

KRMIVA[®]

UTJECAJ UPARAVANJA NA FIZIKALNA SVOJSTVA ZRNA KUKURUZA

IMPACT OF STEAMING PROCEDURE ON PHYSICAL PROPERTIES OF CORN KERNEL

Ana Matin, Tajana Krička, Vanja Jurišić, N. Voća, Tea Brlek Savić, N. Bilandžija

Izvorni znanstveni članak
Priljeno: 15. siječanj 2009.

SAŽETAK

Cilj ovog rada bio je istražiti utjecaj procesa uparavanja kao hidrotermičke dorade i sušenja na dimenzije zrna kukuruza (dužina, širina i debljina). Istraživanja su provedena tijekom tri vegetacijske sezone (2002., 2003. i 2004. godina) na hibridima Bc 4982, Bc 462, Bc Jumbo, Florencia i Stefania uzgojenih na niskoj i visokoj razini agrotehnike. Navedeni hibridi su nakon berbe podvrgnuti procesu uparavanja (0,5 bara u vremenu od 10 minuta) nakon čega su sušeni i to na četiri temperature (70 °C, 90 °C, 110 °C, 130 °C). Uz dimenzije utvrđena su i fizikalna svojstva gustoća, volumen i sferičnost zrna kukuruza. Dobiveni rezultati pokazuju da postoje značajne razlike u dimenzijama zrna kukuruza prije i nakon procesa uparavanja kao i između uzoraka tretiranih različitim temperaturama sušenja.

Ključne riječi: uparavanje, zrno kukuruza, agrotehnika, dimenzije, gustoća, volumen, sferičnost

UVOD

Kukuruz kao najviše zastupljena kultura u svijetu godišnje se sije na oko 147 milijuna hektara u zemljopisnom pojasu od 58. stupnja sjeverne do 40. stupnja južne širine. Zahvaljujući tako velikoj zastupljenosti kukuruza u poljoprivrednoj proizvodnji, oplemenjivačka industrija stalno pronalazi nove hibride.

U polju ubrano zrno kukuruza potrebno je doraditi da bi se moglo uspješno skladištiti i čuvati na dulje vrijeme. Osnovna i najčešća tehnika dorade zrna kukuruza jest sušenje. Pri sušenju mora se sačuvati kakvoća zrna (klijavost ili prehrambena vrijednost). U procesu sušenja važno je istaći da se često zrno kukuruza doprema s raznih lokacija te da

su to različiti hibridi kako po građi zrna tako i po vegetacijskoj skupini. Isto tako, klimatski uvjeti tijekom vegetacijskog razdoblja imaju utjecaja prije svega na rast i razvoj kukuruza, a tako i na brzinu otpuštanja vode iz zrna.

Proteklih nekoliko godina u svijetu počeli su se istraživati razni postupci pripreme i dorade u svrhu dobivanja zrna bolje kakvoće i probavljivosti. Jedan

Ana Matin, dipl. ing., Prof. dr. sc. Tajana Krička, Vanja Jurišić, dipl. ing., Doc. dr. sc. Neven Voća, Tea Brlek Savić, dipl. ing., Nikola Bilandžija, dipl. ing., Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zavod za poljoprivrednu tehnologiju, skladištenje i transport, Svetošimunska 25, Zagreb, Hrvatska.

od takvih postupaka je i proces uparavanja ili „cooking” postupak. Pliestic i Kovačev (1999) istražuju utjecaj postupka uparavanja u doradi kukuruznog zrna hibrida Bc 492 na brzinu sušenja zrna i zaključuju da tretirano zrno u procesu sušenja sporije otpušta vlagu od netretiranoga, te da proces uparavanja utječe na proces sušenja kukuruznog zrna, što povećava potrebno vrijeme sušenja. Katić i sur. (1994) navode da vodena para bez tlaka nema dovoljnu temperaturu za traženi učinak u kratkom vremenu. Utvrđuju da bi uređaj koji bi služio za postupak uparavanja morao tlačiti vodenu paru od najmanje 0,5 do 1 bara. Provode niz istraživanja utjecaja uparavanja na zrno kukuruza hibrida 462 i utvrđuju da postupak uparavanja pozitivno utječe na količinu probavljivih bjelančevina, ljepka i želatinizacije škroba.

