Energija aktivacije i nutritivne vrijednosti zobi u ovisnosti o temperaturi sušenja

Pankretić, Iva

Master's thesis / Diplomski rad

2016

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Agriculture / Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:204:335075

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**

Repository / Repozitorij:

Repository Faculty of Agriculture University of Zagreb

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

AGRONOMSKI FAKULTET

Poljoprivredna tehnika – Melioracije

Iva Pankretić

ENERGIJA AKTIVACIJE I NUTRITIVNE VRIJEDNOSTI ZOBI U OVISNOSTI O TEMPERATURI SUŠENJA

DIPLOMSKI RAD

Mentor: doc.dr.sc. Ana Matin

Zagreb, 2016.

Ovaj diplomski rad je ocijenjen i obranjen dana _____ s ocjenom _____ pred Povjerenstvom u sastavu:

1. doc.dr.sc. Ana Matin _____

2. prof.dr.sc. Tajana Krička _____

3. prof.dr.sc. Ana Pospišil _____

Zahvala:

Zahvaljujem mentorici doc.dr.sc. Ani Matin i Mateji Grubor, mag. ing. agr. na strpljenju, ukazanom povjerenju, savjetima i pomoći pri izradi diplomskog rada i na pomoći prilikom provođenja laboratorijskih pokusa.

Želim zahvaliti i svojem povjerenstvu kojeg čini prof. dr. sc. Tajana Krička i prof. dr. sc. Ana Pospišil na danim savjetima.

Također za ovaj diplomski rad zahvaljujem te ga posvećujem svojoj obitelji, zaručniku i prijateljicama koji su mi tijekom mog školovanja bili velika podrška.

Posebno zahvaljujem svojoj kolegici Martini Krajnović koja mi je bila podrška, nadahnuće i pružila mi pomoć prilikom istraživanja i sveukupnog zajedničkog studiranja.

SAŽETAK

Zob (*Avena sativa* L.) uvrštava se u porodicu trava. Za hranidbu životinja koristi se zelena masa i u smjesi s leguminozama. U hranidbi stoke može se koristi i zrno koje se zbog svoje kvalitete sve češće koristi u ljudskoj prehrani pod pojmom „zdrava prehrana.“ Odličan je izvor ugljikohidrata, masti, kalcija, sadrži visok udio vlakana, vitamina, minerala te antioksidanta, zbog kojih pozitivno utječe na ljudski organizam odnosno imuno sustav.

Nakon žetve zob može imati povećan udio vlage i potrebno ju je termički doraditi sušenjem. Najčešća termička dorada je konvekcijsko sušenje kojim se može utjecati na promjenu nutritivnih svojstava zobi.

Kako bi se utvrdila nutritivna svojstva zrna zobi provedeno je istraživanje ovim načinom termičke dorade. Istraživanje je provedeno na sortama Joker, Zvolen, Šampionka, Zlatna grana i Vendelija na 3 različite temperature zraka (50, 60, 70 °C). Nakon sušenja određena je brzina otpuštanja vode iz zrna zobi te utjecaj temperature na njihova nutritivna svojstva (sadržaj vode, pepela, masti i škroba).

KLJUČNE RIJEČI: zob, zrno, termička dorada, nutritivna svojstva, sušenje

SUMMARY

Oat (*Avena sativa* L.) classifies in grass family. It is used in the green state for animal feed and in mixtures with legumes.It can be used as a cleaned grain, but because of its quality it is more often used in human nutrition under the term "healthy diet." It is an excellent source of carbohydrates, fats, calcium, it contains a high proportion of fiber, vitamins, minerals and antioxidants, which positively affect on the human body and immune system.

Oat can have increased moisture content after harvest and it needs to be thermally processed by drying.The most common thermal finishing is convection drying that can influence a change in the nutritional properties of oats. In order to determine the nutritional properties of oat grain a research was carried out with this type of thermal processing.

The study was conducted on varieties Joker, Zvolen, Champion, The Golden Bough and Vendelija on 3 different air temperatures (50,60,70 ° C). After drying, the speed of oat grain's water dehidration was determined and the temperature influence on their nutritional properties (water content, ash, fat and starch).

KEY WORDS: oats, grain, thermal processing, nutritional values, drying

Sadržaj

1. UVOD 1

2. CILJ DIPLOMSKOG RADA 3

3. ZOB (*Avena sativa* L.) 4

3.1. Porijeklo i sistematika zobi 4

3.2. Morfološka i biološka svojstva 5

3.2.1. Korijen 5

3.2.2. Stabljika 6

3.2.3. List 7

3.2.4. Metlica 7

3.2.5. Plod 8

3.3. Agroekološki uvjeti za uzgoj zobi 9

3.3.1.Temperatura 9

3.3.2. Voda 9

3.3.3. Tlo 9

3.4. Agrotehnika za proizvodnju zobi 9

3.4.1. Plodored 9

3.4.2. Obrada tla 9

3.4.3. Gnojidba 10

3.4.4. Sjetva zobi 10

3.4.5. Njega zobi 11

3.4.6. Žetva 11

3.5. Nutritivni sastav zrna zobi 12

3.5.1. Škrob 12

3.5.2. Masti 13

3.5.3. Bjelančevine ili proteini 14

3.5.4. Vitamini 14

3.5.5. Pepeo (mineralna tvar) 15

3.6. Voda u zrnu zobi 15

3.7. Konstanta i energija aktivacije otpuštanja vode iz zrna zobi 16

3.8. Sušenje i skladištenje zrna zobi 17

3.8.1. Konvekcijsko sušenje 18

3.8.2. Skladištenje 18

3.8.3. Vrste i tipovi skladišta 19

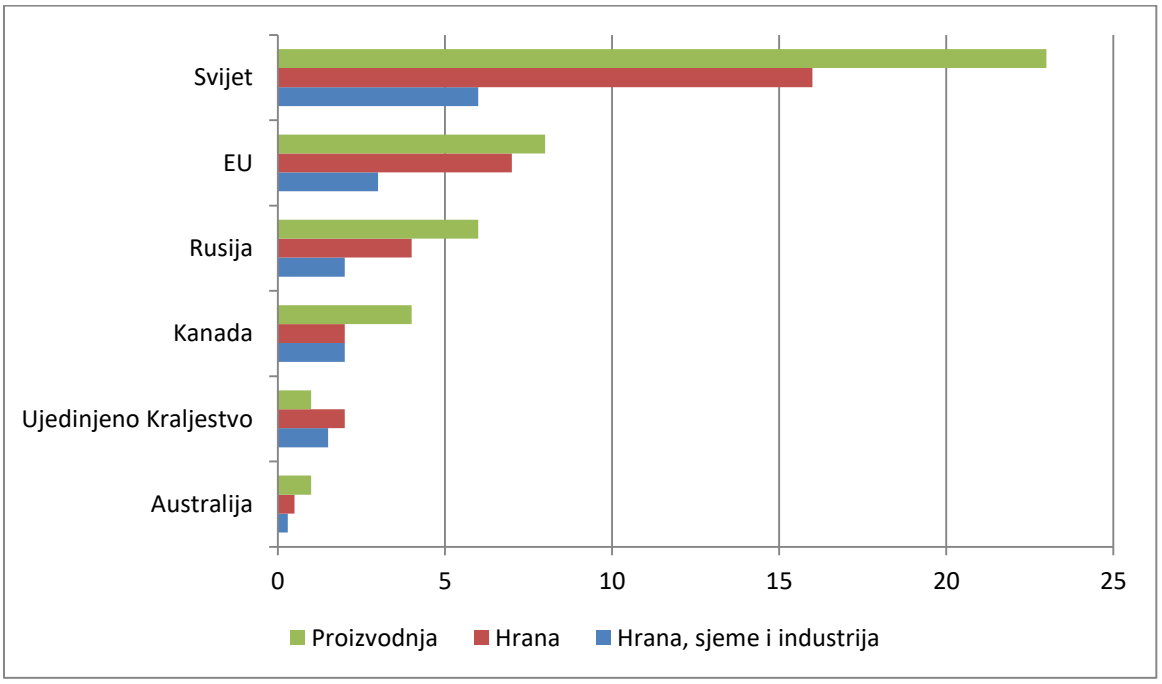
4. MATERIJALI I METODE ISTRAŽIVANJA 20
4.1. Rehidracija uzorka 20
4.2. Određivanje ukupne vlage zrna 20
4.3. Istraživanje otpuštanja vode iz zrna zobi u laboratorijskoj sušari 22
4.3.1. Laboratorijski model sušare 23
4.3.2. Eksponencijalni model otpuštanja vode iz zrna zobi 24
4.3.3. Konstanta otpuštanja vode i energija aktivacije otpuštanja vode iz zrna zobi 24
4.4. Određivanje udjela pepela u zrnu 24
4.5. Određivanje udjela masti kod zrna 25
4.6. Određivanje udjela škroba kod zrna 26
5. REZULTATI I RASPRAVA 28
5.1. Otpuštanje vode konvekcijskim sušenjem 28
5.2. Konstanta otpuštanja vode iz zrna zobi 32
5.3. Energija aktivacije kod zobi 34
5.4. Sadržaj pepela 35
5.5. Sadržaj masti 36
5.6. Sadržaj škroba 37
6. ZAKLJUČAK 38
7. LITERATURA 39
8. ŽIVOTOPIS 43

1. UVOD

Zob (*Avena sativa* L.) uvrštava se u jednogodišnje žitarice iz porodica trava *(Poaceae)*. Potječe iz Male Azije, odakle se širila po Aziji i Europi , te se kasnije proširila po Americi. U prvim počecima to su bile različite smjese različitih sorata. U Europi najveći značaj imala je u vrijeme Grka i Rimljana. U Ameriku se proširila zahvaljujući Kolumbu, koji je prenio sortu *Avena byzantina*, a običnu zob *Avena sativu* prenijeli tijekom 16. i 17. stoljeća Englezi i Europljani. Zob se uzgaja na svim kontinentima (Sjeverna i Južna Amerika, Afrika, Azija te Oceanija), no optimalno područje za njen uzgoj kreće se između 40. i 65. stupnja sjeverne zemljopisne širine (Martinčić i Kozumplik, 1996).

Zob je šesta najznačajnija žitarica u svijetu, a s proizvodnjom prelazi 24 milijuna tona godišnje (Arendt i Zannini, 2013). Uzgaja se na sjevernom području Europe i planinskim područjima srednje Europe. Najveći proizvođači su Rusija, Kanada, SAD, Finska i Poljska (Dijagram 1).

Dijagram1. Globalna proizvodnja i korištenje zobi (Izvor: US Department of Agriculture, 2015)



Uzgoj zobi u našoj zemlji je mali u odnosu na proizvodnju drugih žitarica, kao što su pšenica i ječam, iako za njen uzgoj postoje povoljni uvjeti. Zob se uglavnom uzgaja za hranidbu životinja, ali posljednjih godina prima poveću ulogu i u prehrani ljudi, zbog svojih visokih nutritivnih vrijednosti (bogata je i proteinima, osobite pojedine sorte, te mastima i celulozom). Sadrži veliku količinu mineralnih elemenata i vitamina skupine B, PP i D (Tablica 1). Količina kompleks vitamina B povećava se već u proklijaloj zobi (Pedrotti, 2007).

