

## ZNANSTVENA I STRUČNA SAVJETOVANJA

YU ISSN 0002-1954.

UDC 631.53.026 = 862

### HLAĐENJE USKLADIŠTENIH ŽITARICA ZAŠTO I KADA\*

F. Vešnik, J. Ritz

#### U V O D

Poznato je, da je osnovni cilj uskladištavanja sačuvati uskladištenu robu za potrošnju u dužem vremenskom periodu na taj način, da u njoj ne dođe do nepoželjnih promjena u kvaliteti uskladištenog materijala, a posebice ne do gubitaka u kvantiteti. Zbog toga bismo željeli naglasiti neke pokazatelje, koji bi mogli spriječiti velike gubitke, koji se pojavljuju u mnogim našim skladištima. Jedan od takovih je postupak hlađenja, kao metoda kojom se smanjuju skladišni gubici žitarica i nekih drugih poljoprivrednih proizvoda.

Mehanizam pozitivnog djelovanja niskih temperatura odnosno hlađenja uskladištenje robe objasnio je i o tome dao znanstvene osnove Vant Hoff (Ryall, Lipton). Međutim i praktičari dobro poznaju korisni učinak niskih temperatura po tome, što u hladnim periodima godine (zimi i u proljeće) nema mnogo problema s uskladištenim žitaricama, manje je samozagrijavanja i drugih štetnih pojava. To saznanje je dalo prve podstreke, da se zimski uvjeti uskladištavanja protegnu i na ljetne mjesece putem tehnologije hlađenja, da bi se poboljšali skladišni uvjeti za žitarice. Mala toplinska provodljivost i specifična struktura zrna omogućavaju relativno lako hlađenje žitarica, utiskivanjem (propuhivanjem) hladnog zraka u hrpu žita. Jednom ohlađeno zrno u hrpi, vrlo sporo mijenja temperaturu i zadržava postignutu hladnoću duži period. Zato je za zaštitu od većih gubitaka za višemjesečno razdoblje, obično dovoljno jedno hlađenje.