Oblik i proporcije zrna pri ocjeni odnosa pojedinih dimenzija zrna, bilo koje kulture, obično se definira trima izmjerama - duljinom, širinom i debljinom. Upotrebom tih mjera može se s dovoljno točnosti odrediti ukupna površina i volumen zrna (Židko i sur., 1982). Isti autori navode da se volumen zrna kukuruza linearno mijenja s obzirom na vlagu zrna, te naglašavaju da na tu linearnu zakonitost ne utječe početna vlaga zrna, režim sušenja (temperatura zraka za sušenje, brzina zraka za sušenje), kao ni režim vlaženja zrna. Veličina zrna utječe na proces sušenja.

Zrno sušenjem smanjuje i do 40% svoga volumena, a time se mijenja i poroznost hrpe, što utječe na proces sušenja. Budući da se hibridi razlikuju po veličini zrna, otpor prolazu zraka kroz sloj iste debljine bit će za razne hibride različit (Katić, 1985).

Gustoća zrna označava se kao masa jedinice volumena zrnatih, odnosno određivanje gustoće zrna povezano je s određivanjem volumena zrna (Mujumdar, 2000).

Da bi se na zrno kukuruza u procesu fluidizacije mogle primijeniti određene zakonitosti strujanja, potrebno ga je zamijeniti nekim od poznatih oblika. Koefficient sferičnosti je matematički parametar koji pokazuje bliskost nekog tijela kugli (Mohsenin, 1970; Stroshine i sur. 1987) i neposredno djeluje na sam proces fluidizacije. Pri tome dolazi do miješanja čestica krute faze i sredstva za fluidizaciju (plina ili tekućine). Primjerice Pliestic, 1995. je u procesu fluidizacije zrna kukuruza Bc 462, utvrdio prosječne

dimenzije zrna: duljina 12,42 mm, širina 8,06 mm i debljina 5,1 mm, uz sferičnost koja je iznosila 0,64.

Na temelju rezultata prethodno citiranih autora formiran je cilj provedenih istraživanja. Pokušalo se dokazati da postupak uparavanja utječe na neke fizikalne osobine zrna kukuruza uzgojenog upotrebom intenzivne agrotehnike.

MATERIJALI I METODE

Kukuruz korišten u istraživanjima uzgajan je tijekom tri vegetacijske sezone 2002., 2003. i 2004. godine u Maksimiru na pokušalištu Agronomskog fakulteta u Zagrebu, unutar standardnog tropoljnog plodoreda kukuruz – soja – pšenica.

Korišteno je pet hibrida kukuruza: Bc 4982, Bc 462, Bc Jumbo, Florencia i Stefania. Svih pet hibrida pripada FAO skupini 400: Bc 4982, Bc 462, Bc Jumbo proizvođača Bc Instituta iz Zagreba i Stefania i Florencia proizvođača Pioneer iz USD. Navedeni hibridi uzgojeni su na niskoj i visokoj razini agrotehnike kako bi se utvrdilo je li razina agrotehnike utječe na fizikalna svojstva zrna kukuruza.

Visoka razina agrotehnike imala je sljedeće značajke (Ritchie i sur. 1986):

- gnojidba prije oranja sa 500 kg N:P:K (8:26:26) ha⁻¹ i 100 kg ureje (46,0% N) ha⁻¹,
- duboko oranje na 30-32 cm,
- predsjetvena gnojidba sa 150 kg ureje ha⁻¹,
- zaštita od korova s učinkovitijom kombinacijom herbicida na bazi atrazina i metolachlora,
- dvije prihrane dušikom s 47,25 kg ha⁻¹ dodatne istovremeno s međurednom kultivacijom u stadijima V2 i V5.

Iz svega navedenoga ukupna gnojidba na visokoj razini agrotehnike iznosila je 249,5 kg N ha⁻¹, 130 kg P₂O₅ ha⁻¹ i 130 kg K₂O ha⁻¹.