Osim zrna, zob je kvalitetna voluminozna hrana za stoku, ponajviše kao zelena masa. Zbog svoje hranidbene vrijednosti često se koristi u smjesi s krmnim leguminozama (grašak, grahorica i sl.) (Martinčić i Konzuplik, 1996).

U Republici Hrvatskoj zob se uzgaja na oko 23.462 ha, te ostvaruje prosječan prinos zrna od 3,1 t/ha (Državni zavod za statistiku RH, 2015). Danas najvažnija primjena zobi jest u ljudskoj prehrani (zobene mekinje, zobene pahuljice, zobeno brašno, kruh i sl. namirnice) i hranidbi životinja. Koristi se i u proizvodnji piva, uglavnom kao sastojak za poboljšanje svojstava, za ugodan okus konačnog proizvoda (Arendt i Zannini, 2013).
Zob je žitarica najbogatijim hranjivim tvarima, s visokim kaloričnim vrijednostima: oko 400 kalorija na 100 grama.

Tablica 1.: Prosječan sastav zrna zobi (Izvor: Pedrotti, 2007)

GLAVNI ELEMENTI	MINERALNI ELEMENTI	VITAMINI
Voda (%) 12,5	Željezo (mg/100g) 5,0	Tijamin - B1(mg/100g) 0,2
Proteini (%) 12,0	Kalcij(mg/100g) 65,0	Riboflavin - B2 (mg/100g) 0,5
Lipidi (%) 7,0	Magnezij (mg/100g) 180,0	Nijacin – B3 (mg/100g) 2,5
Glicidi (%) 65,0	Fosfor (mg/100g) 320,0	

2. CILJ DIPLOMSKOG RADA

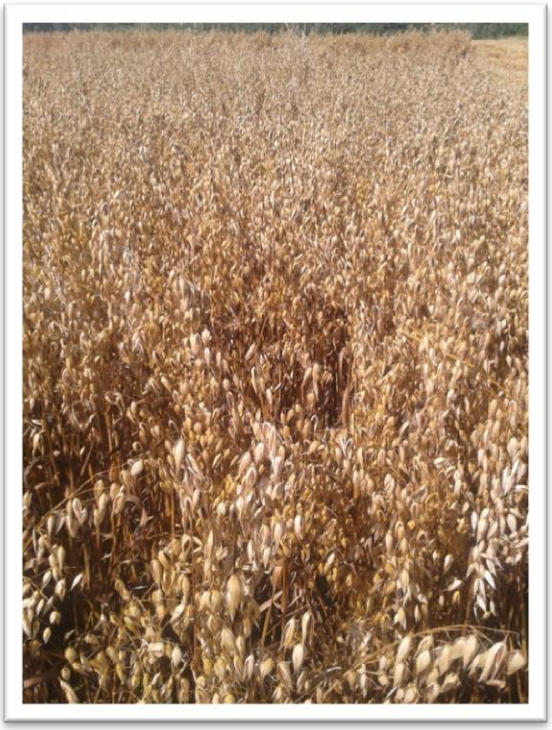
Cilj diplomskog rada je:

- Odrediti brzinu otpuštanja vode iz zrna zobi različitog sortimenta (Joker, Zvolen, Šampionka, Zlatna grana, Vendelija) nakon termičke dorade konvekcijskim sušenjem na tri različite temperature (50, 60, 70 °C).
- Utvrditi utjecaj temperature na nutritivna svojstva određivanjem sadržaja vode, pepela, masti i škroba na prirodnim te termički dorađenim zrnima.
- Na temelju dobivenih rezultata izraditi krivulje sušenja i izračunati energiju aktivacije.

3. ZOB (*Avena sativa* L.)

3.1.Porijeklo i sistematika zobi

Zob (*Avena sativa* L.) je stara kultura koja potječe iz bliskoistočnog gen centra, odnosno Male Azije, odakle se proširila na ostale kontinente (Slika 1).



Slika 1. Zob *(Avena sativa* L.*)*

(Izvor: vlastita fotografija)

To je kultura s haploidnim brojem kromosoma, a prema broju kromosoma i genoma postoje tri vrste zobi: diploidna, tetraploidna i heksaploidna. Sve kulturne sorte zobi spadaju u skupinu heksaploidnih sorata kod kojih je moguća kromosomska definicija. Zbog čega spada u strne žitarice, u red *Poales*, porodicu *Poaceae* i rod *Avena* (Martinčić i Konzuplik, 1996).

Rod *Avena* otkriven je 1700. godine od strane Francuskog istraživača i botaničara Tournefort. Većina vrsta zobi poznatih danas opisani su još 1750. od strane Linnaeus , velikog Švedskog taksonoma (Arendt i Zannini, 2013). Prema Linneu razlikuju se četiri sorte zobi: *A. fatua* (Slika 2), *A. sterilis* (Slika 3), *A. sativa i A. nuda.* Prema važnosti, rod genus *Avena* L. češće se dijeli u divlje korovske i kultivirane sorte.

Slika 2. *Avena fatua* (divlja zob) Slika 3. *Avena sterilis*

(Izvor: http://www.soilcropandmore.info/crops/Grasses/Wild_Oats/Wild-Oats-Avena-sativa.html,http://keys.lucidcentral.org/keys/v3/eafrinet/weeds/key/weeds/Media/Html/Avena_sterilis_(Sterile_Oat).htm)

U divlje sorte spadaju *A. sterilis, A. fetua, A. barbata i A. wiestii,* a kultivirane su *A. byzantina, A. sativa, A. strigosa (A. brevis) i A. abyssinica.* Glavne kultivirane sorte su *A. sativa* (obična zob) i *A. byzantina* (crvena zob), koje se razlikuju po načinu odvajanja cvjetova i po boji (Martinčić i Konzuplik, 1996).

Kulturna zob koja se uzgaja kod nas je jednogodišnja biljka, ozime i jare sorte. Više je jarih sorata, dok je mnogo manji broj ozimih sorata. Sjetva za jaru zob obavlja se u prvoj polovici ožujka kada je tlo vlažno, do dubine 3 cm. Gnojidbu je potrebno obaviti još u jesen. Ozima zob sije se ovisno o sorti krajem rujna i prva dekada listopada, a neke čak i cijeli listopad, na 8 -12 cm razmaka između redova na dubinu 3-4 cm. Vegetacija traje približno 9 mjeseci. Propada na temperaturi -10 °C (Martinčić i Konzuplik, 1996).

3.2. Morfološka i biološka svojstva

3.2.1. Korijen

Korijen zobi je žiličast čine ga primarni korijen (tri korjenčića) i sekundarni korijen, koji je vrlo dobro razvijen (Slika 4). Prodire do dubine 2 m u tlo te ima veliku moć usvajanja hranjiva (Zade, 1918; Gagro, 1997).

Slika 4. Korijen zobi

(Izvor: vlastita fotografija)

3.2.2. Stabljika

Stabljika (vlat) zobi je šuplja, gola, glatka, člankovita, cilindrična visine 60-120 cm, sastavljena od 5-6 internodija (Slika 5).

Slika 5. Stabljika zobi

(Izvor: vlastita fotografija)

3.2.3. List

List se sastoji od lisnog rukavca i lisne plojke, na čijem se prijelazu nalazi jako razvijena opna (ligula), zbog čega se zob lakše razlikuje od drugih žitarica. Njezin zadatak je da zaštiti prodor vode i mikroorganizama u prostor između rukavca i vlati (Slika 7).

Listovi su spiralno raspoređeni na stabljici zbog što bolje iskoristivosti sunčeve svijetlosti, a za svaki nodij vezan je jedan list, odnosno broj listova odgovara broju nodija (Pospišil, 2010).

Lisna plojka izduženog je oblika, i pri vrhu se sužava, dok lisni rukavac čine rubovi koji se međusobno preklapaju na suprotnoj strani plojke (Slika 6).

Slika 6. Lisni rukavac Slika 7. Opna /ligula

(Izvor: http://pinova.hr/hr_HR/baza-znanja/ratarstvo/zob/morfologija-zobi)

3.2.4. Metlica

Zob je samooplodna kultura, kod koje se oplodnja događa još u zatvorenim cvjetovima (Gračan i Todorić, 1990). Cvat je metlica koja se sastoji od glavne grane od koje se odvajaju postrane grane i grančice, na čijim se krajevima razvijaju klasići. Klasići zobi sadrži 2-6 cvjetića. Kod zobi se razlikuju dva tipa metlica: rastresite kod kojih se grančice šire od glavne osi ravnomjerno sa svih strana i zastavičaste metlice kod kojih se grančice i klasići raspoređeni samo s jedne strane osi (Slika 8 i 9). Vrijeme cvatnje je u lipnju (Marušić, 1984).

Slika 8. Metlica zobi

Slika 9. Metlica crne zobi u voštanoj fazi

(Izvor: http://pinova.hr/hr_HR/baza-znanja/ratarstvo/zob/morfologija-zobi, vlastita fotografija)

3.2.5. Plod

Plod zobi je zrno obavijeno pljevicama. Ono je duguljastog oblika, s brazdom na donjoj strani, žute, crne, bijele boje, a bez pljevice obraslo finim dlačicama. Masa 1000 zrna zobi iznosi od 26 do 44 g, hektolitarska masa od 40 do 60 kg i mnogo je manja nego kod pšenice. Prvo zrno u klasiću je najveće, a ostala redoslijedom sitnija (Martinčić i Kozumplik, 1996) (Slika 10).

Slika 10. Plod zobi

(Izvor: http://pinova.hr/hr_HR/baza-znanja/ratarstvo/zob/sjetva-zobi)

3.3.Agroekološki uvjeti za uzgoj zobi

3.3.1.Temperatura

Minimalna biološka temperatura potrebna za klijanje iznosi samo 1- 2 °C, a razvojem same biljke, potreba za toplinom raste. Temperatura optimalna za klijanje zobi je od 20-25 °C. Zob je osjetljiva na niske temperature, a ozima zob će propasti kada se temperature spuste ispod -10 °C; dok jara zob proljetne mrazove može podnijeti do -4°C (Klaić i Hrgović, 2005; Pedrotti, 2007).

3.3.2. Voda

Zob naspram svih ostalih žitarica ima potrebu za vodom tijekom cijelog vegetacijskog razdoblja, zbog čega dobro podnosi vlažna tla i višak vode (Mandekić, 1918). Kritične faze za vodu su vlatanje, metličanje i cvatnja. Zato se visoki prinosi zobi postižu ako u lipnju padne obilna kiša, jer je za njen dobar rast i razvoj potrebna vlažnost tla od 90% maksimalnog kapaciteta. Zbog izrazito velike potrebe za vodom, zob jako isušuje tlo (Gračan i Todorić, 1990).

3.3.3. Tlo

Zob uspijeva dobro na svim tlima, od najpjeskovitijeg do najilovastijeg te čak uspijeva na tlu manje plodnosti, gdje niti jedna druga kultura ne uspijeva. Korijenov sustav vrlo je dobro razvijen, zbog čega ima odličnu sposobnost usvajanja hranjiva, te dobre rezultate ima čak i na siromašnom tlu i na kiselim tlima s nižim pH sadržajem (Klaić i Hrgović, 2005).

