i N₂, u vazdušno-zaptivni bin za skladištenje.

Ključne reči: skladištenje, zrno žita, vazdušno-zaptivene ćelije, inertni gasovi

SUMMARY

After Second war there has been a marked increase in the use of airtight grain storage, like a new method of preserving cereal grain. From ancient times people in countries in southern Europe, The Middle East, and the drier parts of America and Asia have stored grain in simple underground airtight pits. These pits were not always airtight, but were usually lined with isolation materials (straw, chaff, butyl-rubber, PVC and PE foil). Sometimes it cans moisture entering in pit from the soil or through leaks in the cover. This dampened straw or grain became moldy, and in so doing used up the oxygen in the air in the pit, witch usually contained very dry grain. An writer on the pit stores in Malta claimed that a certain amount of dampness was essential for successful storage, but many works has shown that neither damp grain nor straw is necessary if the pit is completely waterproof and airtight. From ancient times airtight storage grain has been developed both to control insects in dry grain, and to prevent mold growth in high-moisture grain. Much better method of preserving grain is injected inert gases, like CO₂ and N₂, in storage airtight bin.

Key words: storage, cereal grain, airtight bin, and inert gases

UVOD

Skladištenje zrna u vazdušno-zaptivenim (hermetički zatvorenim) skladištima obavlja se još od 1660 godine, saznaje se na osnovu pisanih radova početkom 19. veka (Hyde, Mary, 1974). Hyde je analizirala 110 objavljenih radova iz 19. i 20. veka na ovu temu. Prvo se skladištenje zrna obavljalo u ukopanim (podzemnim) zemljanim jamama, u državama sa suvim klimatom. Kasnije se to obavljalo u kombinovanim skladištima (podzemnim i nadzemnim), da bi se posle Drugog svetskog rata koristila, uglavnom, nadzemna konstrukcija (ćelije, binovi silosa). Materijali od kojih su građena skladišta bili su različiti: zemlja, osušeno blato, ukopana stena, opeka, malter, glazirani cement, beton, bitumen ili asfalt, čelične table, galvanizirani ili emajlirani metal, butil-guma, PVC, PE ili Al folije.

U skladištima ili silosima skladišti se suvo ili vlažno zrno. Skladištenje suvog zrna u vazdušno-zaptivenim (hermetički zatvorenim) skladištima obavlja se u cilju sprečavanja razvoja insekata, a skladištenje vlažnog zrna vrši se zbog sprečavanja razvoja plesni i kvasaca.

Cilj ovog rada je da se detaljno prouči problematika bezbednog skladištenja zrna žitarica u atmosferi sa sniženom koncentracijom kiseonika, a povećanom koncentracijom ugljendioksida (spontanijem vrenjem na početku postupka skladištenja zrna), da bi se moglo ići na praktičnu primenu tehnologije skladištenja zrna (suvog ili vlažnog) sa veštačkim uduvavanjem ugljendioksida ili azota (inertnog gasa), u cilju eliminisanja skupog postupka veštačkog sušenja vlažnog zrna i tretiranja suvog zrna zaštitnim hemijskim sredstvima.