Nisku razinu agrotehnike obilježavala je:

- osnovna gnojidba sa 400 kg N:P:K (8:26:26) ha⁻¹,
- pliće oranje na 20-22 cm,
- predsjetvena gnojidba sa 100 kg ureje ha⁻¹,
- zaštita od korova sa slabije učinkovitim herbicidom na bazi atrazina,

- bez prihrane dušikom i međuredne kultivacije tijekom vegetacije kukuruza

Stoga je mineralna gnojidba na niskoj agrotehnici bila osjetno niža, posebno za dušik i iznosila je 101 kg N ha⁻¹, 104 kg P₂O₅ ha⁻¹ i 104 kg K₂O ha⁻¹.

Navedeni hibridi odabrani su na temelju tri kriterija. Prvo, jer su bitno rašireni u proizvodnji, što čini ovo istraživanje primjenjivim u praksi. Drugo, istraživani hibridi razlikuju se u strukturi zrna (zubani vs. polutvrđunci) a kao treće u brzini otpuštanja vode iz zrna nakon fiziološke zriobe.

Kako bi se izbjegla moguća oštećenja kukuruza prilikom istraživanja, kukuruz je ubran u klip i ručno runjen. Kod berbe kukuruza kombajnom stalan je problem oštećenja zrna, koji se iskazuje teškoćama u rukovanju zrnom nakon berbe (Košutić, 1981). Na taj način izbjegnuto je oštećenje zrna strojem, a samim time dobivena je i polazna osnova za istraživanje (Krička, 1990).

Budući da su uzorci zrna kukuruza imali različite početne vlažnosti, bilo je potrebno te vrijednosti izjednačiti kako bi uzorci bili usporedivi za potrebe daljnjih istraživanja.

Uzorci su rehidrirani do oko 32% vlage (na osnovi Prijedloga pravilnika o ispitivanju sušare s 32 na 14% vlage) (Katić i Krička, 1989), odnosno na prosječnu vlažnost kakva je bila prilikom ubiranja zrna u polju. Uzorci su očišćeni od svih nečistoća i primjesa, a za potrebe istraživanja uzeta su samo zdrava zrna. Rehidracija je provedena neposrednim djelovanjem na masu zrna s točno određenom količinom destilirane vode prema naputku Državnog zavoda za normizaciju i mjeriteljstvo. Rehidrirani uzorak je postavljen kao početni uzorak koji se koristio u daljnjem istraživanju.

Nakon provedenog postupka rehidracije korišteni uzorci sušeni su uz, odnosno bez prethodnog postupka uparavanja.

Prilagođena metoda uparavanja, umjesto kolone za uparavanje ("cooking" kolone) koristi visokotlačnu hermetički zatvorenu posudu kako bi se u sustavu postigla željena vrijednost temperature i tlaka. Para se ne dovodi izvana, nego se zrno uparuje vodom koja se nalazi na dnu posude. Para slobodno prolazi i obrađuje zrno čime se omogućuje uparavanje uzorka. U posudu su ugrađeni termometar i manometar za kontrolu temperature i tlaka, ventil za ispuštanje

suvišne vlage i sigurnosni ventil. Prilagođenim postupkom uparavanja uzorke se tretiralo parom u trajanja od 10 minuta pri 0.5 bara.

Sušenje je obavljeno na laboratorijskom modelu sušare s mogućnosti regulacije topline i brzine zraka. Temperatura radnog medija (zraka) održavana je na vrijednosti od 70 °C, 90 °C, 110 °C i 130 °C. U prvoj fazi sušenja u sušarama zrno kukuruza u Republici Hrvatskoj suši se pri temperaturi zraka od 110 i 130 °C, a u drugoj fazi sušenja do konačne vlažnosti zrna pri temperaturama zraka od 70 do 90 °C. Brzina strujanja kroz sloj zrna održavana je na 1 m/s.

Nakon provedenog postupka uparavanja i sušenja do konačne vlažnosti od približno 14% svakog hibrida nasumice je uzeta po jedna grupa s točno određenim brojem zrna.