3.4. Agrotehnika za proizvodnju zobi

3.4.1. Plodored

Zob se u plodoredu najčešće nalazi na posljednjem mjestu. Za njene predusjeve koriste se rane okopavine (krumpir), višegodišnje leguminoze, uljana repica i zrnate mahunarke. Strne žitarice nisu dobre predkulture, a sama zob loš je predusjev za sve ostale žitarice jer jako iscrpljuje tlo. Monokulturu ne podnosi kao ni ostale strne kulture. (Klaić i Hrgović, 2005).

3.4.2. Obrada tla

Obrada tla neovisno o tome da li je ozima ili jara zob obavlja se prema samom sastavu i stanju tla. Dakako, ovisi o pretkulturi koja se nalazila na površini na kojoj će se obaviti sjetva zobi. Priprema tla počinje ranije nego kod pšenice, jer se ranije sije. Oranje je potrebno obaviti 2-3 tjedna prije sjetve, a nakon ranih pretkultura potrebno je obaviti dva oranja, jedno pliće nakon žetve pretkulture i jedno dublje, osnovno, 2-3 tjedna prije sjetve (dubine do 25 cm) uz

dodavanje mineralnih gnojiva (Klaić i Hrgović, 2005; Mandekić, 1918). Cilj dodatne obrade tla je stvaranje sitno-mrvičaste strukture, kakvu u prirodi najbolje naprave kišne gliste, ako u tlu ima dovoljno organske tvari koju one probavljaju i pretvaraju u humus (Zimmer i sur., 2009.).

3.4.3. Gnojidba

Prije same gnojidbe potrebno je izvršiti analizu tla kako bi se utvrdilo stvarno stanje i količina prisutnih hranjiva u tlu. Neki od neophodnih elemenata, posebice dušik, fosfor i kalij, potrebni su u velikim količinama i obvezatno se dodaju u tlo gnojidbom. Mnogi elementi vraćaju se prirodnim putem u tlo. Međutim, velik dio odnosi se žetvom, jedan dio se ispire ili prelazi u nepristupačne oblike za biljke. Ako se tako izgubljeni dio hranjiva ne nadoknađuje, tlo siromaši, a prinosi se smanjuje (Vukadinović i Lončarić, 1997). Tla prosječne plodnosti koja ostvaruju prinos od 4 t/ha preporuča se gnojidba sa 100 kg/ha dušika, 90-100 kg/ha fosfora i 90-100 kg/ha kalija; no sigurnija, racionalna i točnija gnojidba bit će ako obavimo analizu tla (Tablica 2).

Tablica 2.: Pravilna gnojidbe (Izvor: Klaić i Hrgović, 2005)

Pravilna gnojidba	N	P	K
Osnovna obrada-zaorati 300 kg/ha NPK 8:2626	24	78	78
Prije sjetve100 kg/ha NPK 15:15:15	15	15	15
Vrijeme busanja- prihrana s 200 kg/ha KAN-a	54		
Ukupno	93	93	93

3.4.4. Sjetva zobi

Vrijeme sjetve ovisi da li se radi o jaroj (Zlatna grana, Šampionka, Zvolen,Vandelija i dr.) ili ozimoj zobi (Joker), no neovisno o tome potrebno ju je što ranije sijati, jer ima dulje vrijeme rasta. Optimalni rok za sjetvu kod ozime zobi je kraj rujna i prva dekada listopada. Sije se na dubinu 3-4 cm. Jara zob sije se na nešto pliću dubinu. Rano sijana zob ima veći prinos zrna i slame i ne stradava od manjka vode i korova jer se sije početkom proljeća u nešto vlažnije tlo. Sjetva zobi obavlja se žitnim sijačicama na razmak redova 8-12 cm (Mandekić, 1918; Klaić i Hrgović, 2005).

3.4.5. Njega zobi

U današnje vrijeme susreću se različite bolesti, korovi, štetnici o čemu ovisi zaštitno sredstvo koje se koristi. Korovi su najčešće jednogodišnji širokolisni/otporni širokolisni, bolesti najčešće napadaju list stabljiku i metlicu, dok su najčešći štetnici poljski miševi i voluharice te najznačajniji štetnik po imenu „lema“ (Klaić i Hrgović, 2005).

3.4.6. Žetva

Zob dozrijeva neravnomjerno, pa je teško odrediti početak žetve. Žetva zobi obavlja se u voštanoj dobi, a to je kada dozore zrna na vršnom dijelu metlice (Slika 11 i 12).

Ozima i jara zob žanju se ovisno o sorti i njezinom dozrijevanju. Prosječni prinosi iznose 3-4 t/ha, a mogu se ostvariti i veći (Klaić i Hrgović, 2005).

Slika 11. Žetva zobi

Slika 12. Zrno crne zobi

(Izvor: vlastita fotografija, http://pinova.hr/hr_HR/baza-znanja/ratarstvo/zob/jara-zob)

3.5.Nutritivni sastav zrna zobi

Zob se ističe među ostalim žitaricama, jer se konzumira kao cjelovita žitarica, zbog čega tijelo dobiva hranjive tvari i obogaćuje bioaktivnim spojevima (Tsopmo, 2015).

Zob posjeduju veliku količinu masti, koksa, pepela, što zapravo predstavlja njegovu visoku korisnu energetsku vrijednost. Konzumiranjem zobi, u ljudskoj prehrani preko različitih prehrambenih proizvoda ili kod prehrane životinja izravno zrna zobi, ili zelene ili suhe stabljike, oslobađa se velika količina energije (Kenton, 2013)

Nutritivni sastav zrna zobi utječe na pravilnu doradu te pravilno čuvanje uskladištenje, bilo na kraće ili duže vrijeme. U nutritivnom sastavu zobi sudjeluje mnoštvo komponenata, a najvažnije među njima su u škrob, masti, bjelančevine, vitamini te pepeo.

3.5.1. Škrob

Škrob je produkt asimilacije, te je uskladišten u biljnim organima, u gomolju, stabljici, plodu, zrnu i te služi kao rezerva biljci. To je najrašireniji polisaharid koji je smješten u endospermu i kotiledonama zrna kod većine kultura. Najčešće dolazi u obliku zrnca raznih oblika i veličina, koja su karakteristična kod pojedine vrste. Oblik i veličina koriste se za dokazivanje i utvrđivanje porijeklo škroba. Osnovi sastojak škrobnog zrnca čini čisti škrob i to najčešće oko 98%. Ostatak su masne kiseline, fosforna kiselina i mineralne tvari. Škrob se sastoji se od amilopektina i amilaze. Većina kultura sastoji se od više amilopektina, koji se u prosjeku kreće oko70-80%. To je onaj dio škroba koji daje lijepak (Ritz, 1988).

Ako je veći postotak ljuske zrna uvjetuje se manji postotak škroba. Što je zrno veće i voluminoznije, to je veći postotak škroba (kod žitarica) (Ritz, 1988).

Škrob kod zobi je uglavnom pohranjen u zobi endosperma te njegov sadržaj varira između 40 i 50% (Sayer i White, 2011), ovisno o sorti i uvjetima uzgoja (Arendt i Zannini, 2013).
Granule škroba na površini izgledaju glatko i bez evidentnih pukotina. (Hoover i Asanthan, 1994). Prosječna veličina pojedine škrobne granule kod zobi varira od 3 do 10 μm, iako kod većine raspon promjera 1,9 do 2,4 μm, koji je puno manji od škrobnih granula pšenice, raži, ječma i kukuruza (Arendt i Zannini, 2013) (Slika 13).

Slika 13. Škrob (endosperm)

Izvor: (udžbenik- Tehnologija mlinarstva)

3.5.2. Masti

Masti su spojevi bez dušika, kao i ugljikohidrati i nalazimo ih u svim biljkama. No važnost masti kod žitarica je manja, nego li kod uljarica. Biljke koje škrob koriste kao rezervu stvarat će manje masti i obrnuto. Svaka stanica sadrži mast, koja se nalazi u obliku sitnih kapljica, ali različitih količina. Masti su spojevi glicerina i masnih kiselina. Lako se razgrađuju pod utjecajem svjetlosti, zraka, enzima i bakterija u glicerin i masne kiseline, no razgradnja traje i dalje (Ritz, 1988).

Masti se dijele na jednostavne i složene. Kod većine kultura one su sastavljene od nezasićenih masnih kiselina, zbog čega e njihov sastav uglavnom stalan. Količina masti u pojedinim dijelovima zrna je različita (Ritz, 1988).

Prema Ritzu prosječna količina masti u zrnu zobi iznosi 7,0 % masti, dok pšenica sadrži oko 1,6-1,9 % masti, što je mnogo manje naspram zobi.

Zob sadrži mnogo više razine lipida od bilo koje druge žitarice (Aman i Hesselman, 1984; Kent i Evers, 1994) (više od dva puta), raspoređene po cijelom endospermu, za razliku od ostalih žitarica gdje se mast uglavnom pozicionira u klicama (Evers i Millar, 2002). Profil zobi masne kiseline razlikuje, kao i sadržaj s većim sadržajem mono i višestruko nezasićenih masnih kiselina koju čini većina lipida zastupljenih uglavnom oleinske (18: 1) i linolenska

(18: 2) kiseline. Ove masne kiseline čine 25-36% od ukupnog sastava masnih kiselina (Bryngelsson i sur., 2002). Međutim, zob sadrži značajnu količinu zasićenih masnih kiselina, uključujući značajne količine miristinske (14: 0) i palmitinske (16: 0), kiseline (Zhou M. i sur., 1999). Stabilnost zobenih lipida ostvarit će se pri normalnim uvjetima skladištenja, pogotovo nakon procesa sušenja kada će se inaktivirati enzimi (Feruzzi i sur., 2015/2016).

3.5.3. Bjelančevine ili proteini

Bjelančevine su spojevi, koje čine osnovne tvari a to su ugljik (C), vodik (H) i kisik (O) a sadrži i dušik (N). Dušik ima posebnu važnost, jer je nezamjenjiv sastavni dio stanične plazme (Ritz, 1988).

Razlikujemo jednostavne bjelančevine (proteini) i sastavljene bjelančevine (proteide). Bjelančevine zrna sastoje se uglavnom od jednostavnih bjelančevina, dok se sastavljene mogu pronaći povećim količinama (Ritz, 1988).

Bjelančevine su složeni organski spojevi velike molekularne težine i vrlo složene strukture. Izgrađene su od velikog broja aminokiselina, a njihova količina razlikuje se kod svake bjelančevine posebno (Ritz, 1988).

Kod zrnatih kultura dolaze sljedeće bjelančevine: albumini, globulini, prolamini, glutelini, proteoze (Ritz, 1988).

3.5.4. Vitamini

Vitamini su specifični organski spojevi posebno potrebni za život bića, a u zrnu pojedine kulture nalaze se u vrlo malim količinama. Nedostatak vitamina uzrokuje smetnje u životnim pocesima (Ritz, 1988) (Tablica 3). Organizam ne može sam proizvoditi vitamine, te se samo mala količina pojedinih vitamina obnavlja, kao što je vitamin D (pod utjecajem sunčevih zraka), vitamin K i vitamin H uz pomoć crijevne mikroflore, vitamin B3 iz aminokiselina unosom hrane (Krička i sur., 2012).