PRINCIPI SKLADIŠTENJA ZRNA ŽITARICA U VAZDUŠNO-ZAPTIVENOM PROSTORU

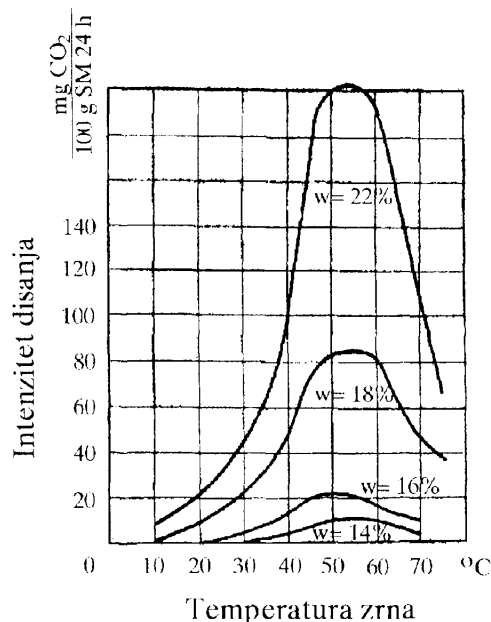
Principi skladištenja zrna u vazdušno-zaptivenom objektu zasnivaju se na disanju organske materije ili organizama, tj. trošenju kiseonika iz zarobljenog vazduha u zaptivenoj ćeliji (binu) i proizvodnji ugljendioksida (CO_2), kao inertnog gasa, Hyde, Mary (1974). Sa značajno smanjenom količinom kiseonika usporava se raspadanje organske materije i razvoj insekata i mikroorganizama. U vazdušno-zaptivenom ili hermetički zatvorenom skladištu insekti će biti ubijeni ako koncentracija kiseonika opadne na 2 %. Razvoj plesni i kvasaca prekida se pri sadržaju kiseonika od 0,2 %. Ukoliko temperatura zrna poraste iznad 10 do 15°C, dolazi do razvoja navedenih mikroorganizama i pri vrlo maloj koncentraciji kiseonika. Neke vrste mikroorganizama razvijaju se i u anaerobnim uslovima (bez prisustva vazduha), ako je značajno povećan sadržaj vlage u zrnu ili povišena temperatura zrna. Dakle, štetni procesi se intenziviraju pri povišenom sadržaju vlage i temperaturi zrna.

Razlaganje ugljenih hidrata, šećera i proteina može da se obavlja pri aerobnim i anaerobnim uslovima. Oslobođena toplotna energija pri ovom razlaganju organske materije (zrna) je veća pri aerobnim uslovima za 30 puta od oslobođene energije pri anaerobnim uslovima.

Respiracija (disanje) suvog, nezaraženog zrna insektima je relativno niska. Kod prisustva insekata u zrnu disanje je mnogo intenzivnije, te i potrošnja kiseonika veća. Pri većem sadržaju vlage povećava se disanje zaraženog zrna. Disanje insekata povećava se i sa porastom temperature, sve do 60°C, kada insekti počinju da ugibaju.

Uticaj sadržaja vlage i temperature zrna na intenzitet disanja prikazan je na slici 1 (Trisvjatskij, 1975).

Kao što se vidi sa slike 1 intenzitet disanja zrna sa sadržajem vlage ispod 16 % je dosta slab, ali sa povećanjem sadržaja vlage iznad 16 % proces se naglo intenzivira. Optimalna temperatura za odvijanje procesa disanja pri različitim sadržajima vlage je oko 50°C. Iz podataka o zavisnosti intenziteta disanja od sadržaja vlage i temperature zrna i iz stehiometrijskog odnosa procesa disanja sledi da ukoliko je sadržaj vlage zrna 22 %, a temperatura 25°C, za svakih 24 časa temperatura zrne mase se poveća za 7°C, a vlaga za 0,058 %, pri čemu je gubitak suve materije 0,1 %. Pri ovom procesu proizvede se 30 mg CO_2 na 100 g suve materije za 24 časa (sl. 1).



Sl. 1: Intenzitet disanja zrna žitarica (Kretović, cit. Trisvjatskij, 1975)

Fig. 1: Intensity of cereal grain respiration (Kretović, cite in Trisvjatskij, 1975)

Atmosfera bez kiseonika može da se proizvede i na veštački način, sagorevanjem goriva (gasa) ili ubacivanjem tehničkog ugljendioksida ili azota pod pritiskom u ćeliju skladišta, pri čemu se istisne vazduh iz ćelije (Brkić i dr., 2001).

U hladnim danima površina zrna uz metalne zidove ćelija može da se do te mere ohladi, da dovode do kondenzovanja vlage iz zagrejanog vazduha, koji dolazi iz središnjeg dela ćelije. Pri povišenju temperature okolnog vazduha raste i temperatura u površinskom sloju zrne mase. Ipak, u umereno hladnijim i planinskim predelima ima manje problema sa skladištenjem zrna u vazdušno-zaptivenim skladištima (Hyde, Mary, 1974).

Sadržaj vlage u zrnu može u principu da poraste iz dva razloga: "curenja" vode u ćeliju zbog lošeg zaptivanja zidova i vrata na ćeliji i zbog kodenzovanja vlage iz vazduha u ćeliji. Ovlaženo zrno se "grudva" i mogu da se stvore "svodovi" u ćeliji. Zbog toga je otežano izuzimanje zrna iz ćelije.