Termički tretmani označavani su oznakama:

1. uparavano i sušeno na 70 °C
2. uparavano i sušeno na 90 °C
3. uparavano i sušeno na 110 °C
4. uparavano i sušeno na 130 °C

Za svaku skupinu zrna određene su fizikalne karakteristike: dimenzije zrna (dužina, širina i debljina), sferičnost, volumen i gustoća.

Svakom zrnu uključenom u istraživanje određene su dimenzije zrna (dužina, širina i debljina) pomičnim mjerilom *Digital Caliper 0-150 mm*.

Sferičnost je izvedena iz dimenzija zrna u ovisnosti o obliku zrna. Koeficijent sferičnosti pokazuje bliskost nekog tijela kugli, a određuje se prema izrazu (Mohsenina, 1970) i (Stroshinea i sur. 1986) koji glasi:

$$\Phi = \frac{\left[\left(\frac{\pi}{6} \right) abc \right]^{\frac{1}{3}}}{\left[\left(\frac{\pi}{6} \right) a^3 \right]} = \left(\frac{bc}{a^2} \right)^{\frac{1}{3}} = \frac{(abc)^{\frac{1}{3}}}{a}$$

gdje su:

a – duljina zrna – najveći promjer (promjer opisane kružnice) (mm)

b – širina zrna – srednji promjer (promjer upisane kružnice) (mm)

c – debljina zrna – najmanji promjer (mm)

Gustoća i volumen određeni su pomoću vage *Mettler Toledo* na kojoj se nalazio dodatni dio za određivanje gustoće (*Density determination kit-33360*). Pri odvagama korišten je etanol (tekućina koju zrno ne upija) čija je gustoća prethodno određena i ona je pri temperaturi od 25 °C iznosila 0,785 g/ml. Temperatura okolnog zraka kretala se u rasponu od 23 °C do 27 °C.

Podaci su analizirani GLM procedurom u SAS sistemskom paketu, verzija 8.00 (SAS Institute, 1997). Dobiveni rezultati obrađeni su analizom varijance, dok su razlike između srednjih vrijednosti uspoređivane LSD testom za $p < 0,05\%$.

REZULTATI I RASPRAVA

Statističkom obradom podataka uzoraka kukuruza hibrida Bc 4982, Bc 462, Bc Jumbo, Florencia i Stefania tretiranih termičkim procesima uparavanja i sušenja provedenih na četiri temperature (70 °C, 90 °C, 110 °C i 130 °C), izračunate su srednje vrijednosti sferičnosti, gustoće i volumena hibrida uzgajanih tijekom tri vegetacijske sezone na niskoj i visokoj razini agrotehnike. Korišteni su hibridi.

Na tablici 1 prikazane su srednje vrijednosti sferičnosti izračunate prema vrijednostima tijekom tri godine istraživanja na pet hibrida, dvije agrotehnike, dva tretmana i četiri temperature uparavanja i sušenja zrna kukuruza.

Iz prikazanih podataka vidljivo je da se srednje vrijednosti sferičnosti u većini navedenih parametara razlikuju, osim između razina agrotehnike bez obzira na godinu, hibrid i termičke tretmane temperature, što dovodi do zaključka da agrotehnika ne utječe na veličinu sferičnosti zrna kukuruza. Tijekom trogodišnjeg istraživanja najveća vrijednost sferičnosti zrna utvrđena je u drugoj godini istraživanja (2003) i iznosi 0,666, a najmanja u trećoj godini (2004) kada iznosi 0,657.

Rezultati također pokazuju da se najviše razlike sferičnosti javljaju kod pet korištenih hibrida gdje se razlika kreće u visokom rasponu, a najviša je kod Bc 462 i iznosi 0,696, a najmanja je kod hibrida Florencia i iznosi 0,641.