Tablica 3.: Količina vitamina u zrnu u mg na 100 grama (Izvor: Ritz, 1988)

Kutura	Vitamin B1	Vitamin B2	Vitamin E	Vitamin PP
Zob	0,72	0,14	2,1	9,4
Pšenica	0,52	0,10	2,6-3,4	6,0

3.5.5. Pepeo (mineralna tvar)

Pepeo je komponenta svake namirnice koji ostaje nakon spaljivanja organskog dijela. Udio pepela čini količina ukupnih minerala sadržanih u hrani. Utvrđivanje pepela bitna je zbog (Krička i sur., 2012):

- deklaracije proizvoda,
- kvalitete,
- hranjivosti, te
- mikrobiološke stabilnosti.

Najvažniji minerali su: magnezij, kalcij, natrij, kalij, cink i jod.

3.6. Voda u zrnu zobi

Voda koju dozrelo zrno sadrži, različito je vezana. Tako se prema Pliestiću, 1989. razlikuje:

a) konstitucijska voda

b) higroskopna voda

c) mehanički vezana voda

d) osmotska voda

a) Konstitucijska ili strukturna voda

Nalazi se u zrnu kemijski vezana. Uobičajenim putem – sušenjem na 105°C ne može se odstraniti, već je za izdvajanje 1 mola kemijski vezane vode u zrnu potrebno utrošiti energiju od 8 do 10 kJ. Ova voda ne predstavlja problem u procesu skladištenja.

b) Higroskopna voda

Mnogi sastavni dijelovi zrna u dodiru s vodom upijaju vodu, odnosno bubre i tako popunjavaju pore i kapilare stanica. Kapilarna voda može biti makrokapilarna i mikrokapilarna. Ta se voda gubi sušenjem na temperaturi od 105°C, a sadrži je svako zrno. Makrokapilarna voda nalazi se u kapilarama promjera većim od 10-5cm, a mikrokapilarna u kapilarama manjim od 10-5 cm. Ove vode prosječno ima između 5-27 %.

c) Mehanički vezana voda

Nalazi se uz ovojnicu zrna uslijed molekularne privlačnosti. Ta je voda najslabije vezana sa zrnom. Mehanički vezana voda odvaja se lako npr. ishlapljivanjem. Sušenjem se odstranjuje sva voda vezana na ovaj način. Ove vode može biti više od 27%.

d) Osmotski vezana voda

Osmotski vezana voda je razlika između maksimalne količine mehanički vezane vode i higroskopne vode. Njezina prisutnost usko je povezana s kapilarno poroznom strukturom zrna, a zatim propuštanjem vode u stjenku stanice (Pliestić, 1989).

Veća količina vode u zrnu smanjuje njenu vrijednost, ima negativan utjecaj na kraće razdoblje skladištenja i uzrokuje velike gubitke disanjem, samozagrijavanjem, slabijim tehnološkim svojstvima i dr.

Ukupna masa vlažne sjemenke (M) sastoji se od mase suhe tvari (ST) i mase vode u

zrnu (W). Prema tome je:

$$M = ST + W \text{ (kg)} \quad \text{(Pliestić, 1989)}$$

Vlažnost zrna je odnos mase vode i suhe tvari zrna sa ukupnom masom zrna. Oznaka za vlagu je "w" i izražava se u postotcima, pa je prema tome:

$$w = \frac{\mathrm{W}}{M} = \frac{W}{ST+W} \text{ (\%)} \quad \text{(Pliestić, 1989)}$$

Odnos mase vode i suhe tvari zrna je sadržaj vode u zrnu ili vlaga zrna. Može se iskazati kao postotni odnos ili kao decimalni broj. Oznaka za sadržaj vode je "u" (kg/kg)

$$u = \frac{\mathrm{W}}{ST} = \frac{W}{M-W} \text{ (\%)} \quad \text{(Pliestić, 1989)}$$

3.7. Konstanta i energija aktivacije otpuštanja vode iz zrna zobi

Konstanta sušenja je obično u funkciji izračuna temperature zraka s kojima se suši. Henderson i Pabis (1961) su predložili jednadžbu za izračun konstante sušenja na temeljima Arrheniusove jednadžbe, prema kojoj se može izračunati energija potrebna za pokretanje procesa otpuštanja vode iz zrna. Arrheniusova jednadžba dovodi u vezu temperaturu sušenja, konstantu otpuštanja vode iz zrna te energiju aktivacije pokretanja procesa otpuštanja vode iz zrna.

Energija aktivacije predstavlja minimalnu količinu energije koja je potrebna kako bi molekule međusobno mogle reagirati. (Arendt.i Zannini, 2013).

Energija aktivacije se tako može odrediti preko temperature sušenja (T), konstante otpuštanja vode iz zrna (k), odnosno preko nagiba pravca usporedbe k i T. Slijedom navedenog, energija aktivacije se izračunava umnoškom nagiba prethodno navedenog pravca i opće plinske konstante 8,314 J/mol K.

Bala (1997) je definirao energiju aktivacije ili energiju aktiviranja reakcije (Ea) otpuštanja vode iz ploda kao energiju koju je potrebno dovesti molekulama vode da međusobno reagiraju. Kako bi molekule vode kemijski reagirale, moraju se sudariti, ali međusobno mogu reagirati samo one molekule koje imaju veću energiju od energije aktiviranja. U kemijskoj kinetici, energija aktivacije je visina potencijalne barijere koja odvaja produkte od reaktanata. Energiju aktiviranja namaknu molekule pretvorbom svoje kinetičke energije u potencijalnu. Zato, ako kinetička energija molekula vode u zrnu nije dovoljno velika, može se potpuno pretvoriti u potencijalnu energiju njihovim sudarom, ali pri tom neće nastati aktivirani kompleks, već se samo molekule udalje jedna od druge, cime padne potencijalna energija. Dovede li se sustavu molekula vode u plodu energiju, npr. u obliku topline (povišenjem temperature), to ce veći broj molekula prijeći potencijalnu energetsku barijeru u sekundi, tj. brzina reakcije pretvorbe molekula raste s porastom temperature. Što je viša potencijalna energetska barijera, odnosno što je veća energija aktiviranja reakcije, to manji broj molekula reaktanata može prijeći vrh energetske barijere i reakcija je sporija.

3.8. Sušenje i skladištenje zrna zobi

Sušenje je jedno od prvih načina konzerviranja sirovine (proizvoda). Zadatak sušenje je smanjivanje viška vode iz sirovine, kako bi se očuvala ona količine vode koja je potrebna za latentni život, te kako bi se sirovina uspješno uskladištila. Za uspješno skladištenje potrebno je osušiti sirovinu do ravnotežne vlažnosti. To je ona vrijednost do koje se može sirovina osušiti pri uvjetima okruženja. Postignuta vlažnost je ostvarena dinamička ravnoteža parcijalnog tlaka vodene pare u zraku. Sušenje kao tehnološki postupak povećava razinu sadržanih sastojaka koji povećava osmotski tlak, kako bi se otežala i onemogućila ishrana mikroorganizmima. Ovim postupkom se ne uništavaju mikroorganizmi već, im je samo onemogućena prehrana i razmnožavanje, a krajnji rezultat dovodi do njihovog izumiranja (Niketić-Aleksić, 1998.; Krička, 1993).

Sušenje teče u dvije faze. Prva faza je isparavanje vode s površine zrna u sredstvo sušenja, a u drugoj fazi vlaga difundira iz unutrašnjosti zrna prema njegovoj površini. Ako napon vodene pare na površini zrna veći od parcijalnog tlaka vodene pare u sredstvu sušenja, onda će vodena para prelaziti u sredstvo sušenja i dalje u atmosferu ili recirkulaciju, ovisno o tipu sušare. Napon vodene pare na površini zrna funkcija je temperature i zbog toga će proces teći lakše, što je veća temperatura zrna. Normalan proces sušenja može se odvijati samo ako je postignuto stacionarno stanje prve i druge faze sušenja.

Prema načinu dovođenju topline sirovini na kojoj se provodi sušenje, razlikuju se metode sušenja (Tomas, 2000; Grubor, 2014):

- konvekcijsko sušenje – sirovina se suši u struji radnog medija (najčešće strujanjem zraka);
- kondukcijsko sušenje – sirovina se suši u dodiru sa zagrijanom površinom;
- sušenje smrzavanjem – sirovina se suši u zamrznutom stanju u visokom vakuumu, pri čemu zbog prijenosa topline pripada analognom kontaktom sušenju;
- sušenje zračenjem – sirovina se suši prijenosom elektromagnetskim valovima.

3.8.1. Konvekcijsko sušenje

Konvekcijsko sušenje je proces kojim se potrebna količina topline dovodi upuhivanjem toplog zraka, omogućujući pritom isparavanje suvišne vode. Količina potrebne topline za isparavanje, konvekcijski se prenosi na izloženu površinu materijala, a isparena vlaga se odvodi pomoću sušnog medija. Ovaj postupak omogućava duže vrijeme čuvanja proizvoda, bez nutritivnih promjena (Krička i sur., 2003).

Konvekcijsko sušenje predstavlja izjednačavanje temperaturnih razlika unutar tvari u molarnom razmjeru. Odvija tako da se masene tvari kreću iz toplijih u hladnija područja što je slučaj kod kapljevina i plinova (Grubor, 2014).

Sušenje zrna zobi, u doradi mora se osušiti na vlagu 12 – 14 % ako se čuva 2 – 5 mjeseci, a dulje čuvanje zrna (1-5 godina) zahtjeva svođenje vlage na 10 % (Kolak, I., 1994).

3.8.2. Skladištenje

Vlaga zrna ima velik utjecaj na kvarenje i kakvoću zrna. Stoga je vrlo bitno da vlaga bude svedena na ravnotežnu. O postotku vlažnosti zrna i temperaturi skladišta najviše ovisi trajanje dobrog skladištenja. Stoga postoje tri jednostavna pravila (Kolak, 1994):

1. svakim smanjenjem postotka vlažnosti zrna za 1 % udvostručuje se trajanje životne sposobnosti zrna.
2. Svakim smanjenjem temperature skladištenja za 5 °C udvostručuje se trajanje životnog vijeka zrna.
3. Čuvanje zrnatih proizvoda bez pristupa zraka, tj. u hermetičkim uvjetima

Zob, kao i sve ostale žitarice, nakon žetve mora se pravovaljano uskladištiti, jer je vrlo osjetljiva. Kada se zob pravilno uskladišti, može tako pohranjena biti čak i godinu dana. Dobro skladištenje obuhvaća, temperaturu do 20 °C i vlage 12-14% te je potrebno osigurati odgovarajuću zaštitu protiv insekata, glodavaca i gljivica. Ako se uskladišti pri visokoj razini vlage, kvaliteta zrna zobi mogla bi padati, te doći do njenog kvarenja (Arendt i Zannini, 2013).