Sa 35 % koncentracije ugljendioksida i 14 % koncentracije kiseonika u vazduhu dolazi do sprečavanja razvoja insekata u suvom zrnu.

Pri sadržaju vlage od 22 % klijavost semena može da opadne za nekoliko nedelja na nulu. Na 14 % sadržaja vlage klijavost se održava na optimalnom nivou.

Kod sadržaja vlage ispod 16 %, uglavnom, ne menja se hemijski sastav zrna (proteini, celuloza i druge gradivne materije), redukovani šećeri se povećavaju, a neredukovani se smanjuju. Ako sadržaj vlage raste iznad 25 %, blago raste kiselost zrne mase (opada pH vrednost), povećava se sadržaj mlečnih kiselina. Slične se promene dešavaju kao i u silaži (tzv. proces fermentacije organske mase). Sa 27 % sadržaja vlage u zrnu kukuruza, povećava se sadržaj masnih kiselina, ali ne i u zrnu sa 18 % sadržaja vlage. Vrednost pH se smanjuje u zrnu sa 28,5 % sadržaja vlage, a na 22,5 % male su promene. Promene u vrednostima ovih veličina zavise od temperature i sadržaja vlage u zrnu (do 29 % sadržaja vlage). Pri sadržaju vlage 20 do 24 % i pri koncentraciji kiseonika 0,5% neki sojevi gljiva su se razvijali i u takvim uslovima. Biohemijske promene su kompleksnije i treba ih detaljnije proučavati.

Kod hleba proizvedenog od brašna zrna pšenice skladištenog u vazdušno-zaptivenom silosu sa 16 % sadržaja vlage, ocena hleba je optimalna i čak dolazi do povećanja zapremine hleba. Kod hleba proizvedenog od brašna zrna pšenice skladištenog sa sadržajem vlage od 18 do 20 % vekna hleba je imala mrlje, što ukazuje na razvoj plesni i početak enzimske razgradnje glutena, koja dovodi do smanjenja zapremine hleba i kvaliteta sredine hleba. Dakle, skladištenje veoma vlažnog zrna u vazdušno-zaptivenim skladištima nije pogodno za spravljanje dobrog hleba.

Pri sadržaju vlage ispod 18 % postoje relativno mali gubici suve materije u zrnu. Na 22 do 25 % sadržaja vlage gubitak je bio ispod 1 %, a na 33 do 35 % gubitak se povećao na 3 do 4 %, posle 6 meseci skladištenja zrna. Ječam sa 22 i 35 % sadržaja vlage u zrnu imao je gubitak 2 i 4 %. Gubici suve materije su manji kada se dodaje voda zrnu, u odnosu na stanje zrna kada se voda nalazi već u njemu. Dodavanjem vode do 30 % sadržaja vlage i više, smanjuje se gubitak suve materije.

Visoko vlažno zrno dobra je hrana, povećava se ukusnost i postiže se visoki odnos konverzije obroka kod stoke.

Većina komercijalnih silosa nisu dobro vazdušno-zaptiveni (hermetički zatvoreni), te se povećava broj kvasaca, koji mogu da izazovu fermentaciju. U početku se povećava broj plesni, a kasnije se tokom skladištenja smanjuje. Razvitak kvasaca sprečava razvitak vlaknastih plesni. U ječmu sa 16 do 19 % sadržaja vlage razvijaju se plesni. Neki sojevi plesni su anaerobni (mogu da se razviju pri maloj količini kiseonika) ili aerobni (razvijaju se pri većoj količini kiseonika). "Poljske plesni", koje su prisutne u žetvi žita, mogu da se eliminišu pri visokom sadržaju vlage (preko 20 %) usled intenzivnog disanja i povećanja količine ugljendioksida, a mogu da prežive pri nižem sadržaju vlage. Pojedini mikroorganizmi su potencijalno sposobni, posebno plesni da u optimalnim uslovima da proizvedu rezidue-mikotoksine, koji mogu da prouzrokuju izvesne zaraze, alergije i trovanja kod životinja i ljudi. Treba detaljno ispitati koji su optimalni uslovi za proizvodnju pojedinih mikotoksina kao što su "zearalenon", "ohratoksin", "trihoceten", alfatoksin i drugih u vazdušno-zaptivenim ili otvorenim skladištima.