Tablica 1. Srednje vrijednosti sferičnosti u ovisnosti o godini, hibridu, agrotehnici, tretmanu i temperaturi zrna kukuruza tijekom tri godine istraživanja

Table 1. Mean values of sphericity depending on the year, a hybrid, cropping intensities, treatment and drying temperature of corn during a three-year investigation

Sferičnost - Sphericity		
Godina Research year	1.	0,661 ab
	2.	0,666 a
	3.	0,657 b
	p vrijednost <i>p value</i>	0,0318
Hibrid Hybrid	Bc 4982	0,645 c
	Bc 462	0,696 a
	Bc Jumbo	0,665 b
	Florencia	0,641 c
	Stefania	0,660 b
	p vrijednost <i>p value</i>	< 0,001
Agrotehnika Cropping intensities	Niska N.A.	0,664 a
	Visoka V.A.	0,659 a
	p vrijednost <i>p value</i>	0,080
Tretman Treatment	Sušeno	0,658 b
	Uparavanje	0,665 a
	p vrijednost <i>p value</i>	0,0216
Temperatura sušenja Drying temperature	70 °C	0,661 ab
	90 °C	0,657 b
	110 °C	0,661 ab
	130 °C	0,667 a
	p vrijednost <i>p value</i>	0,045

Srednje vrijednosti \pm SD, za svaki tretman posebno, s istim slovom nisu signifikantno različite ($p < 0,05$)

Pri korištenju dva termička tretmana također se javlja razlika sferičnosti i viša je kod tretmana uparavanja u odnosu na sušenje, što se može objasniti činjenicom da postupkom uparavanja voda prodire u endosperm, čime se mijenja struktura zrna.

Ako se usporede srednje vrijednosti sferičnosti unutar temperatura korištenih termičkih procesa, može se utvrditi da je sferičnost bila viša kod 130 °C i iznosila je 0,667 u odnosu na niže korištene temperature. Time se može utvrditi da ukoliko je zrno bilo prethodno podvrgnuto višoj temperaturi sušenja dolazi, do bržeg otpuštanja vode iz zrna, čime može doći do mijenjanja njegove strukture, što se odražava na promjenu dimenzija zrna, a samim time i sferičnosti.

Dobiveni koeficijenti sferičnosti bili su u granicama rezultata koje je dobio Stroshine, 1978, a iznose najviše 0,751, dok je prema izrazu Mohsenina, 1970. utvrđen koeficijent sferičnosti istog hibrida koji iznosi 0,642.

Na tablici 2 prikazane su srednje vrijednosti gustoće tijekom tri godine istraživanja pri upotrebi svih pet istraživanih hibrida uzgajanih na obje razine agrotehnike, u ovisnosti o termičkim tretmanima uparavanja i sušenja korištenjem četiriju temperatura.

Usporedbom srednjih vrijednosti gustoće svih pet hibrida uzgajanih na obje razine agrotehnike, tijekom tri godine istraživanja u ovisnosti o termičkim tretmanima uparavanja i sušenja provedenih na četiri temperature, može se utvrditi da je gustoća različita kod svih navedenih parametara osim između tretmana cookinga (uparavanja) i sušenja čime možemo utvrditi da termički tretmani ne utječu na gustoću istraživanog uzorka.

Uočena je visoka razlika između tri godine uzgoja i najviša je u drugoj godini (2003) kada iznosi 1,122, a najmanja u trećoj godini (2004) i iznosi 1,082, što je ist kao kod srednjih vrijednosti godina za sferičnost.

Tijekom istraživanja najveću vrijednost gustoće imao je hibrid Bc 462 i iznosi 1,191 i ta vrijednost je značajno viša u odnosu na gustoću zrna ostalih hibrida, a najmanja je kod hibrida Bc Jumbo 0,974. Razlika između niske i visoke agrotehnike ne kreće se u tako velikom rasponu i viša je kod V. A. i iznosi 1,105.

Tablica 2. Srednje vrijednosti gustoće u ovisnosti o godini, hibridu, agrotehnici, tretmanu i temperaturi zrna kukuruza tijekom tri godine istraživanja

Table 2. Mean values of density depending on the year, hybrid, cropping intensities, treatment and drying temperature of corn during a three-year investigation

Gustoća - Density (g/cm ³)		
Godina Research year	1.	1,084 b
	2.	1,122 a
	3.	1,082 b
	p vrijednost <i>p value</i>	< 0,0001
Hibrid Hybrid	Bc 4982	0,974 b
	Bc 462	1,191 a
	Bc Jumbo	1,044 c
	Florenzia	1,051 c
	Stefania	1,097 b
	p vrijednost <i>p value</i>	< 0,0001
Agrotehnika Cropping intensities	Niska N.A.	1,087 b
	Visoka V.A.	1,105 a
	p vrijednost <i>p value</i>	0,027
Tretman Treatment	Sušeno	1,095 a
	Uparavanje	1,096 a
	p vrijednost <i>p value</i>	0,992
Temperatura sušenja Drying temperature	70 °C	1,167 ab
	90 °C	1,109 a
	110 °C	1,075 c
	130 °C	1,033 d
	p vrijednost <i>p value</i>	0,0001

Srednje vrijednosti ± SD, za svaki tretman posebno, s istim slovom nisu signifikantno različite ($p < 0,05$)

Pregledom srednjih vrijednosti korištenih temperatura vidimo da je najveća razlika gustoće prisutna upravo kod uzoraka koji su sušeni pri 70 °C i iznosi 1,167, a najmanja kod najviše temperature od 130 °C i iznosi 1,033, čime se može zaključiti da vrijednosti gustoće zrna ne ovise o korištenim temperaturama termičkih procesa.

Sito, 1994. utvrđuje da kod uzoraka osušenih na temperaturi zraka za sušenje od 85 °C razlika gustoće zrna veća je kod nižih vlaga, dok pri većim vlagama ta razlika postaje negativna, odnosno gustoća je poprimila veće vrijednosti. Kod zrna sušenog na 100 °C razlika gustoće je veća bez obzira na vlagu zrna. Pretpostavljao je da je u prosjeku sitnije zrno podložnije promjeni razlika gustoće zbog umjetnog sušenja.

Na tablici 3 prikazane su srednje vrijednosti volumena istraživanih hibrida tijekom tri godine istraživanja u ovisnosti o razini agrotehnike prilikom uzgoja, provedenih tretmana uparavanja i sušenja kao i korištenih temperatura.

Prema prikazanoj tablici može se utvrditi da postoje razlike u vrijednosti volumena između uzoraka uzgajanih tijekom tri godine istraživanja korištenjem pet hibrida uzgojenih na obje razine agrotehnike i daljnjim postupkom obrađeni korištenjem četiriju temperatura. Razlika jedino nije prisutna kod korištenih tretmana što je isti slučaj kao i kod gustoće i volumena.

Za razliku od srednjih vrijednosti godina obrađenih kod sferičnosti i gustoće gdje su najviše vrijednosti u drugoj, a najmanje u trećoj godini istraživanja ovdje je situacija nešto drukčija. Najmanja vrijednost volumena je u drugoj godini (2003) i iznosi 0,910, a najviša u prvoj godini (2002) kada iznosi 0,932.

Tijekom istraživanja najveću srednju vrijednost volumena imao je hibrid Bc Jumbo i iznosi 0,964 dok je najmanju vrijednost imao hibrid Bc 462 i iznosi 0,861, što nije slučaj kod srednjih vrijednosti godina sferičnosti i gustoće gdje se ovaj hibrid ističe s najvišom signifikantnom razlikom.

Za razliku od gustoće gdje se višom razlikom ističe V.A. kod volumena to nije slučaj. Ovdje je vrijednost N.A. viša od V.A i iznosi 0,929.

Tablica 3. Srednje vrijednosti volumena u ovisnosti o godini, hibridu, agrotehnici, tretmanu i temperaturi zrna kukuruza tijekom tri godine istraživanja

Table 3. Mean values of volume depending on the year, a hybrid, cropping intensities, treatment and drying temperature of corn during a three-year investigation

Volumen - Volume (m ³)		
Godina Research year	1.	0,932 a
	2.	0,910 b
	3.	0,930 a
	p vrijednost <i>p value</i>	0,0015
Hibrid Hybrid	Bc 4982	0,916 b
	Bc 462	0,861 c
	Bc Jumbo	0,964 a
	Florenzia	0,962 a
	Stefania	0,916 b
	p vrijednost <i>p value</i>	< 0,0001
Agrotehnika Cropping intensities	Niska N.A.	0,929 a
	Visoka V.A.	0,918 b
	p vrijednost <i>p value</i>	0,033
Tretman Treatment	Sušeno	0,922 a
	Uparavanje	0,926 a
	p vrijednost <i>p value</i>	0,523
Temperatura sušenja Drying temperature	70 °C	0,874 d
	90 °C	0,905 c
	110 °C	0,935 b
	130 °C	0,982 a
	p vrijednost <i>p value</i>	< 0,0001

Srednje vrijednosti ± SD, za svaki tretman posebno, s istim slovom nisu signifikantno različite ($p < 0,05$)

Kao što je bio slučaj kod sferičnosti i gustoće i kod volumena se četiri korištene temperature razlikuju u rasponu od 0,874 kod 70 °C do 0,982 kod 130 °C, čime možemo zaključiti da s porastom temperature rastu i vrijednosti.

Sito, 1991. je utvrdio da hibrid kukuruza Bc 592, koji je bio sušen na temperaturama od 110 °C i 130 °C, promijenio svoj volumen, odnosno utvrdio je da temperatura zraka ima utjecaja na promjenu volumena. Tako se u uzorku koji je osušen na 110 °C duljina zrna u prosjeku smanjila za 4,3%, debljina za 6,6% i širina za 3,4%. Kod temperature od 130 °C prosječno smanjenje po duljini iznosilo je 3,5%, širini 3,4%, te debljini samo 0,94%. Također je došlo i do promjene u samoj strukturi zrna (pucanje mikro i makro veza unutar zrna) zbog previsoke temperature zraka za sušenje, odnosno zbog predugog izlaganja zrna toj temperaturi.

ZAKLJUČAK

Nakon provedenih trogodišnjih istraživanja tijekom 2002., 2003. i 2004. godinu vezanih uz utjecaj uparavanja i temperature sušenja od 70 °C, 90 °C, 110 °C i 130 °C na dimenzije zrna kukuruza (dužina, širina i debljina), sferičnost, gustoću i volumen hibrida Bc 4982, Bc 462, Bc Jumbo, Florencia i Stefania uzgojenih na dvije razine agrotehnike može se zaključiti sljedeće:

- Sve istraživane fizikalne osobine zrna kukuruza sferičnost, gustoća i volumen u procesu uparavanja i sušenja ne smanjuju se ravnomjerno nego je srednja vrijednost u sve tri godine istraživanja, za svih pet hibrida uzgojenih na dvije razine agrotehnike i tretiranih s dva tretmana uz korištenje četiriju temperatura za sferičnost iznosila 0,661, za gustoću 1,096 (g/cm³) i za volumen 0,924(m³).

- U svim godinama istraživanja pronađena je visoko signifikantna interakcija svih istraživanih parametara (godina, hibrid, agrotehnika, termički tretman i temperatura) na sferičnost, gustoću i volumen zrna istraživanih uzoraka hibrida kukuruza.

- Proizlazi da je svako zrno s obzirom na svoj oblik zasebna jedinica s vlastitim karakteristikama, odnosno da sloj zrna nije neprekidno tijelo nego heterogeni sustav s nejednakim svojstvima.