3.8.3. Vrste i tipovi skladišta

Skladište poljoprivrednih proizvoda je objekt u kojemu se pri određenim uvjetima, proizvod nakon žetve sprema u svrhu čuvanja njegove kvalitete, sve do trenutka za daljnje korištenje. Za uskladištenje žitarica koriste se slijedeća skladišta (Ritz, 1988):

- Koševi za kukuruz,
- Podna skladišta,
- Silosi (Slika 14).

Slika 14. Silos za skladištenje zobi
(Izvor: http://www.mlinostroj.si/si/silosi-in-susilnice.html)

4. MATERIJALI I METODE ISTRAŽIVANJA

Istraživanje za izradu ovog diplomskog rada provodilo se na Sveučilištu u Zagrebu Agronomskom fakultetu u Zavodu za poljoprivrednu tehnologiju, skladištenje i transport. U istraživanju su bile četiri sorte jare zobi (Zlatna grana, Šampionka, Zvolen, Vandelija) i jedna sorta ozime zobi (Joker), uzgojene na području Zagrebačke županije.

4.1. Rehidracija uzorka

Prije daljnjeg istraživanja uzorke je bilo potrebno rehidrirati. Taj postupak provodi se tako da se na temelju dobivenih vrijednosti vlažnosti uzorka vlaži određenom količinom destilirane vode dobivene izračunom kako bi ostvarili približno istu vlažnost kod svih istraživanih sorata, te se su ponovo provedene sve analize nakon sušenja.

Formula za rehidraciju uzoraka:

$$W = M1\,\frac{(w1 - W2)}{100 - W2}$$

W= količina potrebne destilirane vode (ml)=(g)

W1= početna vlažnost mase (%)

W2= željena vlažnost mase (%)

M1= masa zrna uzorka koji rehidriramo (g)

4.2. Određivanje ukupne vlage zrna

Nakon usitnjavanja (Slika 15) zrna ozime sorte i jarih sorata na laboratorijskom mlinu u meljavi se odredio sadržaj vlage.

Određivanje sadržaja vlage provodi se prema protokolu (CEN/TS 14774-2:2004) u laboratorijskoj sušnici. Voda (vlaga) se određuje metodom sušenja sjemena u sušnici na 103ºC (±2ºC) tijekom 3 sata do konstantne mase, kad se pretpostavlja da uzorak osim vlage ne sadrži nikakve druge hlapive sastojke ili produkte koji mogu izazvati promjenu mase istraživanog uzorka. Sušenje uzorka provedeno je u laboratorijskoj sušnici (INKO ST-40, Hrvatska) (Slika 16).

Slika 15. Mlin

(Izvor: vlastita fotografija)

Slika 16. Laboratorijski sušionik

(Izvor: vlastita fotografija)

Količina vlage računa se na osnovu razlike mase prije i poslije sušenja i to uzoraka poznate mase prema formuli:

$$w1 = \frac{(B-C)}{B-A} * 100(\%)$$

gdje je:

w1 = udio vlage (%)

A = odvaga prazne posudice (g)

B = odvaga prazne posudice + uzorak prije sušenja (g)

C = odvaga prazne posudice + uzorak nakon sušenja (g)

4.3. Istraživanje otpuštanja vode iz zrna zobi u laboratorijskoj sušari

Sušenje je provedeno u laboratorijskoj sušari (slika 17) vrlo malog kapaciteta, ali koja može simulirati uvjete velike industrijske sušare. Brzina zraka u sušari bila je održavana na 1,0 m/s, a uzorci su bili sušeni na tri različite temperature zraka i to 50, 60 i 70 ºC, koje su određene zbog svoje praktične vrijednosti.

Prije sušenja određena je masa i sadržaj vode u uzorku zrna, nakon čega se teoretski pomoću matematičkog izračuna odredila masa zrna pri kojoj završava proces sušenja. Uz laboratorijsku sušaru postavljena je digitalna vaga. Prije svakog početka procesa sušenja, pomoću psihrometra koji se nalazi u prostoru u kojem se nalazi sušara, određivala se temperatura i relativna vlaga zraka. Isto tako, prije nego je započet proces sušenja u prostoru za sušenje (posuda s perforiranim dnom) odrečena je temperatura zrna. Svakih 5 minuta posuda sa perforiranim dnom odvajala se od laboratorijske sušare i stavljala na digitalnu vagu, s ciljem odrđivanja trenutačne mase zrna zobi..

Slika 17. Laboratorijska sušara

(Izvor: vlastita fotografija)

4.3.1. Laboratorijski model sušare

Laboratorijski model sušare sastoji se od tri razdvojive cjeline, koje se međusobno spajaju umetanjem jedne u drugu s vijcima. Prva cjelina je donji dio sušare (postolje) dimenzija 300×350×120 mm, u kojem se nalazi ventilator s grijačem snage 1 kW koji usisava okolni zrak. Nakon ulaska u donji dio sušare, zrak prolazi preko perforiranog lima, poroznosti 15 mm i guste mrežice radi homogeniziranja zrakostrujnog polja u drugu cjelinu okruglog oblika promjera 200 mm i visine 270 mm. Tu se zrak zagrijava i usmjerava prema suženom dijelu sušare promjera 78 mm. U suženi dio umeće se treća cjelina, okrugle posude s uzorkom aktivnog promjera 76 mm i visine 240 mm. Na dnu posude ugrađena je gusta mreža četvrtastog promjera 1 mm. Električni grijač se napaja izmjeničnom strujom, s mogućnošću regulacije napona, a samim time i temperature sušenja. Regulacija napona obavlja se ručno na regulacijskom transformatoru.

Brzina zraka, odnosno regulacija rada ventilatora obavlja se također ručno, pomoću regulacijskog transformatora. Mjerenje zadane temperature zraka obavljalo se pomoću sonde PT 100 i to neposredno prije prolaska kroz uzorak. Mjerenje brzine zraka nakon prolaska kroz sloj uzorka obavljena je pomoću digitalnog anemometra marke "Edra five" Velika Britanija. Područje očitanja digitalnog anemometra je od 0,3 do 30 m/s, uz točnost od ± 0,1 m/s.

4.3.2. Eksponencijalni model otpuštanja vode iz zrna zobi

Na osnovi izmjerenih podataka gubitaka mase svakih 5 minuta izračunate su eksponencijalne jednadžbe kod zahtijevanih vrijednosti temperatura za svaki istraživani hibrid do ravnotežne vlažnosti (6%). Matematičkim modeliranjem dobila se vrijednost brzine otpuštanja vode do ravnotežne vlažnosti, kako bi se egzaktno moglo usporediti razlike u otpuštanju vode pojedinih hibrida. Kod svih dobivenih eksponencijalnih jednadžbi potrebno je bilo utvrditi koeficijent determinacije koji pokazuje usporedivost dobivenih rezultata otpuštanja vode iz zrna.

4.3.3. Konstanta otpuštanja vode i energija aktivacije otpuštanja vode iz zrna zobi

Arrheniusova jednadžba ovisi o temperaturi, konstanti sušenja i energiji aktivacije i ona glasi:

$$\ln k = \frac{-\mathrm{Ea}}{\mathrm{R}} * \frac{1}{T} + ln\, A$$

gdje su:

k – konstanta otpuštanja vode (1/s),

Ea – energija aktivacije (kJ/mol),

R – opca plinska konstanta 8,314 (J/mol K),

T – temperatura sušenja (K),

A – predeksponencijalni faktor.

4.4. Određivanje udjela pepela u zrnu

Pepeo se određuje prema protokolu (CEN/TS 14775:2004). Izvodi se na visokim temperaturama do 600 °C najčešće u vremenskom trajanju od 6 sati, ovisno o uzorku. Sastoji se od spaljivanja uzorka poznate mase (oko 1g) i mjerenje njenog ostatka. Određivanje pepela na uzorcima zobi provodilo se na temperaturi 550 °C u vremenu od 6 sati u mufolnoj pećnici Naberthem B170 (Lilienthal, Njemačka) (Slika 18).

Slika 18. Mufolna pećnica za pepeo i koks

(Izvor: vlastita fotografija)

4.5. Određivanje udjela masti kod zrna

Određivanje udjela sirovih masti provodi se prema protokolu (HRN ISO 6492:2001). Osnova ove metode je ekstrakcija sirovih masti pomoću organskog otapala petroletera.

Oko 5 do 10 g uzorka s točnošću od 0,1 mg odvaže se u celulozni tuljac. Celulozni tuljac se pokrije slojem odmašćene suhe vate i stavi u srednji dio Soxhlet aparata (ekstraktor) koji se zatim spoji s hladilom i praznom posudicom za sakupljanje ekstrakta - tikvicom. Tikvica s nekoliko staklenih kuglica prethodno treba biti osušena na 105ºC. Postupak ekstrakcije traje oko 6 sati, ovisno o uzorku. Nakon postupka ekstrakcije tikvica s uzorkom masti suši se 1 sat na 105ºC, odnosno do konstantne mase kad se tikvica važe.

Sadržaj sirovih masti određen je na ekstraktoru Soxhlet R 304 (Behr Labortechnik GmbH, Njemačka) (Slika 19).

Slika 19. Soxhlet ekstraktor za određivanje masti

(Izvor: vlastita fotografija)

Količina sirovih masti određuje se prema sljedećoj formuli:

$$\% \text{ Masti} = \frac{(m1 - m0)}{m \text{ uzorka}} * 100$$

gdje je:

m1= masa tikvice nakon ekstrakcije (g),

m0 = masa tikvice prije ekstrakcije (g),

m uzorka = masa uzorka u tuljcu.

4.6. Određivanje udjela škroba kod zrna

Za određivanje sadržaja škroba u uzorcima primjenjuje se polarimetrijska metoda po Eweresu (HRN ISO 6493:2001) na polarimetru (KRÜSS, P3001, Njemačka) (Slika 20 i 21). Škrob pokazuje visoku optičku aktivnost te se na osnovi toga može odrediti i polarimetrijski, nakon što se prethodno prevede u topljivo stanje hidrolizom s kiselinom. U čašu od 100 ml se

odvagne oko 5 g uzorka (±0,01), zatim se uzorak na suho prenese preko staklenog lijevka u odmjernu tikvicu od 100 ml, a čaša i lijevak se isperu s 50 ml 1,124% HCl. Tikvica se, uz povremeno lagano mućkanje, drži 15 minuta u kipućoj vodenoj kupelji na temperaturi od 95°C. Nakon 15 minuta tikvica se izvadi iz vodene kupelji i doda se 20 ml hladne vode. Sadržaj tikvice se potom ohladi na temperaturu 20°C uz pomoć mlaza vodovodne vode. Nakon toga se u tikvicu doda 10 ml 4%-tne fosfo-volframske kiseline da bi se istaložile otopljene bjelančevine, nadopuni se vodom te ostavi nekoliko minuta da se sadržaj slegne i profiltrira kroz filter papir. S bistrim filtratom napuni se polarizacijska cijev i polarimetrira. Sadržaj ukupnog škroba određen je prema formuli:

$$\% \text{ škroba} = \frac{100 * \alpha * 100}{[\alpha] 20 D * l * m}$$

gdje je:

α – očitani kut skretanja,

[α] 20 D – specifični kut skretanja škroba,

l – dužina polarizacijske cijevi,

m – masa uzorka (g)

Slika 20. Uzorak pripremljen za očitanje škroba
(Izvor: vlastita fotografija)

Slika 21. Polarimetar, uređaj za očitavanje škroba
(Izvor: vlastita fotografija)

5. REZULTATI I RASPRAVA

5.1. Otpuštanje vode konvekcijskim sušenjem

Otpuštanje vode iz ozime i jarih sorata zobi provodilo se u laboratorijskoj sušnici do ravnotežne vlažnosti od 11%. Prije početka sušenja uzorcima je ponovo nakon rehidracije određena vlažnost (Tablica 4). Tijekom sušenja nadzirala se temperatura, brzina strujanja zraka te masa uzorka, svakih 5 min.