Željeni sadržaj vlage za vlažno uskladišteno zrno u hermetički zatvorenim skladištima iznosi: za zrno kukuruza 25 %, za zrno pšenice 18 %, za zrno pirinča 20 % i za zrno ječma i ova 20 %, Brooker, et.al. (1974). Treba imati u vidu da pri tome dolazi do izvesne fermentacije zrna, te je potrebna dodatna zaštita od skladišnih gubitaka suve materije (npr. uduvavanje inertnog gasa u ćeliju silosa, Brkić i dr., 2001).

SKLADIŠTENJE ZRNA U VAZDUŠNO-ZAPTIVENIM SKLADIŠTIMA

Skladištenje suvog zrna u podzemnim skladištima

U Indiji, Australiji i Egiptu, pre više vekova, pravljene su jednostavne jame za skladištenje suvog zrna žitarica, Hyde, Mary (1974). Jame su ukopavane u zemlju. Zidovi jame oblagani su slamom i plevom, a pokrivane sa slamom, plevom i zemljom (blatom). Slama i pleva imale su funkciju upijanja vlage (vode), koja je eventualno ulazila u jamu (kiše i dr.). Jame su se ukopavale na suvom i ocednom zemljištu, sa niskim nivoom podzemnih voda. Imale su cilindrični ili pravougaoni oblik. U Indiji ove jame zvali su "banda". Na Malti i Kipru jame su se pravile u obliku flaše, sa suženim grlom, da bi se mogla lakše zatvarati i zaptiti. Ukopavane su, uglavnom, u krečnjačku stenu. Zvale su se "fossa". Jame na Malti iz 1660 godine oblagane su "pozalan"-om (glaziranim cementom). Posle Drugog svetskog rata zidovi jame su izolovani bitumenom. Zrno pšenice skladišteno u ove jame sa 13 % sadržaja vlage imalo je izvesne promene u kvalitetu, ali prihvatljive za upotrebu. U ovim jamama razvoj insekata bio je sprečen.

Drugom polovinom 19. veka gradile su se jame sa sendvič zidovima, od dva sloja betona i sa asfaltom u sredini, kao izolatorom i zaptivačem. Imale su trapezasti oblik, sa uzdignutim stranicama iznad površine zemlje, kako voda (od mora, jezera ili reke) ne bi ulazila u jamu. Pokrivač jame imao je bituminizirani filc, postavljen na žičanu mrežu kao nosač. Gornji deo pokrivača jame bio je obložen sa vodonepropusnom košuljicom od betona. Otvori na jami mogli su se dobro da zatvore i zaptiju.

U Aziji građene su male zaptivne jame. Na Srednjem Istoku pravljene su jame velikih dimenzija, kapaciteta 1000 tona, sa parno-nepropustivim betonom, butil-gumom ili drugim fleksibilnim materijalom (folijom).

Za vreme Drugog svetskog rata u Argentini pravljena su skladišta velikih dimenzija od maltera (mešavina zemlje i cementa), koja su prekrivana bituminiziranim filcom, a odozgo zasipana zemljom. Takođe, u Argentini građene su betonske jame kapaciteta 500 t, izolovane sa bitumenom, pokrivane sa vodonepropustljivim stalnim krovom. U ovakvim jamama skladištena je pšenica sa 12 do 13 % sadržaja vlage 18 meseci, sa dobrim kvalitetom. Slične jame pravljene su i u Kanzasu, Tanzaniji, Engleskoj i Aziji. U Kanzasu je napravljen podzemni betonski bin, sa vodeno-parnim izolatorom. U Engleskoj obavljen je test u betonskoj jami, kapaciteta 60 t, koja je bila zaptivena betumenom. U nju je skladišteno zrno kukuruza sa 13 % sadržaja vlage 5 godina. Pokrivena je bituminiziranim filcanim prekrivačem. Većina zrna održala se u dobroj kondiciji. Razvoj insekata je bio sprečen. U jamama zrno je imalo nižu temperaturu, što je bilo vrlo povoljno za skladištenje zrna žitarica u toplim krajevima.