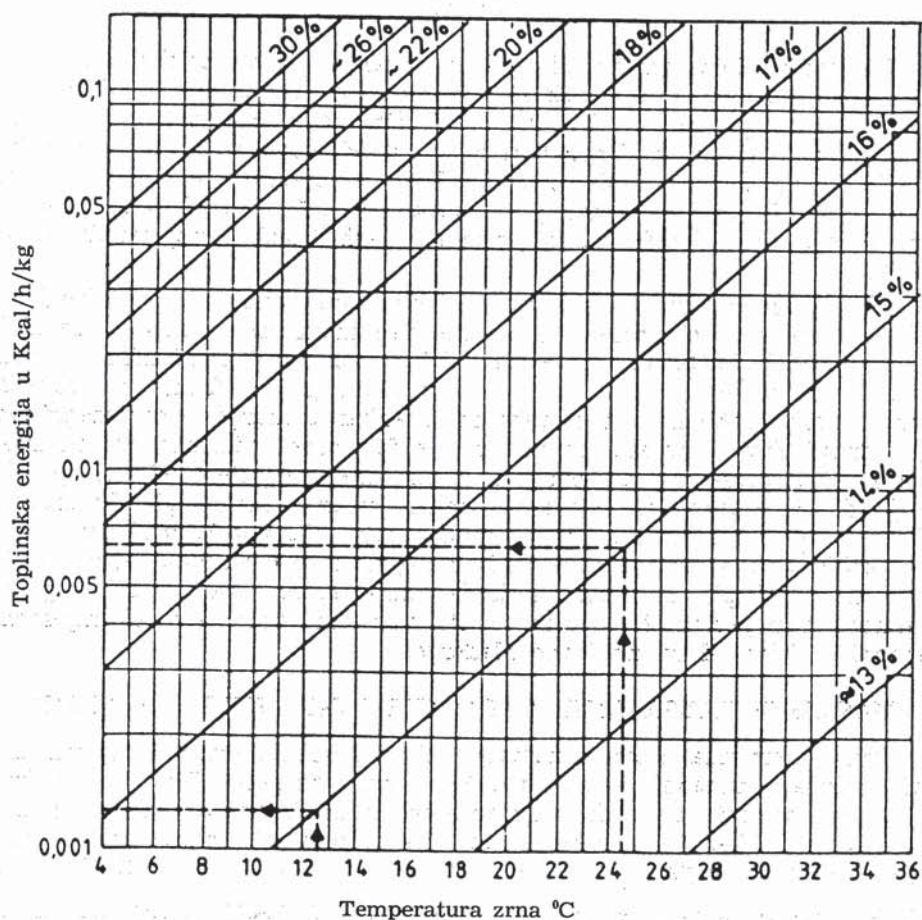
#### SMANJENJE RAZGRADNJE ORGANSKE TVARI PUTEH HLAĐENJA

Zrno (sjemenka) žitarice nastavlja život i poslije žetve. U njemu se i dalje odvijaju metabolička zbivanja kao i prije ubiranja. Zrno diše i time, a i drugim životnim procesima u njemu ono troši vlastitu rezervnu tvar (pretežno ugljikohidrate). Produkti tih procesa su ugljični dioksid, voda i energija (toplina). Ove promjene koje se zbivaju u zrnu, ne reflektiraju se na

\* Referat pod istim naslovom iznesen je na II SAVJETOVANJU TEHNOLOGA SUŠENJA I SKLADIŠTENJA, Stub. Toplice, 1986.

vanjski izgled proizvoda i stoga se, tehnološki gledano, ne mogu uočiti vizualno ili drugim našim osjetilima. One se dobro zapažaju prema podacima odvaga ulaza i izlaza robe, odnosno po razlikama količine robe koja je zaprimljena, i robe koja je izdana iz skladišta. Poslije duljeg perioda uskladištavanja razlike ulaza i izlaza robe, tj. težinski gubici, mogu u slabo zaštićenim žitaricama iznositi 5, 10, pa i više promila od količine uskladištene robe. To znači, da u radnim organizacijama koje imaju veći promet roba, gubitak u tim slučajevima može iznositi i nekoliko desetaka vagona robe godišnje.

Intenzitet procesa razgradnje zrna ovisi o više različitih činilaca. Najvažniji su biljna vrsta, a zatim vlažnost i temperatura uskladištenog materijala. S time u vezi je količina toplinske energije nastale kao produkt disanja. Prema količini ove toplinske energije može se utvrditi koja je razina razgradnje organske tvari u zrnu i koliki će gubici biti za vrijeme određenog perioda uskladištavanja.



Sl. 1 Rajvoz topline prilikom uskladištavanja žitarica (prema Jouin-u).



Na sl. 1 prikazan je diagram stvaranja toplinske energije disanjem zrna, kao funkcije temperature i vlažnosti žitarice. Iz označenih vrijednosti u predočenom diagramu može se vidjeti, da je stvaranje toplinske energije u žitarici s 15% vlage i temperaturom od 25°C, za 5 do 6 puta veća, nego u žitarici iste vlažnosti, a temperature 12,5°C.