LITERATURA

1. Katić, Z. (1985): Istodobno sušenje kukuruznog zrna raznih sorata i hibrida različite vlage na početku sušenja, Savjetovanje tehnologa sušenja i skladištenja, Zbornik radova, Stubičke Toplice; 86-103.
2. Katić, Z., Krička, T. (1989): Prijedlog pravilnika za konstrukciju i ocjenu postrojenja za sušenje ratarskih proizvoda, V Savjetovanje tehnologa sušenja i skladištenja, Zbornik radova, Toplice Topusko, 393-405.
3. Katić, Z., Plietić, S., Krička, T., Bratko J., Krivec G., Sito, S. (1994): Utjecaj toplinske dorade kukuruza prije sušenja na hranidbenu kakvoću zrnja, X Savjetovanje tehnologa sušenja i skladištenja, Zbornik radova, Stubičke Toplice; 1-17.
4. Košutić, S. (1981): Pročavanje nekih fizičko-mehaničkih svojstava zrna i klipa kukuruza tijekom sazrijevanja, Magistarski rad, Agronomski fakultet u Zagrebu.
5. Krička, T. (1990): Utjecaj perforiranja zrna kukuruza hibrida Bc 462 na brzinu sušenja, VI Međunarodno Savjetovanje tehnologa sušenja i skladištenja, Zbornik radova, Tuheljske Toplice; 77-93.
6. Mohsenin, H. J. (1970): Physical Properties of Plant and Animal Materials; Gordon & Breach Science Publishers, New York.
7. Mujumdar, A. (2000): Drying Technology in Agriculture and Food Science, Science Publisher, Plymouth, UK.
8. Plietić, S. (1995): Zavisnost početka fluidizacije kukuruznog zrna hibrida Bc 462 o vlazi zrna i brzini zraka tijekom procesa sušenja, Doktorska dizertacija, Agronomski fakultet u Zagrebu.
9. Plietić S., Kovačev I. (1999): Sušenje višestruko rehidriranog kukuruznog zrna, 16. Hrvatsko savjetovanje tehnologa sušenja i skladištenja s međunarodnom učešćem, Zbornik radova, Stubičke Toplice; 18-25.
10. Ritchie, S. W., Hanway, J. J., Benson, G. O. (1986): How a corn plant develops, Special report 48, Iowa State University Cooperative Extension Services, Iowa, SAD.
11. SAS Institute (1997): SAS/STAT Software: Changes and enhancements through Rel. 6.12. Sas Inst., Cary, NC, USA.
12. Sito, S. (1991): Sušenje hibrida Bc 592 pri različitim temperaturama i utjecaj sušenja na volumen zrna, VII Međunarodno Savjetovanje tehnologa sušenja i skladištenja, Zbornik radova, Tuheljske Toplice; 59-66.
13. Sito, S. (1994): Utjecaj uvjeta sušenja na neka fizikalna svojstva zrna kukuruza, Magistarski rad, Agronomski fakultet u Zagrebu.

14. Stroshine, R., Tuite, J., Kirleis A., Baumann.L., Emam, A. (1986): Differences in Grain Quality Among Selected Corn Hybrids, *Cereal Food World* 31 (4); 311–316.
15. Stroshine, R., Tuite, J., Crane, P. (1987): Effect of Kernel Physical Properties on Shelled-Corn Thin-Layer Drying Rate, *American Society of Agricultural Engineers, Paper No: 87-6557, St. Joseph, Michigan, SAD.*
16. Židko, V. I., Režčikov, V. A., Ykolov, V. S., (1982): Zernosušenie i zernosušilki, *Kolos, Moskva, 1982; 50-50.*

SUMMARY

The aim of the research was to investigate the dimensions (length, width, and thickness) and some physical characteristics of corn kernel, grown extensively and intensive. The research was conducted during three vegetation seasons (2002, 2003, and 2004) on hybrids Bc 4982, Bc 462, Bc Jumbo, Florencia, and Stefania. These hybrids were firstly steamed (0.5 bar for ten minutes) and then dried at four temperatures (70 °C, 90 °C, 110 °C, and 130 °C). Some physical properties of corn kernel, such as density, volume, and sphericity were established. In order to determine the difference in dimensions, they were measured before steaming procedure as well. It was found that there were significant differences in corn kernel dimensions before and after steaming, as well as between samples exposed to different drying temperature levels.

Key words: steaming, corn kernel, cropping intensities, dimensions, density, volume, sphericity

narudžbenica

Knjiga:

HRANIDBA KONJA

Autor:

Prof. dr. sc. Vlasta Šerman

redoviti profesor

Veterinarskog fakulteta u Zagrebu

Ime i prezime

Institucija

Telefon

Fax

Broj komada

Potpis