Sedamdesetih godina 20. veka izgrađeni su podzemni betonski silosi u Južnoj Americi, kapacitet ćelija 120 t, izolovane bitumastikom, premazanim belom uljnom bojom i pokrivene bituminiziranim pokrivačem. Većina zrna održavana je u dobroj kondiciji. Kasnije su, zemljane ili betonske jame oblagane butil-gumom ili PVC oblogom (folijom). Obloge su davale zadovoljavajuće rezultate, sve dok nisu bile oštećene od glodara.

Skladištenje suvog zrna u nadzemnim skladištima

Nadzemna skladišta (silosi) građena su od čvrstih i fleksibilnih materijala. Gradnja ovih skladišta obavljala se intenzivno pedesetih

i šezdesetih godina prošlog (20.) veka. U Americi razvijeno je nadzemno skladište (bin) od čvrstog materijala, zvano "pusa". Ono je oblagano sa PE folijom, kao sendvič u blatnom zidu. Skladište je imalo pravougaoni oblik. U njemu je skladišteno zrno pšenice 3 godine sa 7 do 10 % sadržaja vlage. U Severnoj Nigeriji sagrađena je žitnica od bitumensko-blatnog materijala. U Engleskoj izgrađen je kavez od metalne mreže, obložen platnom od konoplje ili jute, a preko toga postavljen je cement. Cement je tretiran sa bitumenom. Ova skladišta imala su kapacitet 10 t i koncipirana su za zemlje u razvoju. Na Kipru građeni su tzv. "walter" betonski binovi, odnosno silosi. To su bile konusne ukopane u zemlju jame prečnika 18 m, dubine 9 m, a iznad zemlje se postavljala kupola u obliku svoda (polulopta). Slično skladište građeno je u Keniji za skladištenje suvog zrna pšenice i kukuruza. Takođe, građena su specijalna nadzemna skladišta, tj. "Ctesiphon" silosi. Svod je bio od opeke, kupola od tanke betonske školjke, nanete preko platna od konoplje ili jute, postavljenih na privremene podmetače (nosače). Na to je nanet bitumen, koji je zatim ofarban refleksnom bojom.

Fleksibilni nadzemni silosi sastoje se od cilindrične metalne mreže, koja se oblaže jastučnicom (vrećom) od butil-gume, PVC ili PE folijom. Takođe, građeni su "Cherwell" silosi, kapaciteta 100 t, za skladištenje suvog zrna žitarica. Punili su se i praznili pneumatski. U Kanadi je ispitivan jeftiniji način punjenja ćelija. Ovi silosi korišteni su u Evropi, Severnoj i Južnoj Americi, Aziji i Australiji. Jastučnica može da bude napravljena od tankog materijala (Al folije). Al folija reflektuje Sunčeve zrake. Crna butil-guma privlači, apsorbuje zrake. Fleksibilni materijali su osetljivi na oštećenja od glodara.

Skladišta suvog zrna bez prisustva kiseonika su korištena da bi se izbeglo korišćenje toksičnih materija za uništavanje insekata. Takođe, ova skladišta mogu da se koriste za skladištenje semenske robe ako je sadržaj vlage u semenu niži za 1 do 2 % od ravnotežnog (skladišnog) sadržaja vlage.

Skladištenje vlažnog zrna u podzemnim i/ili nadzemnim skladištima

U 19. veku obavljeno je skladištenje vlažnog zrna pšenice sa 17 % sadržaja vlage u polu-podzemnim silosima, na nižim temperaturama. Takođe, zrno ova i kukuruza sa istim sadržajem vlage (17 %) skladišteni su u ozidanim silosima, obloženim sa metalnim tablama. Prvom polovinom 20. veka građeni su metalni rezervoari (binovi), zavarene konstrukcije. Binovi su bili kružnog ili šestougaoog preseka. U njima je skladišteno zrno sa 16,2 % sadržaja vlage. Zrno je očuvano i imalo je dobru kondiciju. Pošto nije bio dobar zatvarač na gornjem otvoru bina, došlo je do promene kvaliteta zrnene mase u površinskom sloju.

U Francuskoj su pedesetih godina prošlog veka izgrađene hermetički zatvorene ćelije silosa, u kojem je skladišteno zrno pšenice do 19 % sadržaja vlage (prosek 17 %). Silos je bio zavarene metalne konstrukcije, kružnog ili šestougaoog oblika. Kapacitet ćelija bio je 200 t. Kvalitet zrna bio je zadovoljavajući.

U Britaniji i SAD izgrađene su vazdušno zaptivene, hermetički zatvorene, ćelije (binovi) silosa za skladištenje visoko vlažnog zrna: ječma, kukuruza i ova, namenjenog za stočnu hranu. Ovi silosi popularno se zovu "harvesteri". Zrno je bilo zdrobljeno da bi se što bolje upakovalo u ćeliju i time smanjila količina kiseonika. U Britaniji su metalni binovi galvanizirani ili emajlirani (bin je obložen sa "staklom"). U ovakvim binovima skladišteno je zrno ječma sa 18 do 22 % sadržaja vlage, a ponekad sadržaj vlage dostizao je vrednost od 25 %. U SAD u ovakvim binovima skladišti se prekrupa zrna kukuruza sa sadržajem vlage preko 30 %, koja se sabija u binovima da bi se što više istisnuo vazduh i proizvela dobra silaža (mlečno kiselinskom fermentacijom).

Idealno bi bilo kada bi metalni silos bio zavarene konstrukcije. Čelične table treba galvanizirati, odnosno emajlirati ili tretirati sa epoksidnim smolama. Ipak, ovaj tretman nije pokazao idealno zaptivanje, ali jeste zaštitu od vlage (korozije), kiselina iz silaže i dr. U SAD emajlirani silosi (tzv. "harvesteri") u potkrovlju imaju jastučnicu (vreću) za disanje ćelije. Kako se ćelija prazni, tako se jastučnica naduvava spoljnim vazduhom, jer je povezana sa ventilom na krovu. U Engleskoj ovi silosi nemaju jastučnice, ali imaju sigurnosni ventil za mogućnost promene pritiska u ćeliji.

Kada se zrno ne istovara, treba otvore za punjenje i pražnjenje mase hermetički zatvoriti. Sadržaj vlage u zrnu za skladištenje u ovim ćelijama preporučuje se od 18 do 22 %, a za poneke kulture i 25 %.

Na Farmi krava PIK "Bečež" u Bečežu 1972. godine podignuta je baterija silosa od 7 komada čeličnih ćelija (binova), tipa "Vitkovice", sa opremom za punjenje i pražnjenje vlažne biljne mase namenjene za proizvodnju silaže, Gligorić (1976). Ćelije su cilindričnog oblika, prečnika 6 m, visine 18 m, zapremine 500 m³, od čega je korisna zapremina 440 m³. Zidovi ćelija urađeni su od čeličnih ploča, koje su sa spoljašnje i unutrašnje strane obložene staklenom masom (emajl), što osigurava trajnu otpornost od korozije (vlage i kiseline). Spojevi ploča zatvaraju se specijalnim kitom, koji se ne suši i ne puca, te je zbog toga obezbeđena dobra zaptivenost. Na krovu ćelije nalaze se dva ovora sa poklopcima, a na dnu otvor sa vratima za pražnjenje. Otvori se mogu hermetički zatvarati. U potkrovlju ćelije smeštene su dve plastične vreće. U krov ćelije smeštena je cev za punjenje ćelije sa masom i ventil sigurnosti. Na dnu ćelije smešten je ventil za odvod sokova, a uz ćeliju nalaze se lestve i elektrokomandna tabla. Ćelije silosa pune su mlevenim vlažnim klipom kukuruza. Sadržaj vlage u iseckanoj masi sa sečkom "Mengele", tip Blitz-1000, iznosio je od 26 do 40 % (prosečno 33,5 %). Pri ovom sadržaju vlage bili su povoljni procesi vrenja mase.