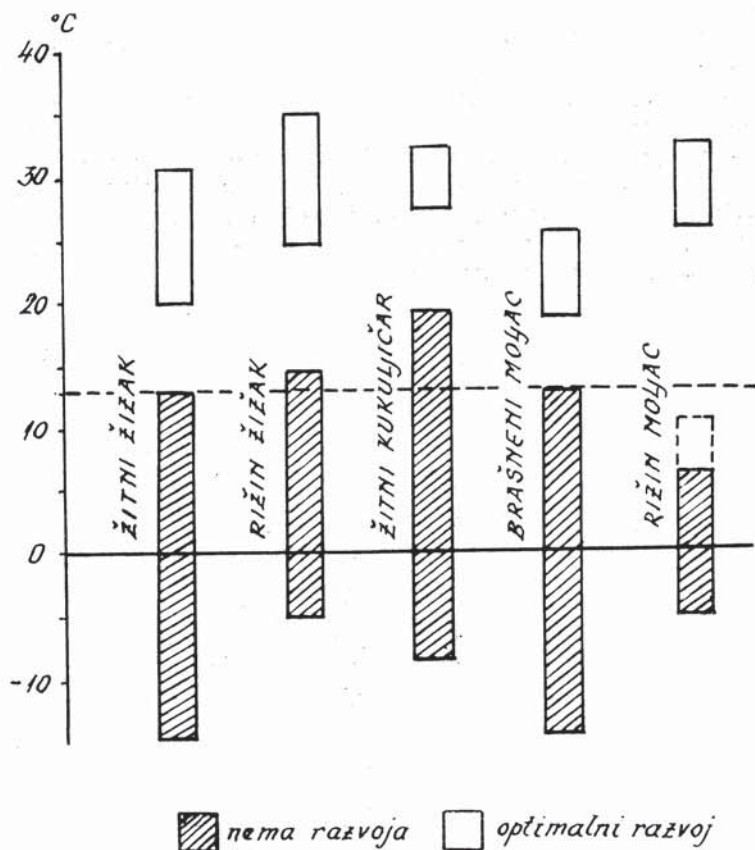
Gubitak organske tvari (suhe tvari) zrna, utjecajem skladišnih temperatura, može se izračunati pomoću slijedeće formule

$$\text{Gubitak suhe tvari} = \frac{\text{Nastala top. energ.} \times 24 \text{ h} \times \text{dani} \times \text{količina žitar. (t)}}{3.600} \text{ (t)}$$

Pomoću navedene formule, može se izračunati i korisna ušteda, postignuta uskladištenjem žitarica na nižim temperaturama. Rashlađivanjem žitarica moguće je smanjiti skladišne gubitke za 80—90%.

#### ZASTITA OD ŠTETA UZROKOVANIH MIKROFLOROM I INSEKTIMA

Unatoč širokoj lepezi korisnog djelovanja hlađenja na žitarice, ono se ponegdje iskorištava isključivo u cilju zaštite od šteta koje uzrokuju insekti.



Sl. 2 Razvoj najvažnijih skladišnih štetnika u zavisnosti o temperaturama u skladištu

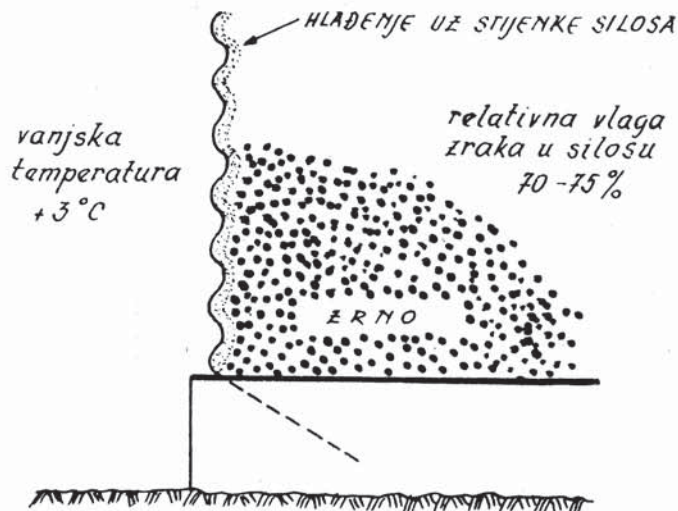
Zaštita od insekata moguća je zato, što hladnoća usporuje ili potpuno prekida aktivnost skladišnih štetnika. Na sl. 2 prikazano je djelovanje niskih temperatura na razvoj nekih najštetnijih skladišnih štetočina.