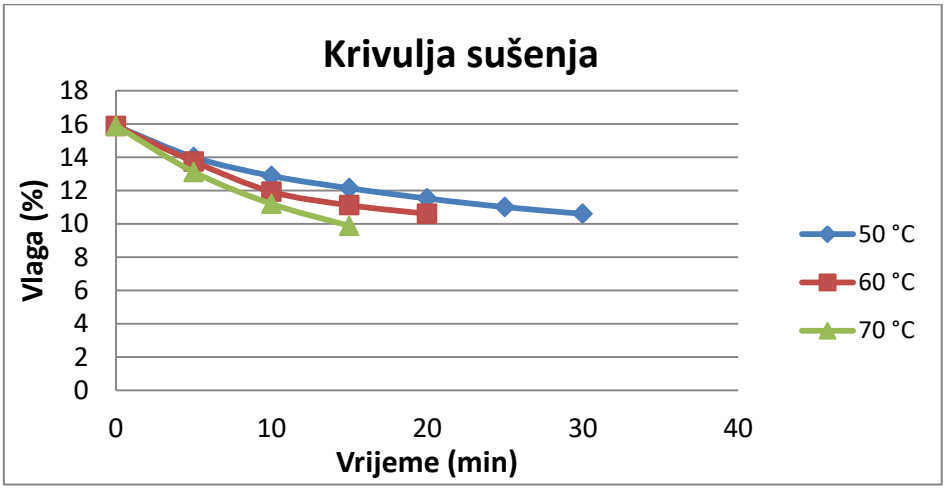
Tablica 4.: Vlaga zrna

SORTA	UDIO VODE, PRIRODNI UZRCI (%)	UDIO VODE NAKON REHDRACIJE (%)	TEMPERA-TURA SUŠENJA (˚C)	VLAGA NAKON SUŠENJA (%)
CRNA-JOKER	11,64	15,89	70	9,89
			60	10,61
			50	10,60
ZVOLEN	12,59	16,27	70	10,25
			60	9,98
			50	10,69
ŠAMPIONKA	14,03	15,92	70	10,90
			60	10,07
			50	10,58
ZLATNA GRANA	13,48	15,66	70	10,39
			60	10,75
			50	10,96
VENDELIJA	14,05	15,82	70	10,82
			60	10,61
			50	10,65

Rezultati brzine otpuštanja vode iz zrna zobi do ravnotežne vlažnosti prikazani su u dijagramima od 1 do 5, a izračunate su na osnovu izmjerenih podataka o gubitku mase svakih 5 minuta. Matematičkim modeliranjem dobivena je vrijednost brzine otpuštanja vode do ravnotežne vlažnosti kako bi se mogle usporediti razlike u otpuštanju vode istraživanih sorata zobi.

CRNA ZOB – JOKER

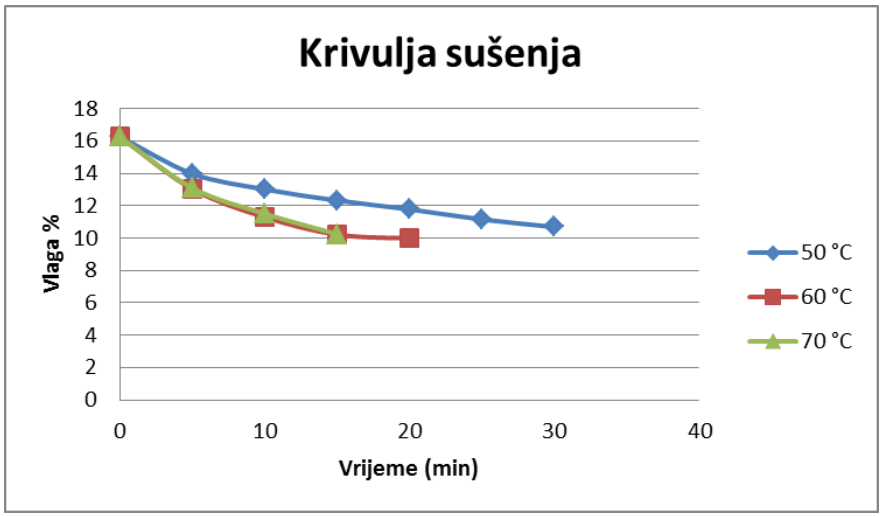
Dijagram 2. Krivulja sušenja crne zobi Joker-otpuštanje vlage iz zrna do 11% na trima različitim temperaturama (50, 60, 70 °C)



Povećavanjem temperature sušenja smanjivalo se vrijeme koje je potrebno da se postigne ravnotežna vlažnost. Tako se ozima sorta Joker, na temperaturi od 50 °C sušila 30 min., na temperaturi 60 °C, 20 min. i na temperaturi od 70 °C, 15 min.

ZVOLEN

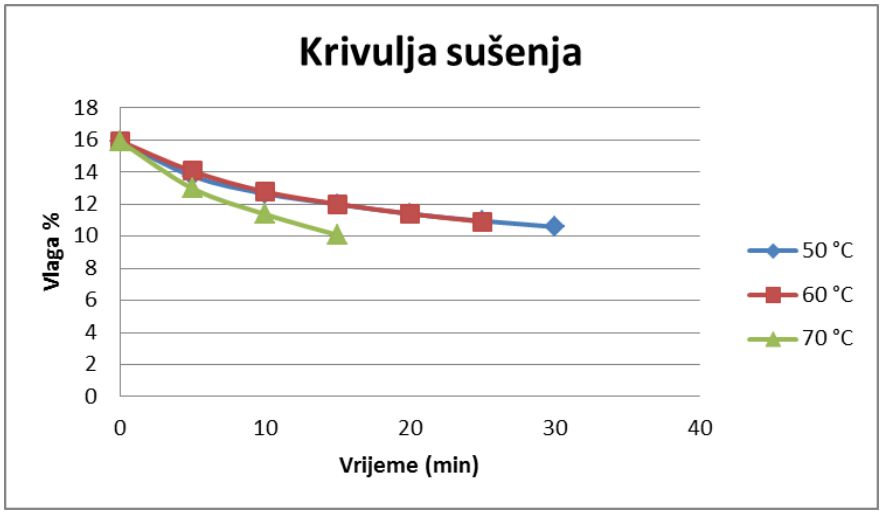
Dijagram 3. Krivulja sušenja zobi Zwolen-otpuštanje vlage iz zrna do 11% na trima različitim temperaturama (50, 60, 70 °C)



Jara sorta Zvolen, na temperaturi od 50 °C sušila 30 min., na temperaturi 60 °C, 20 min. i na temperaturi od 70 °C, 15 min.

ŠAMPIONKA

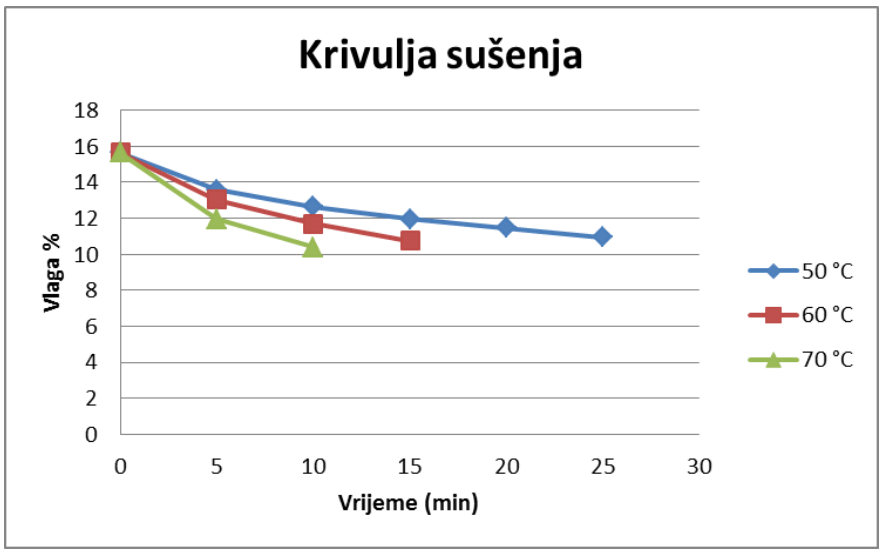
Dijagram 4. Krivulja sušenja zobi Šampionka-otpuštanje vlage iz zrna do 11% na trima različitim temperaturama (50, 60, 70 °C)



Jara sorta Šampionka, na temperaturi od 50 °C sušila 30 min., na temperaturi 60 °C, 25 min. i na temperaturi od 70 °C, 15 min.

ZLATNA GRANA

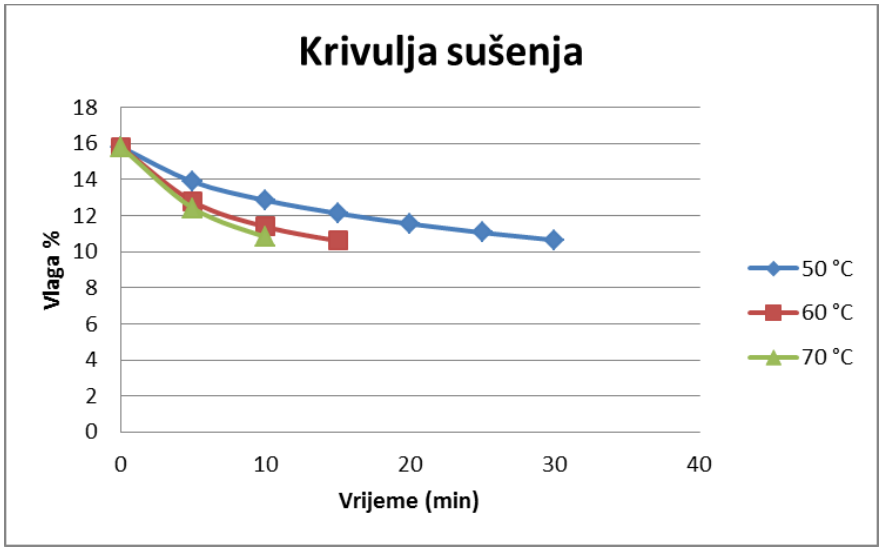
Dijagram 5. Krivulja sušenja zobi Zlatna grana-otpuštanje vlage iz zrna do 11% na trima različitim temperaturama (50, 60, 70 °C)



Jara sorta Zlatna grana, na temperaturi od 50 °C sušila 25 min., na temperaturi 60 °C, 15 min. i na temperaturi od 70 °C, 10 min.