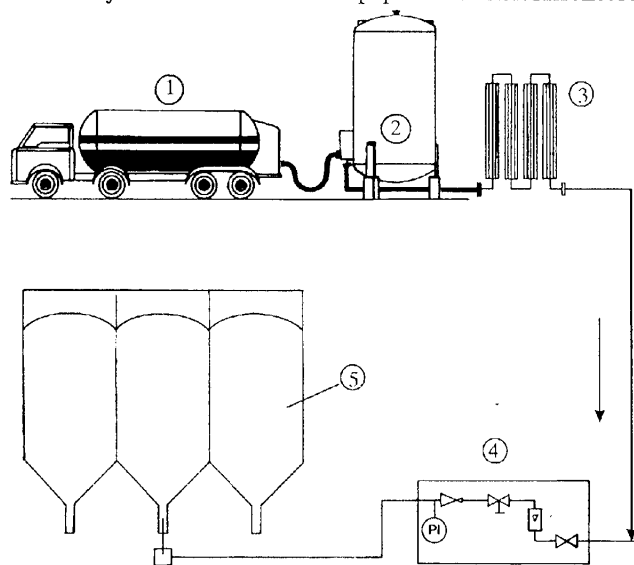
Za drobljenje vlažnog klipa, kasnije je, upotrebljen čekićar (Gligorić, 1981). Usitnjena masa se nabija u ćelije. Ustanovljeno je da je najpovoljniji sadržaj vlage u mlevenom klipu kukuruza 35 do 40 %, mada može da bude i veći. Ova metoda konzervisanja zrna kukuruza ima značajne prednosti u odnosu na postupak veštačkog sušenja vlažnog zrna kukuruza. Nedostatak je što se izuzeta vlažna masa iz bina mora što pre da utroši (u roku 24 do 48 časova).

Mnogi istraživači se slažu da se korišćenjem siliranog zrna kukuruza u tovu povećava dnevni prirast svinja (Markićević, 1978).

Konzervisanje poljoprivrednih proizvoda (stočne hrane) siliranjem ima brojnih prednosti nad ostalim metodama, na primer sušenjem (prirodnim, a posebno umjetnim), toplinskom sterilizacijom i umjetnim kiselenjem (Vešnik, 1983).

Metoda konzervisanja zrna kukuruza veštačkim sušenjem je zbog velike količine utrošenog goriva najskuplja (Brkić i Alimpić, 1980).

Gradene su i fleksibilne ćelije silosa, oblagane sa jastučnicom (vrećom) od butil-gume, PVC ili PE folijom, kapaciteta 20 do 40 t (Hyde, Mary, 1974). Ovi silosi grade se u cilindričnom obliku, od žičanog kaveza kao nosačem obloge. Žice su međusobno zavarene. Ponekad ćelije silosa oblažu se "kraft" papirom. Fleksibilni silosi su



Sl. 2: Oprema za prinudno ubacivanje inertnog gasa u ćelije silosa (1-kamion cisterna za transport tečnog gasa, 2-rezervoar za tečni gas, 3-isparivač tečnog gasa, 4-merno-regulacioni set (orman), 5-silo ćelije za skladištenje zrna, 6-kompresor)

Fig. 2: Equipment for compulsion throwing of inert gas in silo bin (1-truck cistern for transport liquid gas, 2-reservoir for liquid gas, 3-evaporator of liquid gas, 4-measurement-regulation set (cupboard), 5-silo bin for grain storage, 6-compressor)

demontažni, mogu se spakovati i skloniti u stranu. Moraju se zaštititi od glodara (postavljanjem obruča od peska). Mogu da traju 2 do 5 godina.

Zahtevi za vazdušnim zaptivanjem (hermetizacijom) ćelija silosa su mnogo strožiji za skladištenje vlažnog zrna nego suvog. Vlažno zrno se ne može skladištiti u nezaptivenim betonskim jamama ili nadzemnim betonskim silosima.

Na slici 2 prikazana je potrebna oprema za prinudno ubacivanje inertnog gasa (CO₂ i N₂) u hermetički zatvorenu ćeliju silosa.

ZAKLJUČCI

Da bi se suvo ili vlažno zrno žitarica moglo bezbedno da skladišti u silosima, bez tretiranja sa zaštitnim hemijskim sredstvima, moraju se obezbediti odgovarajući uslovi: potpuna zaptivenost (hermetičnost) ćelija, kako u ćelije ne bi mogla da ulazi vlaga (voda), niti vazduh. Koncentracija kiseonika u vazduhu koji se nalazi u ćeliji silosa treba da bude ispod 1 %, po mogućstvu 0,2 %. Na ovaj način može da se spreči razvoj insekata u suvom i mikroorganizama u vlažnom zrnu.

Za sprečavanje razvoja plesni temperatura zrna treba da je ispod 10 do 15°C, sadržaj vlage za zrno pšenice ispod 18 %, zrno ječma i ovsa ispod 20 %, zrno kukuruza ispod 25 % i za zrno pirinča ispod 20 %. Da bi se povećala sigurnost za bezbedno skladištenje zrna potrebno je veštačkim putem (pod pritiskom) ubaciti ugljen-dioksid ili azot, kao inertni gas, u ćeliju silosa. Sa ovim postupkom zaustavlja se disanje zrna i drugih živih organizama.

Neke vrste plesni mogu da pod određenim nepovoljnim uslovima proizvedu na zrnu žitarica mikotoksine, što je neophodno da se posebno prati i spreči.

Ako je sadržaj vlage u semenu žita 11 do 12 % ili manji, onda seme neće izgubiti klijavost u hermetički zatvorenoj ćeliji.

Metod skladištenja zrna u vazdušno-zaptivenoj (hermetički zatvorenoj) ćeliji silosa je jednostavan metod i treba ga primeniti i razvijati u našoj praksi.

Investicioni troškovi ovog metoda skladištenja zrna su nešto povećani, ali eksploatacioni troškovi su vrlo mali (niski), najmanji u odnosu na druge načine skladištenja zrna žitarica (veštačkim sušenjem, konzervisanje sa kiselinama, rashlađivanjem, siliranjem spontanom vrenjem, i dr.).

LITERATURA

- [1] Brkić, M., Alimpić, M.: Ekonomski pravci razvoja konzervisanja kukuruza u Vojvodini, zbornik radova sa VII savetovanja stručnjaka poljoprivredne tehnike Vojvodine, VDPT, Poreč, 1980. s. 711-727.
- [2] Brkić, M., Šarić, Marija, Gnip, M.: Primena inertnih gasova u skladištenju zrna žitarica i uljarica, časopis: "Žito-hleb", Tehnološki fakultet, Zavod za tehnologiju žita i brašna, Novi Sad, 28 (2001), 1-2, s. 3-11.
- [3] Brooker, D., Bakker-Arkema, F., Hall, C.: Drying cereal grains, The AVI Publishing CO., Inc., Westport, Connecticut, 74., p. 183.
- [4] Gligorić, P.: Korišćenje čeličnih silosa za spremanje senaže lucerke i konzervisanje vlažnog mlevenog klipa kukuruza, zbornik radova sa III savetovanja stručnjaka poljoprivredne tehnike Vojvodine, VDPT, Novi Sad, 1976, s. 113-129.
- [5] Gligorić, P.: Spremanje kukuruza u vertikalnim silosima u RO "Bečež", Bečež, zbornik radova sa 10. tematskog savetovanja: "Tehničko-tehnološka rešenja u proizvodnji, spremanju i distribuciji stočne hrane, VDPT, Novi Sad, 1981, s. 30-48.
- [6] Hyde, Mary: Airtight storage, Monography: "Storage of cereal grains and their products", Published by the American association of cereal chemists, St. Paul, Minesota, 1974, pp. 383-419.
- [7] Marković, R.: Konzervisanje kukuruznog zrna visoke vlažnosti, zbornik radova sa Savetovanja o proizvodnji, spremanju i korišćenju stočne hrane, kao faktora daljeg razvoja stočarstva SAP Vojvodine, PIV, Privredna komora Vojvodine, Poljoprivredni fakultet, Institut za stočarstvo, Novi Sad, 1978, s. 425-436.
- [8] Vešnik, F.: Štetne promene u procesu siliranja i uloga CO₂ u njihovu sprječavanju, zbornik radova sa Savetovanja: "Aktualni problemi mehanizacije poljoprivrede", Fakultet poljoprivrednih znanosti u Zagrebu, Opatija, 1983, s. 273-280.
- [9] Trisvjatskij, L.: Hranenie zerna, "Kolos", Moskva, 1975, s. 399.
- [10] Tehnogas: Primena ugljen-dioksida i azota u inertizaciji silosa za žitarice, brašno i stočnu hranu, prospekti materijal, BMG, Beograd, 1995.

Primljeno: 27. 03. 2001.

Prihvaćeno: 29. 03. 2001.