Na temperaturama od 17 do 21°C ciklus razvoja jedne generacije insekata navedenih u sl. 2, iznosi oko stotinu dana. Ukoliko se temperatura njihove okoline snizi na 13°C, zaustavlja se njihovo štetno djelovanje — prestaje prehrana i razmnožavanje. Insekti na nižim temperaturama prelaze u latentni stadij života — zimsko mirovanje. Ohlađivanjem na +10°C prekida se sa sigurnošću svaka štetna aktivnost insekata. Zato žitarice koje se zaštićuju hlađenjem ne treba tretirati kemijskim preparatima za uništavanje insekata.

Hlađenjem se postiže pozitivno djelovanje i na aktivnost mikroorganizama. Na nižim temperaturama većina štetne mikroflore žitarica, osobito plijesni, prekida aktivnost. Premda gljive i bakterije nisu hladnoćom potpuno eliminirane, hlađenje ima pozitivan učinak, jer onemogućava stvaranje mikrotoksina, pa i onog najotrovnijeg aflatoksina, čije stvaranje intenzivira toplina (Brunner, 1985).

#### OTKLANJANJE ŠTETA OD KONDENZACIJE U SILO SPREMNICIMA

Ne mali broj radnih organizacija žali se na štete u skladištima, koje uzrokuje kondenzacija. Na sl. 3 donosimo primjer kondenzacije vode na uskladištenoj pšenici, čija vlažnost iznosi 15%, a temperatura 20°C. Sukladno sorpcionoj izotermi pšenice, relativna vlažnost zraka u hrpi iznosi cca 70 do 75%. Ako je pak temperatura zraka izvan silo spremnika svega +3°C, ohladiti će se pšenica i zrak u zoni uz stijenke silosa. Time će biti postignuta ili prijeđena točka rosišta, pa se na stijenci silosa i zrnima pšenice stvara kondenzat, što jako ovlažuje uskladištenu masu. Vlažna zrna se kvare, često i zapeku uz stijenke, pa ih je teško odstraniti.



Sl. 3 Kondenzacija vlage uz stijenke silosa



Ohlađivanjem žitarica na +10 do +12°C zaštićuje se žitarica, a i druga uskladištena roba od šteta koje uzrokuje kondenzacija, jer se na taj način odstranjuje opasna razlika u temperaturi žitarice i stijenki silosa.

### ZAŠTITA PROMJENE KVALITETE

Opće je poznato, da više temperature ubrzavaju oksidacijske procese masti, masnih kiselina i ostalih sastojaka uskladištenog proizvoda. Zbog toga je proizvode s većom količinom masti i ulja, npr. suncokret, soju, uljanu repicu, kukuruz i neke druge zrnate proizvode, važno zaštititi od ovakvih promjena.

Posljedica uskladištavanja na višim temperaturama je smanjenje prehrambene vrijednosti i težinski gubici proizvoda. Često se pojavljuju i problemi, kao što je npr. zapečenost proizvoda, pa se isti ne mogu manipulirati uobičajenim tehničkim postupcima, već samo skupim ručnim radom. Samozapaljenje robe u silosima, također može biti posljedica oksidacije masti u proizvodima.

Hlađenje uskladištenog proizvoda ukloniti će uzroke koji dovode do navedenih problema kod uskladištenih uljarica. Postupak hlađenja donosi i druga pozitivna djelovanja na kvalitetu proizvoda. Primjerice, hlađenjem se mogu sačuvati prvobitne vrijednosti glutena, enzimatske snage i pećivost uskladištene pšenice.

### HLAĐENJE KAO POSTUPAK DEHIDRACIJE

Svaki zahvat hlađenja žitarica predstavlja istovremeno i djelomičnu dehidraciju proizvoda. Efekat sušenja je takav, da se jednokratnim hlađenjem postiže snižavanje vlažnosti žitarice za oko 0,5 do 0,8%, a isto se postiže i svakim sniženjem temperature za 10 K (npr. hlađenjem sa 20 na 10°C).

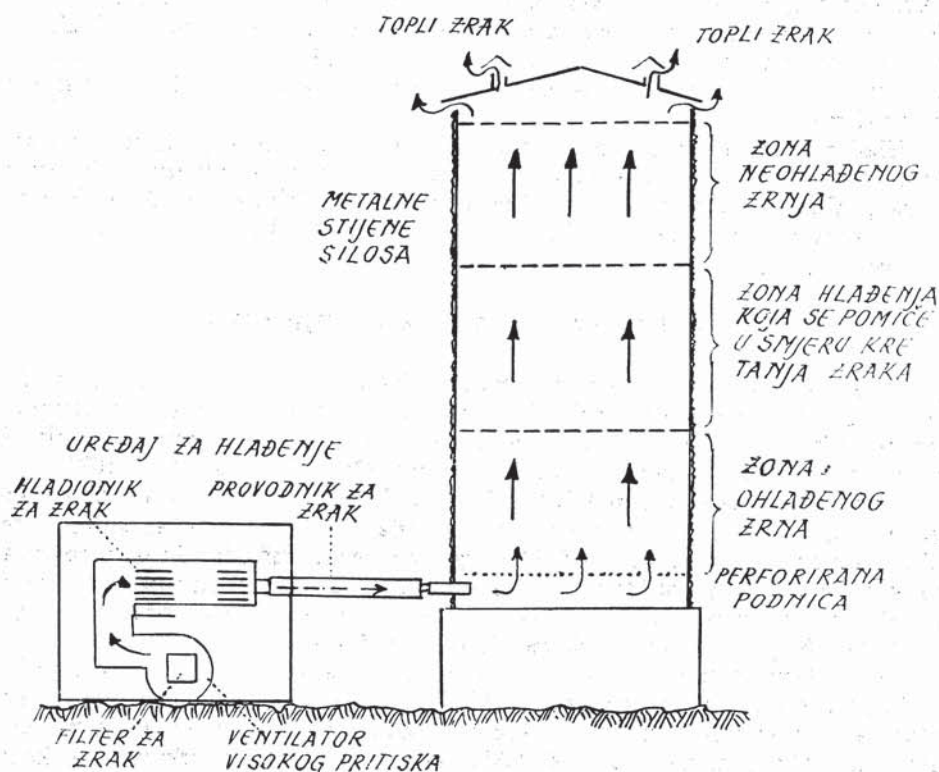
Snižavanje vlažnosti intenzivnije je na višim temperaturama i većim vlažnostima zrna. Pri nižim temperaturama i vlažnosti zrna, efekat sušenja se gubi, pa npr. uz vlagu nižu od 14%, gotovo nema sušenja. Efekat sušenja prilikom hlađenja iskorištava se korisno za čuvanje merkantilne pšenice i ostalih žitarica, veće vlažnosti. Tako se pšenica i neke druge žitarice, mogu čuvati sa 1,0 do 1,5% većom vlažnošću od propisane.

Veća vlažnost uskladištenja žitarice eliminira se postupcima hlađenja. Skidanje prevelike vlažnosti žitarice hlađenjem donosi i uštede u odnosu na sredstva koja bi bila potrebna za konvencionalne metode sušenja. Te uštede, prema literaturi, iznose cca 20 do 25%. Ako se usporede sveukupni troškovi hlađenja (stalni troškovi i cijena energenata) prema uobičajenim troškovima sušenja proizlazi, da su troškovi hlađenja prema sušenju u odnosu 1:2.

### KAKO HLADITI ŽITARICE

Na sl. 4 prikazan je postupak hlađenja žitarica u silo-spremnici. Zrak iz okoline skladišta, odnosno silosa, uvlači se u uređaj za hlađenje i u njemu ohladi do željene temperature. Ujedno se njegova vlažnost postavi na vrijednosti vlažnosti uskladištene žitarice. Ukoliko je relativna vlaga toga zraka previsoka, oduzeti će se dio vode iz zraka uređajem, zvanim »higroterm«.

smještenim u agregatu za hlađenje. Ohlađeni i prema potrebi dehidrirani zrak utiskuje se u donjem dijelu silosa u hrpu žitarice, koja se tako propuhuje hladnim zrakom odozdo prema gore. Toplina koju sadrži uskladištena žitarica, odnosi se zrakom prema gornjem dijelu silosa a zatim se odstranjuje iz silo spremnika.



Sl. 4 Hlađenje žitarica u silo-tornjevima

Obzirom da se zrak za hlađenje prije ulaza u silos dehidrira, hlađenje žitarica se može provoditi nezavisno o vremenskim prilikama. To znači, da se može provoditi i po maglovitom i kišnom vremenu, bez opasnosti, da će se zrno u silosu navlažiti. Uređaji za hlađenje proizvode se u izvedbama različitih kapaciteta, pa se njima može ohladiti žitarica (i ostali proizvodi) i u silo-tornjevima najvećih kapaciteta i nasipne visine do 70 m. Ukoliko je odnos podne površine silo-ćelije i visine hrpe povoljan, što se utvrđuje od-



govarajućim diagramom, hlađenje se može provesti istovremeno u više silo-ćelija, koristeći se jednim agregatom za hlađenje.

Hlađenje se može provesti i u podnim skladištima žitarica. Međutim, kao i u silo-tornjevima, i u podna skladišta potrebno je instalirati cijevi ili kanale za provođenje zraka. Važno je pri tome, da razmak između kanala ili cijevi bude jednak ili manji od visine hrpe.

#### TROŠKOVI HLAĐENJA

Za jedno hlađenje 100 tona žitarice, s uređajem GK-4/100, potrebno je  $14,5 \times 48 = 696$  KWh električne energije. Za posluživanje uređaja nije potreban ljudski rad.

Troškovi sa cijenom od 18,50 din (cijena KW u 1986. godini) iznositi će 12.876.— din za sto, odnosno 0,128 din za jedan kilogram. Troškove amortizacije agregata za hlađenje i troškove uređaja za razvođenje hladnog zraka po skladištu ne može se ovdje uzimati u cijelosti, nego se moraju obračunati na duži period kao i silo-objekti i građevine. Ovdje treba još napomenuti da se hlađenjem eliminiraju troškovi prebacivanja žitarica u silosima eleviranjem, koje je uobičajeno ukoliko nema hlađenja. Ujedno se izbjegava i povećano oštećivanje zrna do kojega redovito dolazi prilikom eleviranja.

Iz svega navedenog može se zaključiti, da su troškovi hlađenja relativno mali i ekonomski gledano, hlađenje žitarica je vrlo opravdano u svakom silosu i podnim skladištima većeg kapaciteta.

#### ZAKLJUČAK

U našim skladištima žitarica zbog geografskog smještaja naše zemlje, vladaju vrlo visoke ljetne i jesenske temperature, što uzrokuje velike skladišne gubitke ne samo strnih žitarica i kukuruza, nego i ostalih uskladištenih proizvoda. Zato primjena hlađenja ratarskih proizvoda pruža velike mogućnosti, da se ovakovi gubici u skladištima potpuno uklone ili smanje na prihvatljivu mjeru.

Prvobitno se hlađenje žitarica preporučivalo i koristilo isključivo za konzerviranje, tj. zaštitu žitarica s povećanom vlagom. U današnje vrijeme hlađenje bi trebalo koristiti u znatno širem smislu, kako bi se u potpunosti iskoristila sva njegova pozitivna djelovanja prilikom uskladištavanja žitarica i ostalih poljoprivrednih proizvoda.

#### SUMMARY

##### Cool down the stored cereals — why and when

In our store houses for cereals, exist high summer and autumn temperatures. Reason is specially geographical position of our country. This fact be the cause of high storage damage in grains, maize and other stored products.

Cool down of farming crops, by reason of this fact extended considerable practicability for elimination this damages, or reduce on acceptable boundary.

##### Adresa autora — Author's address

Doc. dr Ferdinand Vešnik  
Prof. dr Josip Ritz  
Fakultet poljoprivrednih znanosti  
Šimunska 25, 41000 Zagreb