VENDELIJA

Dijagram 6. Krivulja sušenja zobi Venedelija-otpuštanje vlage iz zrna do 11% na trima različitim temperaturama (50, 60, 70 °C)



Jara sorta Vendelija, na temperaturi od 50 °C sušila 30 min., na temperaturi 60 °C, 15 min. i na temperaturi od 70 °C, 10 min.

Prosječno vrijeme sušenja kod svih sorata pri temperaturi od 50 °C iznosilo je 30 min., pri temperaturi od 60 °C 15 min., a pri temperaturi od 70 °C iznosilo je 15 min.

5.2. Konstanta otpuštanja vode iz zrna zobi

U tablici 5 prikazane su eksponencijalne jednadžbe i konstante otpuštanja vode iz zrna do ravnotežne vlažnosti (11%) istraživanih sorata.

Tablica 5.:Eksponencijalne jednadžbe

SORTA	TEMPERTURA	y	R^2
CRNA-JOKER	70	$15{,}623e^{-0{,}032x}$	0,9911
	60	$15{,}346e^{-0{,}022x}$	0,9783
	50	$15{,}128e^{-0{,}013x}$	0,9551
ZVOLEN	70	$15{,}345e^{-0{,}024x}$	0,9285
	60	$15{,}265e^{-0{,}024x}$	0,9151
	50	$15{,}334e^{-0{,}013x}$	0,9449
ŠAMPIONKA	70	$15{,}310e^{-0{,}015x}$	0,9580
	60	$15{,}545e^{-0{,}015x}$	0,9511
	50	$14{,}949e^{-0{,}013x}$	0,9303
ZLATNA GRANA	70	$15{,}332e^{-0{,}041x}$	0,9690
	60	$15{,}234e^{-0{,}025x}$	0,9668
	50	$14{,}931e^{-0{,}013x}$	0,9392
VENDELIJA	70	$15{,}550e^{-0{,}038x}$	0,9759
	60	$15{,}228e^{-0{,}026x}$	0,9434
	50	$15{,}027e^{-0{,}012x}$	0,9502

Legenda: y- vlaga sjemenki; x-vrijeme otpuštanja vode iz sjemenki; R2- koeficijent determinacije

Matematičkim modeliranjem dobila se vrijednost brzine otpuštanja vode do ravnotežne vlažnosti kako bi se moglo usporediti razlike u otpuštanju vode iz zrna pojedinih hibrida. Nakon izrade eksponencijalnih jednadžbi utvrđen je koeficijent determinacije između 0,92 i 0,99. Dobiveni koeficijenti pokazuju da su istraživanja otpuštanja vode iz zrna vođena precizno te da su dobiveni rezultati međusobno usporedivi. To je i potvrđeno usporedbom s literaturnim podacima za proces sušenja suncokreta (Krička i Pliestić, 1997), kukuruza (Krička, 1993.; Krička i Pliestić, 1994.; Voća, 2007), lješnjaka (Matin, 2012).

U praksi je često nemoguće izbjeći istovremeno sušenje različitih sorata i zrna sa različitim vlagama. Hibridi se međusobno razlikuju u brzini otpuštanja vode iz zrna, što je i ovim istraživanjem dokazano. Iz tog razloga prilikom jednofaznog sušenja na konačnu vlagu od 11% pojavljuje se presušivanje pojedinih zrna, a neka ostaju vlažna i preko dozvoljenih granica (Katić, 1997).

Nadalje kinetika konvekcijskog sušenja istraživana je za pet sorata zobi pri tri različite temperature sušenja. Krivulje sušenja unutar pojedinih hibrida imaju uobičajeni tijek. Kad se

kinetičke krivulje sušenja određuju u različitim uvjetima sušenja dobivaju se slične krivulje sušenja, karakteristične za istraživani materijal. Da bi se moglo usporediti krivulje sušenja istraživanih hibrida korišteno je matematičko modeliranje jednadžbi brzine otpuštanja vode iz zrna koje su koristili Martins i Stroshine (1987), Krička (1993), Pliestić (1995) na kukuruzu te Matin (2012) na lješnjaku.

Analizirajući općenito jednadžbe sušenja uočava se, da eksponencijalni koeficijent varijabli ima negativan predznak, što znaci da krivulja pada, odnosno pokazuje tendenciju brzine sušenja. Ako koeficijent ima veću apsolutnu vrijednost, sušenje je brže.

Izračunom koeficijenta otpuštanja vode iz zrna može se precizno utvrditi koja sorta najbrže, a koji najsporije otpušta vodu iz zrna. U tablici 6 prikazane su vrijednosti konstante brzine reakcije otpuštanja vode iz zrna do konstantne vlažnosti za sve istraživane sorte.

Tablica 6. Vrijednosti konstante brzine reakcije otpuštanja vode (k) iz zrna do konstantne vlažnosti (11%) istraživanih sorata na tri temperature sušenja

Koeficijent otpuštanja vode iz zrna, k					
Temperatura sušenja	CRNA-JOKER	ZVOLEN	ŠAMPIONKA	ZLATNA GRANA	VENDELIJA
50	0,140	0,132	0,132	0,397	0,139
60	0,169	0,139	0,159	0,505	0,177
70	0,179	0,172	0,177	0,517	0,211
Srednja vrijednost	0,157	0,147	0,156	0,473	0,177

Prema rezultatima iz tablice 6. uočava se povećanjem temperature zraka značajno se povećava brzina otpuštanja vode iz zrna. Iz navedenog može se utvrditi kako se sorte zobi različito ponašaju prilikom sušenja, u ovisnosti o temperaturi sušenja.

Koeficijenti otpuštanja vode iz zrna pokazali su da je najveća koeficijent utvrđen kod sorte Zlatna grana i iznosi 0,473, a najmanji kod sorta Zvolen gdje je koeficijent iznosio 0,147.

Sukladno navedenoj tablici (tablica 6) može se zaključiti da konstanta otpuštanja vode iz zrna (k) značajno raste s porastom temperature zraka, odnosno vrijeme sušenja je značajno kraće porastom temperature te da je različit za svaku istraživanu sortu.

5.3. Energija aktivacije kod zobi

Izračunom vrijednosti energije aktivacije može su utvrditi potrebna energija koja se mora dovesti u zrno putem termičkog postupka konvekcijskim sušenjem u svrhu poticanja molekula vode da međusobno reagiraju, odnosno kako bi započeo postupak sušenja. Naime, što je energija aktivacije veća reakcija je sporija, odnosno sušenje je sporije. Energija aktivacije u izravnoj vezi s brzinom otpuštanja vode iz zrna što je vidljivo i u ovome istraživanju.

Iz dobivenih rezultata u tablici 7. može se utvrditi da ne postoje signifikantne razlike i da je veću energiju aktivacije potrebnu za pokretanje procesa otpuštanja vode iz zrna imala sorta Zvolen (13,627 kJ/mol), dok je najmanju energiju aktivacije imala sorta Zlatna grana (12,235 kJ/mol).

Tablica 7. Srednje vrijednosti energije aktivacije svih istraživanih hibrida

Sorta	CRNA-JOKER	ZVOLEN	ŠAMPIONKA	ZLATNA GRANA	VENDELIJA
Energija aktivacije (kJ/kg)	13,418	13,627	13,286	12,235	12,893

5.4. Sadržaj pepela

Udio pepela određivao se temeljem spaljivanja pripremljenih uzoraka poznate mase, te vaganjem sagorenih ostataka. Prilikom pokusa, zapravo sagorijeva organski dio, a ostaje mineralna tvar, koja predstavlja anorganski dio nakon sagorijevanja uzorka.

S najmanjim sadržajem pepela istaknula se crna zob Joker (2,9%), dok je najveći postotak imala sorta Šampionka (4,7%). Vrijednosti dobivenog pepela nešto su veće od onih dobivenih u istraživanjima Wang i suradnika (2007) koji iznose oko 2% što se može pripisati klimatskim uvjetima, različitim uvjetima tla te samoj sorti.

Zanimljivo je da termičkom doradom sadržaj pepela kod sorata Joker i Zvolen raste dok kod ostalih postotak pada (Tablica 8).

Tablica 8.: Sadržaj pepela prije i nakon rehidracije

SORTA	PEPEO PRIRODNOG UZORKA (%)	TEMPERATURA SUŠENJA (˚C)	PEPEO (%)
CRNA-JOKER	2,90	70	3,49
		60	3,21
		50	3,52
ZVOLEN	3,64	70	3,70
		60	3,71
		50	4,03
ŠAMPIONKA	4,65	70	3,64
		60	3,89
		50	3,34
ZLATNA GRANA	4,18	70	3,56
		60	3,32
		50	3,41
VENDELIJA	3,44	70	3,09
		60	2,40
		50	2,94

5.5. Sadržaj masti

Prije rehidracije najveću količinu masti imala je ozima sorta Joker i iznosila je 9,53%, dok su se jare kulture kretale ok 7-8% masti. Nakon provedenog istraživanja vidljivo je kako se količina masti ne mijenja pod utjecajem sušenja na različitim temperaturama. Pedrotti i Ritz navode također sadržaj masti od 7%, dok Wang i suradnici spominju i 9%, tako da su istraživanju u skladu sa literaturnim izvorima.

No u odnosu na količinu masti prije, nakon termičke dorade količina masti se drastično smanjuje, a ponajviše kod jarih sorata Zvolen i Vendelije (Tablica 7).

Tablica 9.: Sadržaj masti prije i nakon rehidracije

SORTA	MAST PRIRODNOG UZORKA (%)	TEMPERATURA SUŠENJA (˚C)	MAST (%)
CRNA-JOKER	9,53	70	6,02
		60	5,96
		50	5,45
ZVOLEN	7,31	70	3,11
		60	3,65
		50	3,19
ŠAMPIONKA	8,03	70	6,02
		60	7,64
		50	6,55
ZLATNA GRANA	8,62	70	7,55
		60	4,75
		50	4,16
VENDELIJA	7,10	70	4,05
		60	3,99
		50	3,59

5.6. Sadržaj škroba

Dobiveni rezultati pokazuju kako najveću količinu škroba sadrži jara sorta Vendelija, ali i ostale sorte sadrže podosta škroba, što se očituje u energetskoj i nutritivnoj vrijednosti zobi (Tablica 8).

Tablica 10.: Sadržaj škroba nakon termičke dorade konvekcijskim sušenjem

SORTA	TEMPERTURA	ŠKROB
CRNA-JOKER	70	3,02
	60	3,35
	50	3,58
ZVOLEN	70	3,47
	60	3,29
	50	3,69
ŠAMPIONKA	70	3,82
	60	3,92
	50	3,49
ZLATNA GRANA	70	0,43
	60	0,36
	50	0,33
VENDELIJA	70	4,38
	60	3,54
	50	6,28

6. ZAKLJUČAK

Zob je žitarica koja u posljednjih nekoliko godina, postaje vrlo bitna u svijetu hrane, u prehrani ljudi. Iznova se vraća sve veći broj proizvođača te kulture, zbog visokih energetskih i nutritivnih vrijednosti zrna te kulture.

Temeljem dobivenih rezultata analize zrna zobi pet sorata: Joker, Zvolen, Šampionke, Zlatne grane, Vendelije može se zaključiti sljedeće:

1. Početna vlažnost pokazala je kako ozima sorta Joker sadrži najmanju količinu vlage, svega 11,64 %, dok jara sorta Vendelija sadržavala najveću količinu vlage 14,05 % naspram svih ostalih sorata.
2. Najveću energiju potrebnu za pokretanje procesa otpuštanja vode iz zrna ima zrno sorte Zvolen, a najmanju zrna sorte Zlatna grana. Energija aktivacije je obrnuto proporcionalna s brzinom otpuštanja vode iz sjemenki što je vidljivo i u ovom radu.
3. Sadržaj pepela u zrnu istraživanih sorata prije rehidracije kretao se od 2,90 % (Joker) do 4,65 %(Šampionka), a nakon rehidracije ovisno o temperaturi sušenja kretao se od 4,03 % (Zvolen) do 2,40 % (Vendalija)
4. Količina masti najveća je bila kod ozime sorte Joker, te je iznosila 9,53 %, najmanji udio imala je jara sorta Vendelija sa 7,10 % prije rehidracije. Udio masti se smanjio nakon rehidracije i termičkog postupka te se kretao ovisno o temperaturi od 3,11 % (Zvolen) do 7,64 % (Šampionka). U odnosu na količinu masti prije, nakon termičke dorade količina masti se drastično smanjuje, a ponajviše kod jare sorte Zvolen i Vendelije
5. Najveću količinu škroba, nakon konvekcijskog sušenja, sadrži jara sorta Vendelija 6,88 % i to prilikom sušenja na temperaturi od 50 °C , dok najmanju količinu ima jara sorta Zlatna grana 0,33 %.

Završenim istraživanjem utvrdilo se da se crna zob ozime sorte Joker u većini dobivenih rezultata ne razlikuje značajno od zobi jarih sorata Zvolen, Šampionke, Zlatne grane i Vendelije. Također je utvrđeno da je zob vrlo iznimna i kvalitetna žitarica, visoke nutritivne vrijednosti

7. LITERATURA

1. Aman, P., Hesselman, K., (1984): Analysis of starch and other main constituents of cereal-grains, Swedish Jurnal of Agriculturalresearch, 14 (1984), 135-139.
2. Arendt, E. K., Zannini, E., (2013): Oats; Cereal Grains for the Food and Beverage Industries, A volume in Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition, Pages 243–282.
3. Bala, B.K. (1997): Drying and Storage of Ceral Grains, Science Publisher, New Hampshire, SAD.
4. Bryngelsson, S., Dimberg, L. H., and Kamal-Eldin, A., (2002): Effects of commercial processing on levels of antioxidants in oats (Avena sativa L.). Jurnal of Agricultural and Food Chemistry, 50(7), 1890-1896.
5. CEN/TS 14774-2:2004 (2004). Solid biofules- Methods for the determination of moisture content. European Committee for Standardization.
6. CEN/TS 14775:2004 (2004). Solid biofuels. Method for the determination of ash content. European Committee for Standardization.
7. Evers, T., Millar, S., (2002): Cereal grain structure ans development: Some implications for quality, Journal of Cereal Science, 261-284.
8. Feruzzi, M., Gonzalez, T., Jackson, E., Menon, R., Watson, J., Winderl, D., (2015/2016): Chapter One – Oats—From Farm to Fork.
9. Gagro, M., (1997): Žitarice i zrnate mahunarke, Prosvjeta d.d. Bjelovar.
10. Gračan, R., Todorić, I., (1990): Specijalno ratarstvo, Školska knjiga, Zagreb.
11. Grubor, M., (2014) : Utjecaj različitih načina sušenja na sastav gljive bukovače (Pleurotus ostreatus), Agronomski fakultet u Zagrebu.
12. Henderson, S.M., Pabis, S. (1961): Graindrying theory: I Temperature effect on drying coefficient, Journal of Agricultural Engineers Research 6 (3): 169-174.
13. Hoover, R., Asanthan, V.T., (1992): Studies on isolation and characterization of starch from oat (Avena Nuda) grains, Carbohydrate Polymers, 19 (1992), pp. 285–297.
14. HRN ISO 6492:2011 (2011). Solid biofuels- Determination of fat content. European Committee for Standardization.
15. HRN ISO 6493:2001 (2001). Determination of starch content – Polarimetric method. European Committee for Standardization.
16. Katic, Z. (1997): Sušenje i sušare u poljoprivredi, Multigraf, Zagreb.
17. Kent, N. L., Evers, A. D., (1994): Kent’s Technology of Cereals.

18. Kenton, L., (2013): SNAGA SIROVE HRANE, Sve o energiji i hranjivim tvrima koje sadržava sirova hrana i činjenice o kombiniranju namjernica, Mozaik.
19. Klaić, Ž., Hrgović, S., (2005): Zob, Hrvatski zavod za poljoprivrednu savjetodavnu službu, Zagreb.
20. Kolak, I., (1994): Sjemenarstvo ratarskih i krmnih kultura, Zagreb.
21. Krička, T., (1993): Utjecaj performiranja pšena kukuruza na brzinu sušenja konvekcijom, Doktorska disertacija, Agronomski fakulet, Zagreb.
22. Krička, T., Pliestić, S. (1994): Promjene brzine sušenja zrna kukuruza u zavisnosti o hibridu, Agronomski glasnik, 57(5/6): 449-459.
23. Krička, T., Pliestić, S. (1997): Utjecaj povišene vlažnosti na brzinu sušenja, dinamička svojstva i fluidizaciju sjemenki suncokreta, Savjetovanje tehnologa sušenja i skladištenja Zrnko "97" 1-17.
24. Krička, T.; Jukić, Ž.; Voća N., Sigfild, N.; Zanuškar, J.;Voća, S. (2003): Nutritional characteristics of soybean after thermal processing by toasting, Acta Veterinaria 53: 191-197.
25. Krička, T., Kiš, D., Matin, A., Brlek, t., Bilandžia, N., (2012): Tehnologija mlinarstva, Poljoprivredni fakulet u Osijeku i Agronomski fakultet u Zagrebu.
26. Mandekić, V., (1918): Naše žitarice. Knjiga II. Posebni dio, Društvo sv. Jeronima, Zagreb.
27. Martinčić, J., i Kozumplik, V., (1996): Oplemenjivanje bilja, I Teorija i metoda II Ratarske kulture, Poljoprivredni fakulet u Osijeku i Agronomski fakultet u Zagrebu.
28. Martins, J.H., Stroshine, R.L. (1987): Difference in drying Efficiencies Among corn hybrids dried in a high temperatrue column natch dryer, ASAE Paper No 87, St Joseph, SAD.
29. Marušić, R., (1984): Ljekovitim biljem do zdravlja, Mladost.
30. Matin, A. (2012): Kvalitativne promjene lješnjaka u procesu kondukcijskog sušenja, Doktorski rad, Zagreb.
31. Niketić-Aleksić, G. (1988): Tehnologija voća i povrća, Naučna knjiga, Poljoprivredni fakultet, Beograd.
32. Pedrotti, W., (2007): Žitarice, Svojstva, primjena i djelovanje, Trsat.
33. Pliestic, S. (1989): Komparativna analiza oštećivanja različitih hibrida kukuruza dinamičkim opterećivanjem, Magistarski rad, Fakultet poljoprivrednih znanosti, Zagreb.

34. Pliestic, S. (1995): Zavisnost pocetka fluidizacije kukuruznog zrna hibrida Bc492 o vlazi zrna i brzini zraka tijekom procesa sušenja, Poljoprivredna znanstvena smotra, 60(1) 5-26 Agronomski fakultet Sveucilišta u Zagreb.
35. Pospišil, A. (2010): Ratarstvo I. dio. Zrinski d.d. Čakovec, sveučilišni udžbenik
36. Ritz, J. (1988): Osnovi uskladištenja ratarskih proizvoda, Fakultet poljoprivrednih znanosti, Sveučilište u Zagrebu.
37. Sayer, S. and White, P. J. (2011): Oat starch: physicochemical properties and function, Webster, F. H. And Wood, P. J. (eds) OATS: Chemistry and Technology. AACC International 109-122.
38. Tomas, S., (2000): Sušenje, apsorpcija, Prehrambeno tehnološki fakultet Osijek, Osijek.
39. Tsopmo, A., (2015): Processing Oats and Bioactive Components, Processing and Impact on Active Components in Food 2015, Pages 361–368.
40. USDA. (2015). World Agricultural Production—USDA—Foreign Agricultural Service—Circular series WAP 7-15, July 2015. USDA.
41. Voća, N. (2007): Utjecaj uparavanja na fizikalno-kemijska svojstva zrna kukuruza u procesu proizvodnje etanola, Doktorska disertacija, Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
42. Vukadinović V., Lončarić Z.,(1997). Ishrana bilja , Poljoprivredni fakultet Osijek.
43. Zade, A., (1918): Der Hafer, JenaVerlg Von Gustav Ficher.
44. Zhou, M. X., Robards, K., Glennie-Holmes, M. Helliwell, S., (1999): Oat Lipids, Journal of the American Oil Chemists Society, 76 (1999), pp. 159–169.
45. Zimmer, R., Košutić, S., Zimmer, D., (2009.): Poljoprivredna tehnika u ratarstvu, Poljoprivredni fakultet u Osijeku.
46. Wang, R., Koutinas, A. A., Campbell, G.M., (2007): Dry processing of oats – Application of dry milling, Journal of Food Engineering 82, 559–567.

Internet stranice:

http://advent.hr/namirnice/zob-45/

http://advent.hr/proizvodni-procesi/kako-nastaju-zitne-pahuljice-47/

http://www.agr.unizg.hr/smotra/pdf/acs65_17.pdf

http://www.agroklub.com/sortna-lista/zitarice/zob-93/

https://bib.irb.hr/prikazi-rad?&rad=326167

http://digured.srce.hr/arhiva/136/710/www.hzpss.hr/pdf/ratarstvo/zob.pdf%3fPHPSESSID=fac68d1fde91326e537fe35f40a98460

http://www.dzs.hr/Hrv/DBHomepages/Poljoprivreda/Poljoprivreda.htm

https://www.femina.hr/clanak/index/r/13/c/2743/se/carstvo-uzitaka_blagodati-zobi-i-zobenog-mlijeka-za-zdravlje

http://www.mlinostroj.si/si/silosi-in-susilnice.html

http://www.poslovni-savjetnik.com/aktualno/oatly-proizvodi-od-zobi-u-novim-atraktivnim-pakiranjima

http://www.prakticanzivot.com/zob-svako-jutro-1833

http://pinova.hr/hr_HR/baza-znanja/ratarstvo/zob/jara-zob

http://pinova.hr/hr_HR/baza-znanja/ratarstvo/zob/morfologija-zobi

http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780857094131500073

8. ŽIVOTOPIS

Iva Pankretić, rođena je 15. Ožujka 1993. Godine u Zagrebu. Nakon završetka osnovne škole, upisuje ekonomsku školu u Vrbovcu koju završava 2010.. Te iste godine upisuje preddiplomski studij Poljoprivredna tehnika na Agronomskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu. Preddiplomski studij je završila 2014. Godine, a zatim upisuje diplomski studij Poljoprivredna tehmika – Melioracije na Agronomskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu.