Utjecaj uparavanja na poboljšanje sastava pšenice i tritikale

Ostroški, Natalija

Master's thesis / Diplomski rad

2018

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:204:931493

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**



Repository / Repozitorij:

Repository Faculty of Agriculture University of Zagreb







SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

AGRONOMSKI FAKULTET

UTJECAJ UPARAVANJA NA POBOLJŠANJE SASTAVA PŠENICE I TRITIKALE

DIPLOMSKI RAD

Natalija Ostroški

Zagreb, rujan, 2018

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

AGRONOMSKI FAKULTET

Diplomski studij:
Poljoprivredna tehnika-Mehanizacija

UTJECAJ UPARAVANJA NA POBOLJŠANJE SASTAVA PŠENICE I TRITIKALE

DIPLOMSKI RAD

Natalija Ostroški

Mentor: doc. dr. sc. Ana Matin

Zagreb, rujan, 2018

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

AGRONOMSKI FAKULTET

IZJAVA STUDENTA

O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Ja, **Natalija Ostroški**, JMBAG 0178094857, rođena dana 21.11.1990. u Zagrebu, izjavljujem da sam samostalno izradila/izradio diplomski rad pod naslovom:

UTJECAJ UPARAVANJA NA POBOLJŠANJE SASTAVA PŠENICE I TRITIKALE

Svojim potpisom jamčim:

- da sam jedina autorica/jedini autor ovoga diplomskog rada;
- da su svi korišteni izvori literature, kako objavljeni tako i neobjavljeni, adekvatno citirani ili parafrazirani, te popisani u literaturi na kraju rada;
- da ovaj diplomski rad ne sadrži dijelove radova predanih na Agronomskom fakultetu ili drugim ustanovama visokog obrazovanja radi završetka sveučilišnog ili stručnog studija;
- da je elektronička verzija ovoga diplomskog rada identična tiskanoj koju je odobrio mentor;
- da sam upoznata/upoznat s odredbama Etičkog kodeksa Sveučilišta u Zagrebu (Čl. 19).

U Zagrebu, dana _____ _____

Potpis studenta / studentice

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

AGRONOMSKI FAKULTET

IZVJEŠĆE

O OCJENI I OBRANI DIPLOMSKOG RADA

Diplomski rad studenta/ice **Natalija Ostroški**, JMBAG 0178094857, naslova

UTJECAJ UPARAVANJA NA POBOLJŠANJE SASTAVA PŠENICE I TRITIKALE

obranjen je i ocijenjen ocjenom _____ , dana _____ .

Povjerenstvo: potpisi:

1. doc. dr. sc. Ana Matin mentor _____
2. prof. dr. sc. Tajana Krička član _____
3. doc. dr. sc. Goran Kiš član _____

ZAHVALA

Zahvaljujem svojoj mentorici doc.dr.sc. Ani Matin na strpljenju, razumijevanju, pomoći i vodstvu prilikom izrade diplomskog rada.

Želim zahvaliti povjerenstvu kojeg čini prof. dr. sc. Tajana Krička i doc. dr. sc. Goran Kiš na izdvojenom vremenu i savjetima.

Hvala asistentima Mateji Grubor, mag. ing. agr., Mislavu Kontek, mag. ing. agr. i Anamariji Peter, mag. ing. agr. na društvu, velikoj pomoći i susretljivosti pri izvedbi laboratorijskih istraživanja.

Također zahvaljujem svojoj obitelji, koja mi je pružala podršku za vrijeme cjelokupnog studiranja.

Hvala svim prijateljima, kolegama i divnim ljudima na lijepim trenucima tijekom studiranja.

Hvala Vam svima!

Sažetak

Žitarice se koriste za prehranu ljudi i hranidbu životinja još od davnina. Danas su najvažnije ratarske kulture u poljoprivrednoj proizvodnji na čitavom svijetu.

Pšenica (*Triticum aestivum L*) i tritikale (*Triticosecale ssp.*) su jednogodišnje žitarice iz porodice trava. Pšenica se smatra jednom od najstarijih kulturnih biljaka, dok je tritikale nastala u 19. stoljeću križanjem pšenice i raži, iz čega je izveden njen drugi naziv „pšenoraž". Obje kulture imaju ozimi i jari oblik.

U posliježetvnoj tehnologiji žitarica važno je dobro doraditi i uskladištiti zrno, kako bi zadržalo kvalitetu do uporabe. U postupku dorade zrna najznačajnija je termička dorada sušenjem, koja snižava vlažnost zrna i time mu produljuje upotrebnu vrijednost. Prilikom prerade zrna u svrhu prehrane ljudi i hranidbe životinja, koristi se hidrotermički postupak uparavanja tzv. „cooking". Uparavanje je tehnološki postupak tretiranja zrna s ciljem želatinizacije škroba, odnosno za poboljšanje nutritivnih svojstava i bolju probavljivost zrna.

Ovaj rad prikazuje rezultate promjene u nutritivnim svojstvima zrna na pšenicama dviju sorti, Kraljica i Srpanjka, te na dviju sorti tritikale, Goran i Ranko. Prikupljenim uzorcima odredit će se kemijski sastav prije i nakon postupka obrade. Postupak obrade zrna obuhvaća konvekcijsko sušenje na tri temperature (50°C, 60°C i 70°C), kao i postupak uparavanja u periodu od 10 i 15 minuta pri tlaku od 0,5 bara nakon čega slijedi ponovno sušenje na tri već spomenute temperature. Nakon provedenih tretmana svakom uzorku je određen udio vlage, pepela, sirovih masti i škroba.

Ključne riječi: pšenica, tritikale, sušenje, uparavanje, cooking, nutritivna svojstva

Abstract / Summary

Since the ancient times, grain has been used for human consumption and feeding of animals. Nowadays grain is the most important crops of agricultural production in the whole world. Wheat (*Triticum aestivum L*) and triticale (*Triticosecale spp*.) are annual crops of the grass family. Wheat is considered to be one of the oldest cultural plants, while triticale was created in the 19th century by crossing wheat and rye. Both cultures have winter and spring form.

In post-harvest grain technology, it is important to process and store grain in order to retain quality till the usage. In the grain processing, the most important is heat treatment by drying, which reduces the humidity of the grain and thereby extends its usefulness. When processing grains for the purpose of human consumption and feeding of animals, a hydrotermatic process of steaming has been used or so-called "Cooking". Steaming is the technological process of grain treatment with the aim of starch's gelatinization and to improve nutritional properties with better digestibility of grains.

This paper presents the results of changes in the nutritional properties of wheat grain of two varieties, Kraljica and Srpanjka, and on two varieties of triticale, Goran and Ranko. Collected samples will determine the chemical composition prior to and after processing. The process of grain treatment involves convection drying at three temperatures (50°C, 60°C and 70°C) as well as steaming process for a period of 10 and 15 minutes at a pressure of 0.5 bar followed by drying again on the three previously mentioned temperatures. After conducted treatment, each sample is determined by the moisture content, ash content, crude fat and starch content.

Keywords: wheat, triticale, drying, steaming, nutritional values

SADRŽAJ

1. UVOD **1**

2. CILJ DIPLOMSKOG RADA **4**

3. PŠENICA (*TRITICUM AESTIVUM L.*) **5**

3.1. PODRIJETLO I SISTEMATIKA PŠENICE 5
3.2. MORFOLOGIJA I BIOLOŠKA SVOJSTVA PŠENICE 6
3.3. KEMIJSKI SASTAV ZRNA PŠENICE 8

4. TRITIKALE (*TRITICALE MIINTZING, X TRITICOSECALE WITTMACK EX CAMUS*) **9**

4.1. PODRIJETLO I SISTEMATIKA TRITIKALE 9
4.2. MORFOLOGIJA I BIOLOŠKA SVOJSTVA TRITIKALE 10

5. TERMIČKI POSTUPCI DORADE **11**

5.1. SUŠENJE 11
5.1.1. Konvekcijsko sušenje *14*
5.2. HIDROTERMIČKA DORADA 14
5.2.1. Postupak uparavanja *15*

6. MATERIJALI I METODE ISTRAŽIVANJA **16**

6.1. UZORCI NA KOJIMA JE PROVEDENO ISTRAŽIVANJE 16
6.2. REHIDRACIJA UZORKA 17
6.3. ODREĐIVANJE SADRŽAJA VLAGE 18
6.4. ODREĐIVANJE SADRŽAJA PEPELA 19
6.5. ODREĐIVANJE UDJELA MASTI 20
6.6. ODREĐIVANJE SADRŽAJA ŠKROBA 21
6.7. PRILAGOĐENA METODA UPARAVANJA ("COOKING" METODA) 22
6.8. LABORATORIJSKO SUŠENJE 24

7. REZULTATI ISTRAŽIVANJA I RASPRAVA **26**

7.1. ODREĐIVANJE VLAGE 26
7.2. SUŠENJE UZORAKA 27
7.3. KONSTANTA OTPUŠTANJA VODE 31
7.4. ENERGIJA AKTIVACIJE 32
7.5. SADRŽAJ PEPELA 33
7.6. SADRŽAJ MASTI 34
7.7. SADRŽAJ ŠKROBA 35

8. ZAKLJUČAK **36**

9. LITERATURA **37**

9.1. KNJIGE I ČASOPISI: 37
9.2. INTERNETSKI IZVORI: 40
9.3. POPIS SLIKA, TABLICA I DIJAGRAMA 41

10. ŽIVOTOPIS **43**

1. UVOD

U ukupnoj biljnoj proizvodnji u Republici Hrvatskoj udio proizvodnje žitarica zauzima najvažnije mjesto. Ukupno obradivo poljoprivredno zemljište prostire se na 1.5 milijuna hektara. Od toga se pod žitaricama nalazi oko 70% površina. Žitarice se u Hrvatskoj proizvode na prosječno 461 483 hektara. Ukupna proizvodnja oko 2,7 milijuna tona (Krička i sur., 2012.). Pšenica je najvažnija kultura za proizvodnju kruha, te osnovne ljudske životne namirnice, a koristi je više od polovine stanovništva (Pruckov, 1972. cit. Martinčići i sur., 1996.).

Pšenica potječe iz Starog svijeta, Azije i južne Europe, odakle je proširena u ostali dio svijeta. Pšenica je jedna od najstarijih kulturnih biljaka. U Novom svijetu, Americi i Australiji, nije bila poznata sve do njihovog otkrića. Smatra se da se uzgaja već 10 000 godina, a neki istraživači smatraju i 50 000 godina. Pšenica je kultura hladnijeg podneblja, ali je raširena i u drugim klimatskim područjima. Pšenica se najvećim dijelom uzgaja od 30° do 60° s.g.š. i od 27° do 40° j.g.š., ali se može uzgajati i izvan tih granica. Tako se na sjevernoj polutki može uzgajati sve do ekvatora i to ako se uzgaja na većim nadmorskim visinama (Pospišil, 2010.).

Prva križanja između pšenice i raži obavljena su u Škotskoj 1876. godine, a u Njemačkoj Rimpah 1890. godine obavlja ista križanja da bi dobio fertilne forme (Weipert, 1895. cit. Martinčići i sur., 1996.). Upornim radom švedskih, poljskih i ruskih znanstvenika stvoreni su pšenično-raženi hibridi *Triticale* ili *Triticosecale ssp.* Triticale je nova poljodjelska kultura koja prema Weipertu (1985.) ima više pozitivnih svojstava kao što su otpornost na visoke temperature, sigurni visoki prinos zrna, skromne agrotehničke zahtjeve, vrlo dobru adaptibilnost, dobru otpornost na bolesti (naročito lista i vlati), visoki sadržaj bjelančevina (16-22%), dobar aminokiselinski sastav naročito lizina, pantotenske kiseline, vitamina B6 i vitamina E. Od negativnih svojstava postoji problem neispunjenosti zrna, smanjena hektolitarska težina i smanjena masa 1000 zrna (Martinčići i sur., 1996.). Kultivari triticale upotrebljavaju se kao hrana za životinje u obliku zelene krme i zrno prvenstveno zbog visokog sadržaja lizina naročito u prvom slučaju ishrane i za prehranu ljudi kao zamjena za kruh koji se priprema miješanjem pšeničnog i raženog brašna. Priprema kruha iz brašna triticale obavlja se s poteškoćama (Weipert, 1985. cit. Martinčići i sur., 1996.). Osnovni zadatak sušenja je odvajanje suvišne vode iz zrna, a da se pri tome sačuva njegova kakvoća (klijavost ili prehrambena vrijednost). Osim očuvanja kakvoće proizvoda, proces sušenja mora biti ekonomičan, a učinak sušare što veći. Sušiti se može okolnim nezagrijanim zrakom (ventiliranjem) te zagrijanim, toplim ili vručim zrakom (Katić, 1997. cit. Voća i sur., 2007.).

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 (Kolak, 1994). Sušenje je preduvjet za pravilnu doradu sjemena i skladištenje. Uskladištavanje ili čuvanje žitarica predstavlja krajnji ili završni zahvat u cijelokupnom procesu proizvodnje. To je složeni posao koji zahtijeva velika materijalna i tehnička sredstva, pa je za obavljanje ove odgovorne zadaće od velike važnosti od velike važnosti poznavati znanstvene osnovice svih promjena koje s odigravaju u vrijeme uskladištavanja tih proizvoda (Ritz, 1997.).

Prema FAOSTAT podacima iz 2016. godine pšenica se uzgaja na više od 220 milijuna hektara u 124 zemlje sa prosječnim prinosom zrna od 3,4 t/ha. Iz iste godine podaci o triticale nam govor da se na svijetu uzgaja na preko 4 milijuna hektara u 40 zemalja, a prosječan prinos je 3,6 t/ha. Najveći proizvođač pšenice na svijetu je Kina sa proizvodnjom više od 130 milijuna tona u 2016. godini što je više od 17% svjetske proizvodnje. Dok se tritikale u svijetu proizvede oko 15 milijuna tona zrna. Najveći proizvođač tritikalea je Poljska s proizvedenih 5 milijuna tona u 2016. godini što je više od 30% svjetske proizvodnje. Slijede Njemačka s proizvedenih 2,3 milijuna tona te Bjelorusija sa 1,6 milijuna tona. Najveći prinos pšenice po hektaru u 2016. godini ima Irska sa čak 9,54 t/ha, dok je na drugom mjestu Novi Zeland sa 9,19 t/ha. Podaci o tritikali iz 2016. godine pokazuju da je Chile ima najveći prinos od 6,06 t/ha, Njemačka je odma iza sa 6,05 t/ha, te Austrija sa 5,87 t/ha. Najviše površine zasijane pšenicom u 2016. godini ima Indija, više od 30 milijuna hektara (FAOSTAT, 2016.).

U strukturi Hrvatske proizvodnje žitarica dominantno mjesto ima kukuruz. U razdoblju od 2012. do 2016. godine u ukupnoj proizvodnji žitarica, iskazano količinski, kukuruz čini udio od 59,7 %, slijedi pšenica s udjelom od 28,7 %, ječam sa 7,0%, zob s 2,4 %, pšenoraž s 2,0 % te raž s 0,1% i ostale žitarice s 0,1 %. U 2017. godini na žetvenoj površini od 461.483 ha, proizvedeno je ukupno 2.648.001 t žitarica s prosječnim prirodom po hektaru od 5,7 t. (Izvor: http://www.mps.hr/hr/poljoprivreda-i-ruralni-razvoj/poljoprivreda/ratarstvo)

Prikazano je razdoblje od 2006. do 2016.godine u Hrvatskoj proizvodnji pšenice (Tablica 1.) i tritikale (Tablica 2.), te njihov poredak na svjetskoj listi u 2016. godini. U desetogodišnjem razdoblju najviše priroda po hektru pšenica ima u 2016. godini sa 5,71 t/ha, a tritikale u 2006. godini čak 4,58 t/ha. Pšenica je po prinosu t/ha u 2016. godini 18-ta na svijetu, a tritikale 15-ta. Po proizvodnji u tonama triticale je 19-ta na svijetu sa 81 393 tone u 2016. godini, a pšenica 52. sa 960 081 tona, što je skoro 40 000 tona manje nego 2012. godine.

Tablica 1.: Proizvodnja pšenice i poredak u svjetskoj proizvodnji (Izvor: www.factfish.com)

Pšenica

Godina	Proizvodnja (t)	Zasijana površina (ha)	Prinos (t/ha)
2016	960 081	168 029	5,71
2015	758 638	140 986	5,38
2014	648 917	156 139	4,16
2013	998 940	204 506	4,88
2012	999 681	186 949	5,35
2011	782 499	149 797	5,22
2010	681 017	168 507	4,04
2009	936 076	180 376	5,19
2008	858 333	156 536	5,48
2007	812 347	175 045	4,64
2006	804 601	175 551	4,58
Poredak na svjetskoj listi	52	61	18

Tablica 2.: Proizvodnja tritikale i poredak u svjetskoj proizvodnji (Izvor: www.factfish.com)

Tritikale

Godina	Proizvodnja (t)	Zasijana površina (ha)	Prinos (t/ha)
2016	81 393	19 746	4,12
2015	54 595	13 972	3,91
2014	61 316	16 855	3,64
2013	47 855	14 087	3,40
2012	54 356	13 039	4,17
2011	35 149	9 951	3,53
2010	33 563	10 853	3,09
2009	12 585	3 087	4,08
2008	12 532	3 214	3,90
2007	9 546	2 705	3,53
2006	7 287	1 591	4,58
Poredak na svjetskoj listi	19	20	15

2. CILJ DIPLOMSKOG RADA

Cilj diplomskog rada je:

- Utvrditi promjene nutritivnih svojstava zrna pšenice (sorata: Kraljica i Srpanjka) i zrna tritikale (sorata: Ranko i Goran) nakon termičke dorade konvekcijskim sušenjem u laboratorijskoj sušnici na tri različite temperature: 50 °C, 60 °C i 70 °C, te konvekcijskog sušenja na istim temperaturama nakon postupka uparavanja od 10 i 15 minuta na 0,5 bara.
- Na sirovom i termički dorađenom zrnu utvrditi udio:
    - vode,
    - pepela,
    - škroba i
    - masti.
- Na temelju dobivenih vrijednosti otpuštanja vode iz zrna izraditi krivulje sušenja i izračunati energija aktivacije..

3. PŠENICA (*Triticum aestivum L.*)

3.1. Podrijetlo i sistematika pšenice

Pšenica (Slika 1) pripada najstarijim poznatim žitaricama na svijetu. Najvažniji je ratarski usjev, a uzgaja se na oko 23% obradivih površina u svijetu (Krička i sur., 2012.). Pšenica pripada redu *Poales*, porodici *Poaceae* (trave), potporodici *Pooideae* (klasaste trave), rodu *Triticum* (Dubravec, 1996.). Na osnovi kultiviranosti *Triticum* vrste podijeljne su na divlje, primitivne i prave kultivirane vrste (Pospišil, 2010.). Pšenica se dobro prilagođuje klimi i tlu, ima puno vrsta, odlika i kultivara (sorata), postoji ozima i jara pšenica. Jara pšenica ima znatno kraću vegetaciju od ozime pšenice, a otpornija je na sušu i visoke temperature, pa je prikladnija za uzgoj u sjevernim dijelovima, gdje vladaju takvi uvjeti. Jara pšenica uzgaja se na većim a ozima na manjim nadmorskim visinama (Gagro, 1997). U rodu pšenice ima petnaest vrsta. Od svih tih vrsta najveću važnost za proizvodnju imaju dvije vrste: obična pšenica (*Triticum vulgare*) i tvrda pšenica (*Triticum durum*). Većina naših kultivara (sorata) pripada običnoj pšenici, koja se još zove meka pšenica (Gagro, 1997.). Pšenica je osnovna hrana velikom dijelu stanovništva svijeta i najvažniji je izvor ugljikohidrata u većini zemalja umjerenog pojasa. Zrno pšenice sadrži malu količinu esencijalnih aminokiselina, osobito lizina, lako probavljivi škrob, bjelančevine, minerale, vitamine i masti. Gluten, izdvojen iz brašna pšenice, koristi se kao dodatak hrani za povećanje sadržaja bjelančevina. Zrno pšenice se koristi i za hranidbu stoke. Škrob pšenice se koristi i u industriji, ali u manjim količinama s obzirom da je škrob kukuruza i krumpira jeftiniji. Pšenica se koristi i u proizvodnji alkohola (Pospišil, 2010.).



Slika 1. Pšenica (Izvor: https://www.world-grain.com/-/media/D57B5653799F413281B83A26A2699ECA.ashx)

3.2. Morfologija i biološka svojstva pšenice

Korijen je pšenice žiličast, kao i u svih drugih žitarica, a sastoji se iz primarnog i sekundarnog korijenova sustava (Gagro, 1997.). Najveći dio korijenove mase nalazi se u oraničnom sloju do 30 cm dubine, a manji dio može prodrijeti i do 1,5-2 m što ovisi od dubini oraničnog sloja i njegovim fizikalnim osobinama (Pospišil, 2010.).

Pšenica ima dobro razvijen korijenov sustav, prodire više i u dubinu i u širinu pa tako zahvaća veći volumen tla iz kojega može crpiti veću količinu hranjiva i vode (Gagro, 1997.).

Stabljika pšenice sastavljena je od 5 - 7 nodija (koljence) i internodija (međukoljence, članak). Cilindrična je, člankovita i kod većine vrsta pšenica šuplja. Samo je kod nekih vrsta pšenice vršni članak ispunjen parenhimom (Pospišil, 2010.).

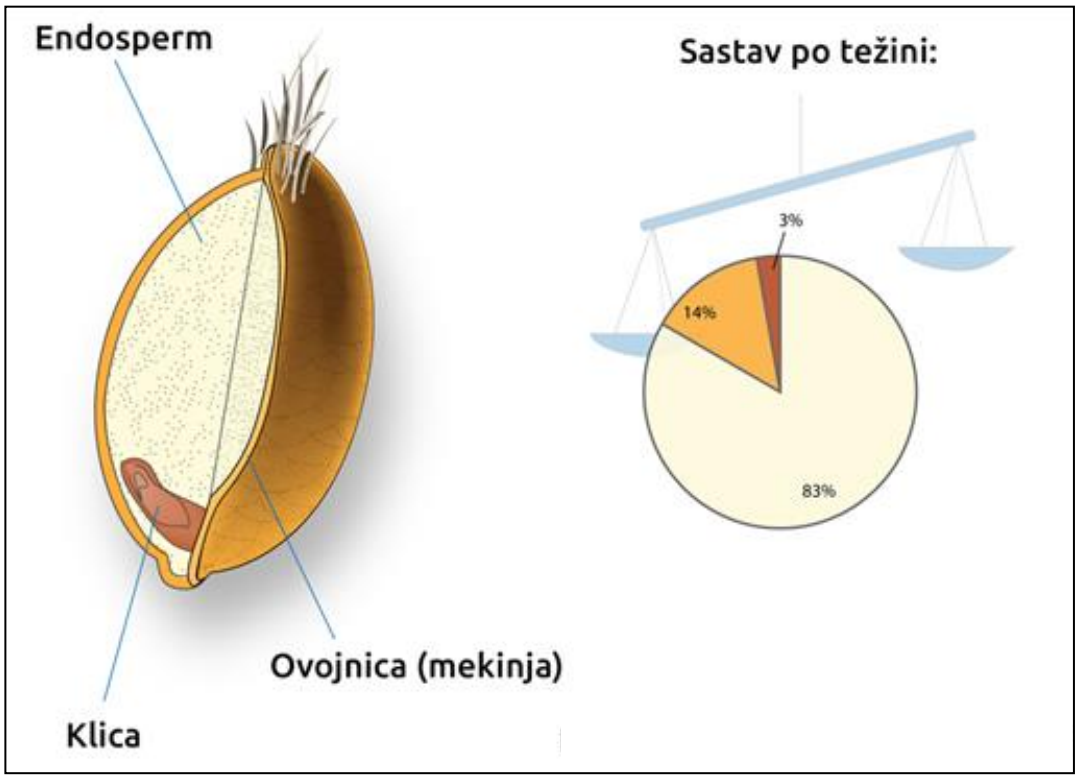
Visina je stabljike od 0,5 do 1,5 m (Gagro, 1997.).

Listovi se razvijaju na nodijima stabljike i raspoređeni su naizmjenično. List se sastoji od lisnog rukavca (usmina) i plojke (lamina). Na prelasku rukavca u plojku nalazi se mala slabo razvijena opna jezičac (ligula). Krajevi jezičca završavaju uškama koje su u većini slučajeva dlakave i slabo razvijene (Pospišil, 2010.).

Pšenica najčešće oblikuje 4 do 6 listova. Boja lisne plojke može biti različita, što ovisi o sortimentu. Duljina i širina lista povećava se od donjih prema gornjim listovima (Gagro, 1997.).

Cvjetovi pšenice skupljeni su u složeni cvat koji se zove klas. Glavna os cvati (klasno vreteno) člankovita je. Sastoji se iz kratkih nodija i internodija. Osnovni sastavni dijelovi klasa su klasići naizmjenično poredani na nodijima klasnog vretena (Pospišil, 2010.).

Klasića u klasu može biti od desetak do tridesetak. Pšenica je samooplodna, ali može doći i do izvjesnog postotka stranooplodnje, što ovisi o sortimentu i uvjetima uzgoja (Gagro, 1997.).



Slika 2. Zrno pšenice

(Izvor: https://advent.hr/upload/2014/01/zrnopsenice_52dea2b523761.jpg)

Plod pšenice je zrno ili pšeno (caryopsis) (Slika 2) koje može biti različite krupnoće (krupno, srednje i sitno), ovisno o vrsti i sorti. U klasu se obično razvije od 30 do 40 zrna. Masa je 1 000 zrna od 35 do 45 g, a hektolitarska od 60 do 84 kg.

Duljina je od 4,2 mm do 8,6 mm. Zrno se sastoji od omotača, klice (najmanji, ali biološki najvažniji dio, jer se u njoj nalaze svi budući organi biljke) te endosperma (čini najveći dio, oko 86% ukupne mase zrna, a u njemu su smještene pričuve hranjivih tvari) (Krička i sur., 2012.). Boja zrna može biti žutosmeđa do crvenkaste, oblik je uglavnom karakterističan, s izraženom brazdicom, izdužen, a veličina može znatno varirati i više je ovisna o uvjetima uzgoja i agrotehnici (Gagro, 1997.).

3.3. Kemijski sastav zrna pšenice

Osnovne tvari koje određuju hranjivu vrijednost zrna pšenice su bjelančevine i škrob. Druge tvari se u zrnu nalaze u manjoj količini i kao hraniva imaju manji značaj. Sadržaj bjelančevina u zrnu kreće od 12 - 15 % što ovisi o sorti, uvjetima uzgoja, gnojidbi te vremenskim prilikama tijekom vegetacije. Ugljikohidrati su najvažniji sastavni dio zrna pšenice. Ukupna količina tih tvari u zrnu može dostići 80 %. Škrob je zajedno s lako hidrolizirajućim ugljikohidratima glavna rezervna tvar sjemena. Količina škroba u zrnu pšenice može varirati od 49 do 73 % što ovisi o sorti i uvjetima uzgoja. Sadržaj masti u zrnu pšenice obično iznosi 1,5 - 3,2 %. Pepeo je u zrnu pšenice neravnomjerno raspoređen i najveći dio od ukupno 1,5 - 2,8 % nalazi se u perikarpu i aleuronskom sloju, dok ga u klici ima znatno manje. U zrnu pšenice na fosfor i kalij otpada 70 - 80 % ukupne količine elemenata pepela, a na magnezij 11 do 13 %. Kalcija, sumpora, klora, silicija i drugih elemenata ima znatno manje. U zrnu pšenice najviše ima vitamina B skupine. Pšenica je kao i ostale žitarice glavni izvor vitamina B1 u prehrani čovjeka. Vitamin B1 (tiamin) nalazi se u zrnu pšenice u količini od oko 0,52 mg/100 g. Vitamina B2 (riboflavina) ima oko 0,1 do 0,2 mg/100 g. Vitamina B6 (piridoksina) ima u čitavom zrnu prosječno 0,5 mg/100 g. Zrno pšenice sadrži još i vitamine E, A, niacin, pantotensku i folnu kiselinu, te biotin i kolin (Pospišil, 2010.).

Ozima pšenica sadrži manje bjelančevina od jare, meke manje od tvrde, brašnava manje od staklave. Pšenica iste sorte uzgajane na aridnim područjima sadrže više bjelančevina nego u vlažnima. Vitamina ima najviše u klici, a manje u drugim dijelovima zrna (Kingswood, 1994.; Ritz, 1997., cit. Krička, 2012.).

4. TRITIKALE (*Triticale Miintzing, x Triticosecale Wittmack ex Camus*)

4.1. Podrijetlo i sistematika tritikale

Tritikale spada u red *Poales*, porodicu *Poaceae*, potporodicu *Pooideae* (Ivančič, 2002., cit Pospišil, 2010.).

Tritikale je vrsta nastala križanjem pšenice (Triticum) i raži (Secale) te je i njeno ime izvedeno iz imena ova dva roda. Oplemenjivači su željeli u novu vrstu unijeti pozitivna svojstva pšenice (kvaliteta zrna za proizvodnju kruha, produktivnost, otpornost na bolesti) i raži (otpornost na niske temperature i vigor). Stvoreni su ozimi i jari tipovi tritikalea (Pospišil, 2010.).



Slika 3. Zrno tritikale

(Izvor: https://3n4qbf4aqlgosc02y1h7vs61-wpengine.netdna-ssl.com/wp-content/uploads/2013/01/grains-280x418.jpg)

4.2. Morfologija i biološka svojstva tritikale

Kao i ostale strne žitarice tritikale ima žiličast korijenov sistem. Tritikale ima 3 - 5 primarnih korjenčića, a u busanju se razvija sekundarni korijenov sistem. Korijenov sistem tritikalea je dobro razvijen što je povezano s njegovom otpornosti na sušu (Pospišil, 2010.).

Stabljika se visinom nalazi između pšenice i raži. Sastoji se od nodija i internodija. Stabljika je slabije čvrstoće u odnosu na pšenicu i sorte koje imaju višu stabljiku sklonije su polijeganju. Donji dio stabljike može, kao i kod raži, biti ljubičasto obojen zbog prisustva antocijana (Pospišil, 2010.).

List je izdužen, lancetast. Listovi tritikalea sporije odumiru u usporedbi s ostalim žitaricama, odnosno duže ostaju funkcionalni. To se odražava na duže trajanje faze formiranja i nalijevanja zrna te se povećava sadržaj bjelančevina u zrnu (Pospišil, 2010.).

Cvat tritikalea je klas sastavljen od klasnog vretena i klasića. Na svakom usjeku klasnog vretena nalazi se jedan klasić sa 4 do 8 cvjetova. Plodnih cvjetova je 3 - 4. Svaki klasić obavijen je s dvije pljeve koje su veće u odnosu na raž, a manje u odnosu na pšenicu. Cvjetovi su obavijeni sa dvije pljevice unutar kojih se nalaze dvije pljevičice, tučak i tri prašnika. Donja pljevica obično završava osjem dužine 4 do 10 cm. Tritikale je samooplodna kultura, a postotak stranooplodnje je 5 % (Pospišil, 2010.).

Plod tritikalea je zrno ili pšeno. Duže je od zrna pšenica, a boja je slična, različite nijanse svijetlo smeđe boje. Zrno, na bazi suhe tvari, sadrži 58 - 79 % škroba, 10 - 16 % bjelančevina, 1,4 - 2,1 % masti, 5,5 - 6 % šećera, 2 - 3 % vlakana, 1,8 do 2,2 % minerala (Pospišil, 2010.).

5. TERMIČKI POSTUPCI DORADE

Toplinska dorada je svaki postupak kojem se zrno izlaže određeno vrijeme utjecaju povišene temperature. Energija kojom se zrno grije može biti neposredno toplina prenesena s mjesta ili iz medija s povišenom temperaturom ili posredno toplina dobivena pretvorbom drugog oblika energije, npr. tlaka. U toplinsku doradu ubraja se: sušenje, prženje (tostiranje), unutarnje grijanje (zračenje infracrvenim ili mikrovalovima), tlačenje (suho ekstrudiranje, ekspandiranje, peletiranje, prešanje na valjcima), kao i združivanje pojednih postupaka (Katić i sur., 1995).

5.1. Sušenje

Sušenje je jedna od najstarijih metoda koja se koristi za čuvanje i konzerviranje hrane. Prirodno sušenje je proces uklanjanja vode sunčevim zračenjem i prirodnim strujanjem zraka i obično je ograničeno na odgovarajuća klimatska područja i neku hranu. Prisilno sušenje je sušenje pod kontroliranim mikroklimatskim uvjetima, a ponekad se naziva dehidracija. Također sušenje je moguće procesima kondukcije, konvekcije, isijavanjem i smrzavanjem. Mogućnosti primjene umjetnog sušenja su mnogo šire od prirodnog (Katić, 1997., cit. Krička i sur., 2017.).

Glavni zadatak sušenja je udaljiti upravo toliko vode iz proizvoda da je moguće njegovo dugotrajno skladištenje, bez negativnog utjecaja na kakvoću sušenog materijala (Ritz, 1997.).

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, 1988.; Krička, 1993.).

Prema načinu dovođenja topline materijalu koji se suši možemo razlikovati slijedeće metode sušenja:

- konvekcijsko sušenje, kod kojeg se materijal suši u doticaju sa strujom plina (najčešće zrakom),
- kondukcijsko ili kontaktno sušenje, kod kojeg se materijal suši u doticaju sa zagrijanom površinom,
- sušenje smrzavanjem, kod kojeg se materijal suši u zamrznutom stanju pod visokim vakuumom. Po načinu prijenosa topline ovo sušenje je analogno kontaktnom sušenju,
- radijacijsko sušenje, kod kojeg se materijal suši posredstvom polja visoke učestalosti (Tomas, 2000.).

Brzina i kakvoća sušenja zrna ovisi o samom načinu sušenja. Povišenjem temperature zraka, smanjuje se njegova vlažnost, pa povećana razlika parcijalnih tlakova između zrna i zraka pospješuje sušenje. Time na učinkovitost sušenja utječe toplinski intenzitet zraka, brzina strujanja i vlažnost zraka i konstrukcija sušare (Krička i Pliestić, 1994.).

Ritz (1997.) postupak sušenja zrakom dijeli na sušenje nezagrijanim zrakom i sušenje zagrijanim zrakom. Sušenje nezagrijanim zrakom obavlja se za manje količine materijala koji nije suviše vlažan. Propuhuje se u skladištima u kojima se proizvod već nalazi i to pomoću puhala kojim se zrak propuhuje kroz sloj materijala. Sušenje zagrijanim zrakom obavlja se u sušarama. One se koriste za sušenje većih količina materijala.

Zagrijavanje zraka za sušenje u sušarama provodi se na dva načina: neposredno i posredno. Pri neposrednom načinu zagrijavanja zraka okolni se zrak miješa s dimnim plinovima koji nastaju pri izgaranju goriva. Količinski odnos dimnih plinova u odnosu na ukupnu količinu zraka je malen, tako da se pri dobrom izgaranju goriva kakvoća mješavine bitno ne razlikuje od svježeg zraka.

Pri posrednom načinu zagrijavanja zrak se zagrijava u izmjenjivačima topline koji su grijani ili pomoću vodene pare ili plinovima iz goriva. Taj način zagrijavanja je skuplji, ali je kakvoća zagrijanog zraka ista kao i svježeg (Ritz, 1997.).

Kako se razvijala tehnologija, tijekom godina usavršeno je mnoštvo različitih postupaka sušenja, a neki od njih su: jednofazno, dvofazno i višefazno sušenje, stupnjevito sušenje, sušenje s više temperaturnih razina, sušenje s predgrijavanjem zrna i razne kombinacije navedenih. Najjednostavnija metoda je jednofazno sušenje kad se zrno u jednom prolazu kroz sušaru suši s početne na željenu vlažnost. Nedostatak ovog postupka je u tome što nastaju velike razlike u vlažnosti zrna. Neka zrna su na izlazu iz sušare presušena, dok su druga ostala iznad željene vlažnosti. Uz navedene nedostatke, javljaju se problemi kod prijama zrna u sušaru jer dolazi do zastoja. Zastoj se javlja zbog toga što sušare nemaju tako velike kapacitete kao što je dovoz vlažnog zrna, pa se to uglavnom izbjegava pomoću dvofaznog sušenja (Katić, 1997.).

Zadatak tehnike i tehnologije sušenja je da sušenjem obavi konzerviranje poljoprivrednih proizvoda i to:

- sa što je moguće manjim promjenama kakvoće proizvoda,
- sa što manjim utroškom energije za sušenje,
- sa što manjim oštećivanjem proizvoda i
- uz što manje zagađivanje okoliša prilikom sušenja (Katić, 1997.).

Većina ratarskih proizvoda, posebice zrnati, su higroskopan materijal koji na zraku poprima vlagu koja odgovara higroskopnoj ravnoteži nazivamo je "ravotežna vlažnost". Ova vlaga je najčešče i vlaga koju proizvod mora imati da bude sposoban za trajno uskladištavanje. Ta vlaga je uglavnom veća nego što je potrebno pa često, da bismo ratarske proizvode uspješno sačuvali, moramo ih sušiti do odredene količine vode. Žetva pšenice počinju prije nego je proizvod suh pa se dobiva zrno koje je suviše vlažno i kao takvo se ne bi moglo sačuvati, te ga zato valja sušiti. Zbog prevelike vlage u nekim slučajevima može doći do mehaničkih oštećenja u procesu dorade sjemena, a to već stvara uvjete za lakše kvarenje, napad bolesti i štetnika. Vlažnije sjeme ima jače trenje i međusobno se jače zbija, sporije se kreće, što ima za posljedicu otežani rad strojeva. Sušenje je preduvjet za pravilnu doradu sjemena i uskladištavanja. Načelo i način sušenja određuje se prema namjeni finalnog proizvoda. Kod zrnatih proizvoda namjenjenih za ishranu valja odabrati način sušenja koji ce osigurati hranidbenu kakvoću zrna, uz minimalne troškove sušenja (Ritz, 1997.).

5.1.1. 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).

Zbog loših klimatskih prilika u žetvi sjeme može imati veću vlagu od 12-14% pa je tada u doradi svakako potrebno sušenje. Temperatura zraka za sušenje ne smije prelaziti 44 °C ako je početni sadržaj vlage u sjemenu 18-20%, ali se može povećati do 49°C kad vlaga zrna padne ispod 16%. Za dulje skladištenje zrna, od 1-5 godina, vlažnost se mora svesti na 8-10% (Kolak, 1994.).

5.2. Hidrotermička dorada

Hidrotermičkom doradom zrna nazivamo postupak u kojemu se zrno vlaži i izlaže povišenoj temperaturi. Vlaženje parom je najčešće, tako da se zrno ugrije na oko 85°C i ovlaži od 18 do 19%. Zatim se zrno grije u posudama s dvostrukim stijenkama i dnom između kojih struji para. Trajanje grijanja je u svezi s temperaturom i iznosi oko 90 minuta Uz dovoljno vlage i zagrijavanjem zrna na 100°C mogu se potpuno onemogućiti enzimi peroksidaze i lipaze i time omogućiti trajnije skladištenje suhog zrna. Istovremeno se uništavaju nepoželjne bakterije i plijesni. Stupnjem zagrijavanja i sušenja moguće je utjecati i na okus zrna (Katić,1997).

Hidrotermičko tretiranje žitarica imaju temperaturu od 93°C do 103°C i zbog toga se hlade u hladnjaku do temperature okoline (Filipović i sur. 2003.).

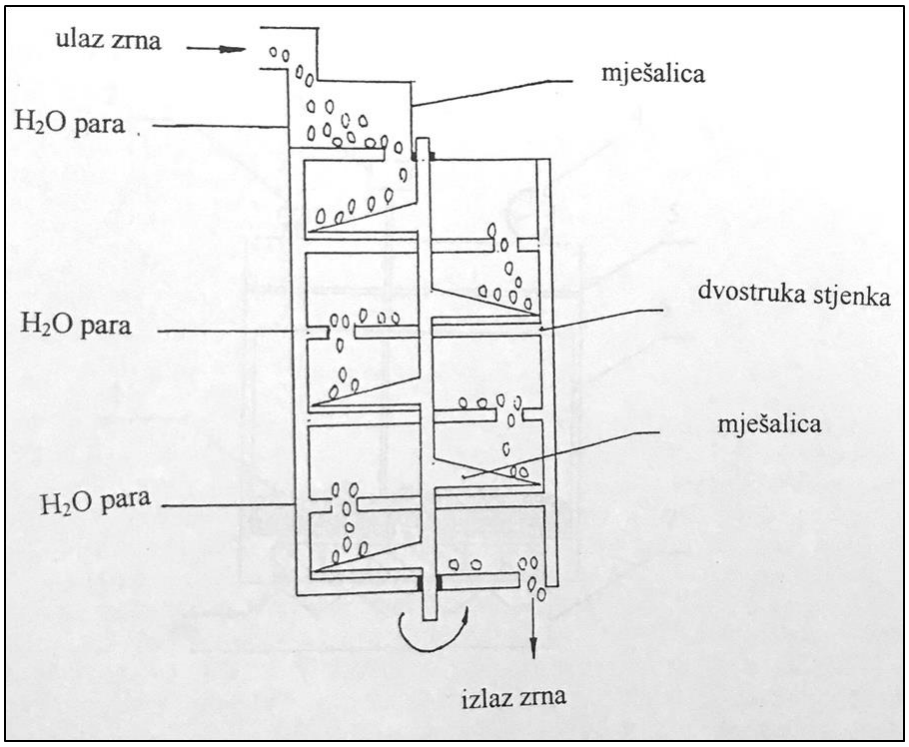
Danas se sve više prelazi na hidrotermičku doradu oljuštenog zrna, za razliku od ranije mnogo korištene hidrotermičke dorade cijelog zrna. Zrno se grije u okomitim stojećim tornjevima radijatorskim sekcijama za zagrijavane zrna i sekcijama s krovićima za sušenje i hlađenje zrna. Konstrukcija uređaja je ista kao i kod sušare radijatorskim sekcijama, samo je odnos veličine radijatorske i na sušenja sekciji prilagođen tehnologiji hidrotermičke dorade (Katić,1997).

Hidrotermički postupci uglavnom se koriste u cilju poboljšanja nutritivnih, higijenskih, i fizikalno kemijskih karakteristika sirovine (Filipović i sur. 2003.).

Probavljivost ugljikohidrata u prirodnom sušnom zrnu je niska, pa je metoda uparavanja jedna od metoda za poboljšanjem probavljivosti, odnosno želatinizacije škroba (Krička i sur., 2017.). Hranidbena vrijednost zrna prati se pomoću stupnja želatinizacije škroba, kao i ukupnog škroba i proteina. Naime, želatinizacija škroba je važna jer se škrob želatinizacijom priprema za enzimsku razgradnju čime se postiže njegova bolja iskoristivost tijekom probave (Putier, 1993. cit. Voća i sur., 2007.).

5.2.1. Postupak uparavanja

Kod ovog postupka pripreme zrna koristi se "cooking" kolona. Ta kolona je okomito postavljen bubanj s pet razina u kojima se zrno zadržava određeno vrijeme (Slika 4). Na ulazu u kolonu miješa se zrno i vodena para tlaka 2-5 bara. Zrnom je tako zasićen ulaz, gdje se miješa i provodi s razine na razinu pomoću mješalice. Vruća para na različitim razinama može biti dodavana ubrizgavanjem i/ili kondukcijski preko dvostruke stijenke podova na svim razinama. Tretman ovom metodom traje između 30 i 60 minuta, što ovisi o kulturi, dotjecaju zrna, broju okretaja mješalice i veličini same kolone (Putier, 1993., cit. Jakopović, 1999.).



Slika 4. Shematski prikaz kolone za uparavanje.

(Izvor: Jakopović, 1999.)

6. MATERIJALI I METODE ISTRAŽIVANJA

U svrhu istraživanja i izrade diplomskog rada koristile su se dvije sorte pšenice i dvije sorte tritikale. Istraživanje je provedeno u laboratoriju Zavoda za poljoprivrednu tehnologiju, skladištenje i transport, Sveučilišta u Zagrebu Agronomskog fakulteta.

6.1. Uzorci na kojima je provedeno istraživanje

Tablica 3.: Opis sorata pšenice Kraljica i Srpanjka

Opis sorte pšenice	Kraljica	Srpanjka
Duljina vegetacije	Srednje rana	Rana
Visina (cm)	75	64
Optimalni rok sjetve	10. 10. - 25. 10.	10. 10. - 25. 10.
Norma sjetve (broj klijavih zrna/m2)	500 - 650	650 - 700
Namjena	Krušna	Krušna
Hektolitarska masa (kg/hl)	81	80
Masa 1000 zrna (g)	40	37
Udio proteina (% na ST)	14,2	12,8
Otpornost na polijeganje	Vrlo dobra	Vrlo dobra
Genetski potencijal rodnosti	11 t/ha	10 t/ha

(Izvor:Poljoprivredni institut Osijek, Sorte pšenice i ječma, katalog, Osijek 2016.)

Tablica 4.: Opis sorata tritikale Goran i Ranko

Opis sorte tritikale	Goran	Ranko
Duljina vegetacije	Srednje kasni	Rana
Visina (cm)	110 - 118	105 - 110
Optimalni rok sjetve	01. 10. - 25. 10.	01. 10. - 20. 10.
Norma sjetve (broj klijavih zrna/m2)	500 - 550	450 - 500
Namjena	za hranidbu stoke, ali i za industriju	za hranidbu stoke
Hektolitarska masa (kg/hl)	71 - 76	72 - 76
Masa 1000 zrna (g)	45 - 47	40 - 44
Otpornost na polijeganje	Odlična	Vrlo dobra

(Izvor:BC institut Zagreb, Sorte strnih žitarica, katalog, Zagreb 2017./2018.)

6.2. Rehidracija uzorka

Uzorke je bilo potrebno rehidrirani na prosječnu vlažnost kakva je bila prilikom žetve. Taj postupak provodi se na temelju dobivenih vrijednosti vlažnosti uzorka, uzorak se vlaži sa određenom količinom destilirane vode dobivene izračunom kako bi ostvarili približno istu vlažnost kod svih istraživanih sorata. Nakon sušenja ponovo su provedene analize na svim uzorcima.

Formula za rehidraciju uzoraka:

$$W = [(w1-w2)/(100-w2)] *M1$$

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

w1= početna vlažnost mase (%)

w2= željena vlažnost mase (%)

M1= masa zrna uzorka koji rehidriramo (g)

Nakon dodavanja vode uzorke je prema navedenom naputku potrebno dobro promiješati i to ponavljati u točno određenim vremenskim razmacima tijekom određenog vremena. Navlaženi uzorci su potom uskladišteni u hladnjak i povremeno protresani (kako bi navlaživanje bilo što uspješnije i ravnomjernije). Nakon postupka rehidracije, a prije sušenja ponovo je svim uzorcima određena trenutna vlažnost u laboratorijskoj sušnici za određivanje vlage.

6.3. Određivanje sadržaja vlage

Određivanje sadržaja vlage/vode provodi se prema protokolu (HRN ISO 6540:2002) u laboratorijskoj sušnici (Slika 5) (INKO ST – 40, Hrvatska) koja ima mogućnost regulacije temperature 40 – 240 ˚C. Prije određivanja vlage/vode uzorak se mora usitniti. U staklene posudice (nakon odvage praznih) stavi se oko 2,5 gram uzorka te ih ponovno vagat (Slika 8). Napola poklopljene posudice suše se na temperaturi od 105°C u vremenskom razdoblju od tri sata. Nakon sušenja posudice se u sušnici zatvore poklopcem i stave u eksikator (Slika 6) na hlađenje. Količina vlage računa se na osnovi razlike mase prije i poslije sušenja i to uzoraka poznate mase prema formuli:

$$\% \, H_2O = [(a - b)/m] * 100$$

gdje je:

m = masa prazne posudice (g)

a = masa posudice s uzorkom prije sušenja (g)

b = masa posudice s uzorkom nakon sušenja (g)



Slika 5. Laboratorijska sušionica
(Izvor: vlastita fotografija)



Slika 6. Eksikator
(Izvor: vlastita fotografija)

6.4. Određivanje sadržaja pepela

Određivanje udjela pepela provodi se prema protokolu (CEN TS 14775:2004). U prethodno izvagane porculanske posudice stavi se oko 1 gram uzorka i ponovi vaganje (Slika 8).

Nakon toga posudice se stavljaju u mufolnu pećnicu (Slika 7) Naberthem B170 (Lilienthal, Njemačka) na temperaturu od 550 °C i vremensko razdoblje od 5-6 sati.

Tijekom postupka sagorijevaju organske tvari iz uzoraka, a u porculanskim posudicama ostaje pepeo. Po završetku izvažu se posudice sa ostatkom.



Slika 7. Mufolna peč

(Izvor: vlastita fotografija)



Slika 8. Analitička vaga

(Izvor: vlastita fotografija)

6.5. Određivanje udjela masti

Određivanje udjela masti obavlja se pomoću Soxhlet ekstraktora R 304 (Behr Labortechnik GmbH, Njemačka) (Slika 10) prema protokolu (HRN ISO 6492:2001).

U celulozne tuljace (Slika 9) za ekstrakciju odvaže se oko 5 do 10 g uzorka, prekriju se sa slojem vate i stave u srednji dio Soxhlet aparata (ekstraktor), zatim se spoji s hladilom i tikvicama (sa staklenim kuglicama) u koje se ulije oko 250 ml organskog otapala petroletera za sakupljanje ekstrakta. Ekstrakcija traje oko 6 sati.

Nakon ekstrakcije tikvice se suše u sušnici (Slika 5) na temperaturi od 105 ºC jedan sat, a zatim se hlade u eksikatoru (Slika 6) 30 minuta i važu na analitičkoj vagi (Slika 8).

Postotak sirovih masti dobiva se prema formuli:

$$\% \text{ masti} = [(m_1 - m_0)/m_{\text{uzorka}}] * 100$$

gdje je:

m_1 = masa posudice nakon ekstrakcije (g)

m_0 = masa posudice prije ekstrakcije (g)

masa $_{\text{uzoraka}}$ = masa uzorka u tuljcu (g)



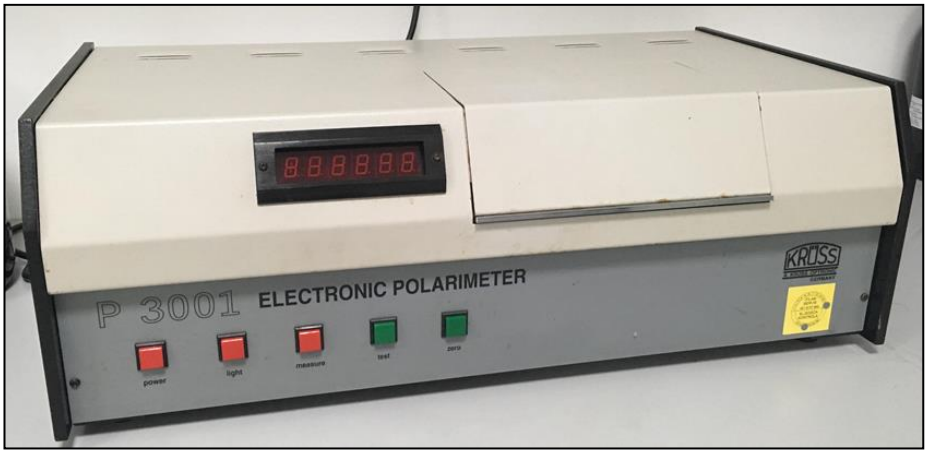
Slika 9. Celulozni tuljci
(Izvor: vlastita fotografija)



Slika 10. Aparat za ekstrakciju masti po Soxhletu
(Izvor: vlastita fotografija)

6.6. Određivanje sadržaja škroba

Određivanje škroba najčešće je polarimetrijekom metodom (HRN ISO 6493:2001) po Eversu. Škrob pokazuje visoku optičku aktivnost, pa se na osnovi toga može odrediti polarimetrijski, nakon što se prethodno provede u topljivo stanje hidrolizom s kiselinom (Krička i sur, 2012.).



Slika 11. Polarimetar za određivanje škroba

(Izvor: vlastita fotografija)



Slika 12.Filtriranje uzoraka

(Izvor: vlastita fotografija)



Slika 13. Bistri uzorak

(Izvor: vlastita fotografija)

U čašu od 100 ml odvagne se 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 dobro promućka i zagrijava se na temperaturi od 95°C u vodenoj kupelji 15 minuta, pri čemu je prvih 3 minute potrebno lagano mućknje. 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 vode.

U ohlađenu se tikvicu doda 10 ml 4 %-tne fosfor-volframatne kiseline da bi se istaložile otopljene bjelančevine, nadopuni se destiliranom vodom do oznake te ostavi nekoliko minuta da se sadržaj slegne i (Slika 12) profiltrira kroz filter papir.

S bistrim filtratom (Slika 13) napuni se polarizacijska cijev i očita se ugao skretanja polarizirane svjetlosti u polarimetru (Slika 11) (KRÜSS, P3001, Njemačka).

Sadržaj ukupnog škroba određen je prema formuli:

$$\% \text{ škroba} = 100*\alpha*100/ [\alpha]^{20}_{D} *L*m$$

gdje je:

α – očitani kut skretanja

$[\alpha]^{20}_{D}$ – specifični kut skretanja škroba

L – dužina polarizacijske cijevi

m – masa uzorka (g)

6.7. Prilagođena metoda uparavanja (“Cooking” metoda)

Prilagođena metoda uparavanja, umjesto kolone za uparavanje (“cooking” kolone) koristi visokotlačnu hermetički zatvorenu posudu (Slika 15 i 16) kako bi se u sustavu postigla željena vrijednost temperature i tlaka. Razlika je u tome što se para ne dovodi izvana, nego se zrno uparuje vodom koja se nalazi na dnu posude. U posudu je ugrađena dodatna posuda (Slika 14) s poroznim dnom, a ispod nje aluminijski podložak s rupama koji odvaja zrno od neposrednog dodira s vodom i visokim temperaturama. Para slobodno prolazi i obrađuje zrno, odnosno omogućuje se uparavanje uzorka. Posuda se hermetički zatvara kako bi se u sustavu postigla željena vrijednost temperature i tlaka. Zagrijavanje posude obavlja se pomoću Bunsenov plamenika, a temperatura je regulirana preko regulacije napona uz pomoć promjenjivog otpornika.

U posudu (Slika 15 i 16) su ugrađeni termometar i manometar za kontrolu temperature i tlaka, ventil za ispuštanje suvišne pare te sigurnosni ventil (Matin i sur., 2009.).

Prilagođenim postupkom uparavao se uzorak koji je prethodno bio rehidriran, u visokotlačnu posudu se dodavala destilirana voda za svaki tretman uparavanja. Sve uzorke se tretiralo parom pri temperaturi od 100°C na dva različita načina, prvi u trajanja od 10 minuta pri 0,5 bara i drugi u trajanju od 15 minuta pri 0,5 bara. Temperatura i tlak unutar posude kontrolirani i regulirani su tijekom postupka uparavanja.



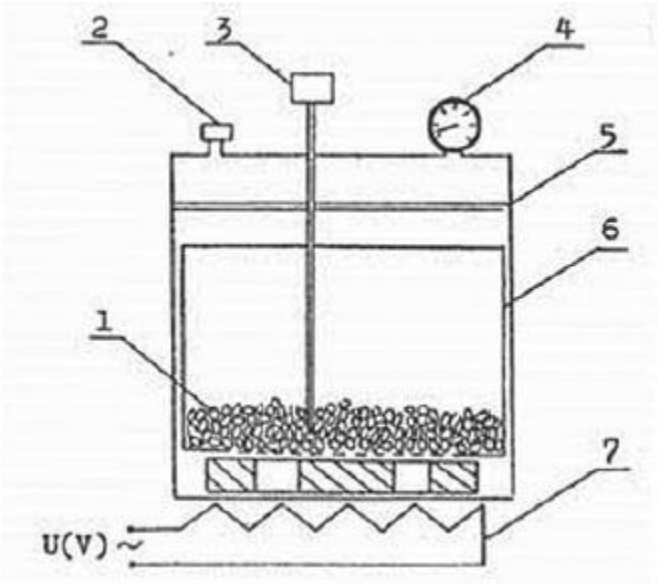
Slika 14. Aluminijski podložak s rupama i porozno dno

(Izvor: vlastita fotografija)



Slika 15. Visokotlačna posuda

(Izvor: vlastita fotografija)



Slika 16. Shematski prikaz hermetičke posude

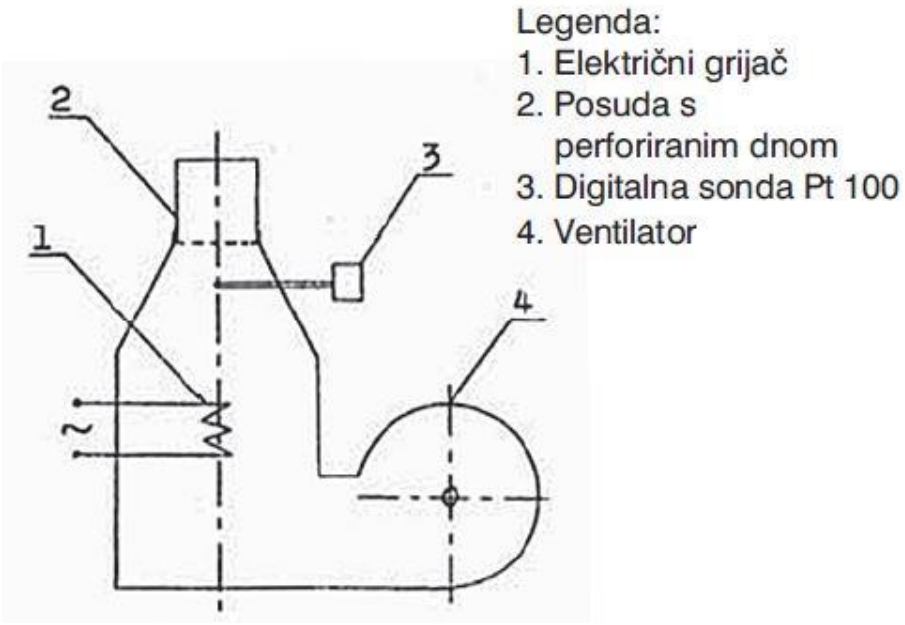
(Izvor: Krička i Pliestić, 1994.)

Legenda:

1. Zrno
2. Sigurnosni ventil
3. Termometarska sonda
4. Manometar
5. Brtva
6. Posuda s poroznim dnom
7. Električni grijač

6.8. Laboratorijsko sušenje

Laboratorijska sušara (Slika 17 i 18) izrađena je na Zavodu za poljoprivrednu tehnologiju, skladištenje i transport, Agronomskog fakulteta u Zagrebu. Sastoji se od 3 razdvojive cjeline, koje se međusobno spajaju vijcima, postavljanjem jedne u drugu. Prva cjelina je donji dio sušnice (postolja) dimenzije 300x350x120 mm, u kojem se nalazi ventilator s grijačem snage 1 kW. Ventilator usisava okolni zrak i nakon ulaska u donji dio sušnice, zrak prolazi kroz perforirani lim promjera rupa 15 mm i gustu mrežicu radi homogeniziranja polja strujanja zraka u drugu cjelinu okruglog oblika promjera 200 mm i visine 270 mm. Tu se zrak zagrijava i usmjerava prema suženom dijelu sušnice do promjera 78 mm. U suženi dio umeće se treća cjelina, okrugla posuda s uzorkom, aktivnog promjera 76 mm i visine 120 mm. Na dnu posude ugrađena je gusta čelična mreža četvrtastog promjera 1 mm. Električni grijač napaja se izmjeničnom strujom, s mogućnošću podešavanja napona, a time i temperature zraka sušenja. Podešavanje napona obavlja se ručno na regulacionom transformatoru. Brzina zraka, odnosno regulacija rada ventilatora obavlja se također ručno, pomoću regulacionog transformatora (Krička i Pliestić, 1994.)



Slika 17. Shematski prikaz laboratorijske sušare
(Izvor: Krička i Pliestić, 1994.)

Sušenje je provedeno u laboratorijskoj sušari (Slika 18) 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. Prije sušenja određena je masa i sadržaj vode u uzorku zrna. Svakih 5 minuta posuda sa perforiranim dnom odvajala se od laboratorijske sušare i stavljala na digitalnu vagu, s ciljem određivanja trenutačne mase zrna.



Slika 18. Laboratorijska sušara

(Izvor: vlastita fotografija)

7. REZULTATI ISTRAŽIVANJA I RASPRAVA

7.1. Određivanje vlage

Kemijsko analiziranje udjela vlage je važno jer je u svakom uzorku voda uvijek prisutna i to do 97%. Određivanje udjela vode u nekome materijalu je važno i zbog utjecaja vode na njegova fizikalna i kemijska svostva, pa tako i na trajnost skladištenja te utvrđivanje njegove energetske vrijednosti (Krička i sur, 2012.). Uzorcima u tablici 5 je određen udio vlage u sušnici prije i nakon rehidracije.

Tablica 5.: Udio vode u uzorcima

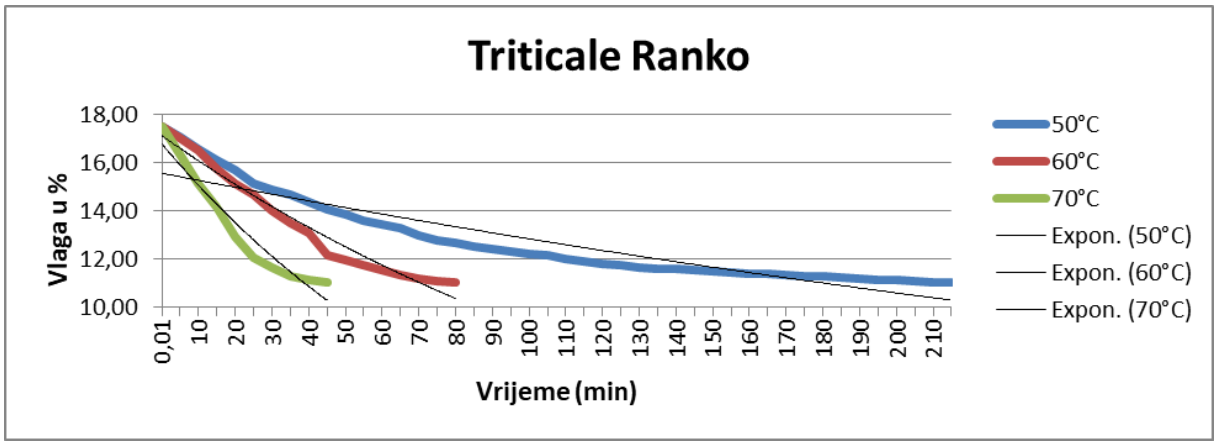
Udio vode		Prirodni uzorci (%)	Nakon rehidracije (%)
Tritikale	Ranko	10,055	17,503
	Goran	11,907	17,175
Pšenice	Kraljica	10,000	17,563
	Srpanjka	12,811	17,486

Sabo (2017.) navodi u svom istraživanju prosječnu vlagu uskladištene tritikale od 10,9% do 13,14%, kod Nemet (2016.) vlaga se kretala od 12,4% do 16,2%. Međimurec (2016.) savjetuje da se žetva tritikale obavi kada vlaga zrna padne na približno 13%. Udio vode (Tablica 5) u ne tretiranom uzorku tritikale sorte Ranko je oko 10%, a sorte Goran oko 12%. Pejaković (2017.) u svom istraživanju navodi prosječnu vlagu uzoraka pšenice od 12,7% do 12,3%. Bareš (2017.) u svom radu navodi prosječnu vlagu zrna od 11,05% za pšenice sorte Ingenio i Kraljice iz roda 2015., dok je prosječna vlaga pšenice roda 2016. godine iznosila 12,65 %. Krička i sur. (2012.) spominju da se postotak vlage u zrnu pšenice kreće od 10% do 14%, a sve iznad 15% je nepovoljno za skladištenje. Postotak vode u pšenici koja nije tretirana kreće se od 10% do 13% (tablici 5). Nakon rehidracije porasto je postotak vlage u zrnu pšenice i tritikale na iznad 17%.

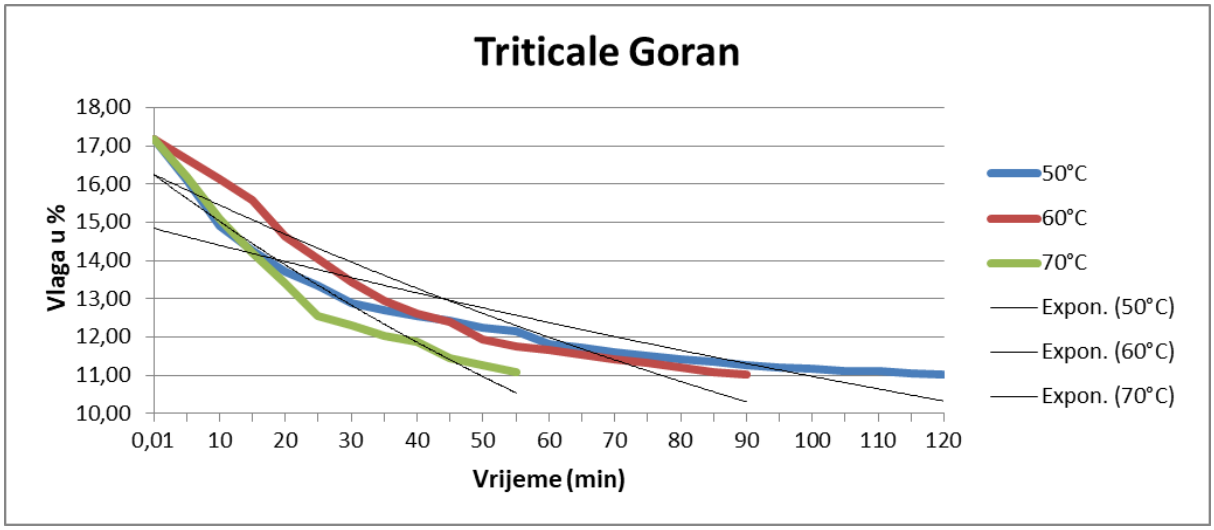
7.2. Sušenje uzoraka

Tijekom sušenja pratila se temperatura, brzina strujanja zraka te masa uzorka, svakih 5 min. Sušili su se rehidrirani uzorci čija je vlaga iznad 17%, kao i uzorci koji su tretirani "cooking" postupkom, u trajanju od 10 minuta i 15 minuta.

Dijagram 1: Krivulja sušenja rehidriranog uzorka tritikale Ranko na tri različite temperature (50°C, 60°C, 70°C)

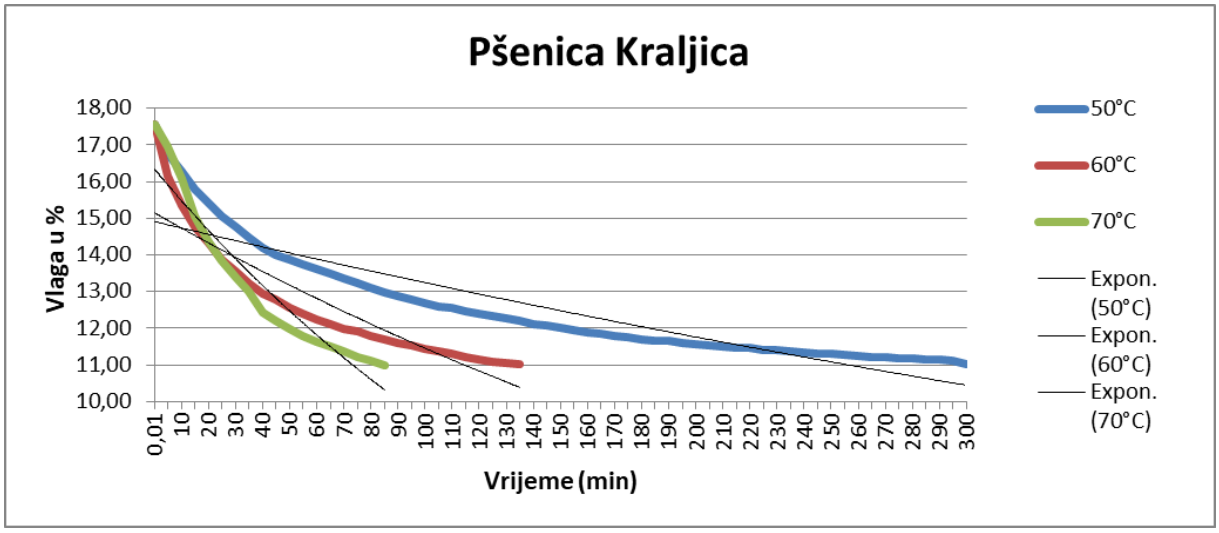


Dijagram 2: Krivulja sušenja rehidriranog uzorka tritikale Goran na tri različite temperature (50°C, 60°C, 70°C)

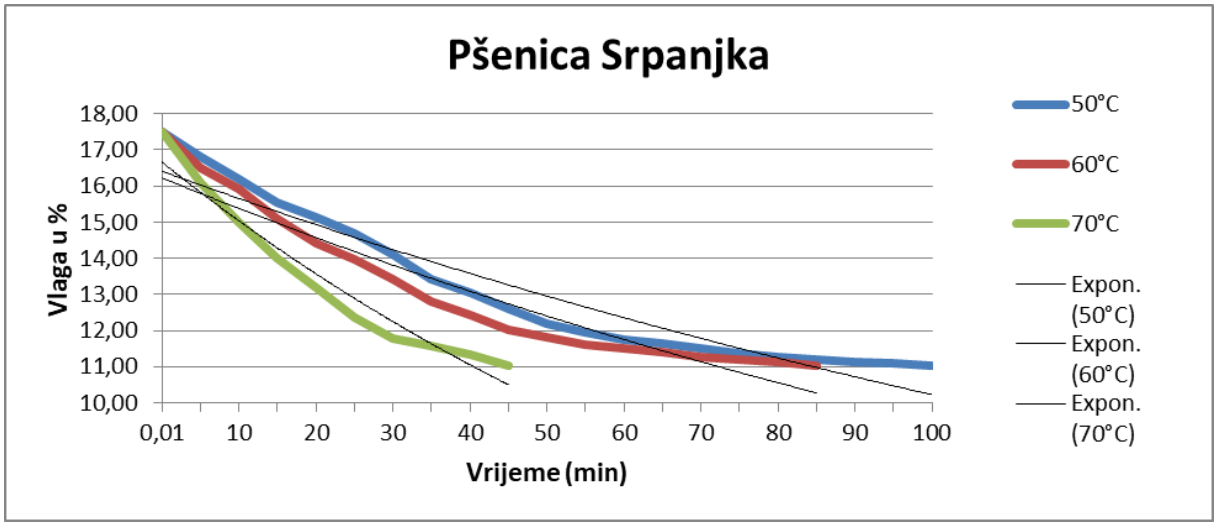


Povećavanjem temperature sušenja smanjivalo se vrijeme koje je potrebno da se postigne ravnotežna vlažnost. Tako se tritikal Ranko, na temperaturi od 50 °C sušila 210 min., na temperaturi 60 °C, 80 min. i na temperaturi od 70 °C, 45 min. Tritikale Goran, na temperaturi od 50 °C sušila se 120 min., na temperaturi 60 °C, 90 min. i na temperaturi od 70 °C, 55 min (Dijagrami 1 i 2).

Dijagram 3: Krivulja sušenja rehidriranog uzorka pšenice Kraljice na tri različite temperature (50°C, 60°C, 70°C)



Dijagram 4: Krivulja sušenja rehidriranog uzorka pšenice Srpanjke na tri različite temperature (50°C, 60°C, 70°C)



Pšenica Kraljica, na temperaturi od 50 °C se sušila 300 min., na temperaturi 60 °C, 135 min. i na temperaturi od 70 °C, 85 min (Dijagram 3).

Pšenica Srpanjka, na temperaturi od 50 °C sušila se 120 min., na temperaturi 60 °C, 85 min. i na temperaturi od 70 °C, 45 min (Dijagram 4).

Kod sušenja u laboratorijskoj sušnici, iz krivulja sušenja, vidi se da povećanjem temperature sušenja se smanjuje vrijeme potrebno za postizanje željenog udjela vlage (kod svih uzoraka najduže se sušio uzorak na temperaturi od 50°C, a najkraće na 70°C). Također, može se primjetiti da je pšenici Kraljici potrebno više vremena za postizanje željenog postotka vlage od pšenice Srpanjke. Najveća razlika vidljiva je na temperaturi od 50°C gdje je tritikale

Ranko i pšenici Kraljica bilo potrebno do 300 minuta, a tritikale Goran i pšenici Srpanjka manje od 120 minuta za postizanje vlažnosti od 11%. Kod sušenja na 70°C najduže je trebalo pšenici Kraljici čak 85 minuta, slijedi je tritikale Goran sa 55 minuta, tritikale Ranko i pšenica Srpanjka sa 45 minuta.

Tablica 6.: Uzorcima prije i nakon tretiranja uparavanjem (10min) i sušenjem na tri različite temperature (50°C, 60°C, 70°C)

Uparavanje 10 minuta		Vlaga uzorka (%)	Vlaga nakon cookinga 10min (%)	Temperatura sušenja (°C)	Vlaga nakon cookinga 10min i sušenja (%)	Ukupno vrijeme sušnja (min)
Tritikale	Ranko	17,503	31,459	50	10,759	380
				60	10,271	340
				70	9,975	315
	Goran	17,175	27,676	50	10,384	310
				60	9,951	295
				70	9,783	260
Pšenice	Kraljica	17,563	29,623	50	10,623	360
				60	10,195	320
				70	9,867	275
	Srpanjka	17,486	27,891	50	10,199	295
				60	9,846	265
				70	9,527	240

Tablica 7.: Uzorcima prije i nakon tretiranja uparavanjem (15min) i sušenjem na tri različite temperature (50°C, 60°C, 70°C)

Uparavanje 15 minuta		Vlaga uzorka (%)	Vlaga nakon cookinga 15min (%)	Temperatura sušenja (°C)	Vlaga nakon cookinga 15min i sušenja (%)	Ukupno vrijeme sušnja (min)
Tritikale	Ranko	17,503	26,265	50	10,452	300
				60	9,881	260
				70	9,699	205
	Goran	17,175	24,827	50	10,204	290
				60	9,798	255
				70	9,523	200
Pšenice	Kraljica	17,563	20,168	50	10,122	280
				60	9,657	240
				70	9,414	210
	Srpanjka	17,486	22,759	50	10,011	285
				60	9,603	250
				70	9,358	205

Krička i sur. (2000) u svom istraživanju na pšenici navode kako je vlažnost tretiranog zrna "cooking" postupkom porasla sa 17% na oko 27%. U tablici 6 i 7 prikazano je kako veći udio vode ima zrno nakon"cooking" postupkom na 10 minuta, nego ono tretirano 15 minuta. Zbog toga je sušenje uzoraka tretiranih "cooking" postupkom na 10 minuta trajalo duže, dok su

uzorci tretirani “cooking” postupkom od 15 minuta brže postizali željenu količinu vlage. Povećanjem temperature smanjuje se vrijeme postizanje vlage manje od 11%. Pliestić i Kovačev (1999.) analizom rezultata međusobne usporedbe zrna tretirana “cooking” postupkom i rehidriranog zrna, utvrđeno je da tretirano zrno u procesu sušenja sporije otpušta vlagu od netretiranog zrna, odnosno da “cooking” postupak produljuje proces sušenja. Krička i sur. (2000) navodi isto da zrno pšenice tretirano “cooking” postupkom sporije otpušta vlagu u procesu sušenja, od zrna koji je sušen klasičnom metodom. Također spominje kako uzrok sporijeg otpuštnja vlage može biti povezan s narušavanjem kapilarne strukture zrna zbog povišenih temperatura i tlaka kojim se zrno izlaže.

7.3. Konstanta otpuštanja vode

Tablica 8.: Eksponencijalne jednadžbe

Sorta		Uparavanje (min.)	Temperatura (°C)	Eksponencijalna jednadžba	R^2
Tritikale	Ranko	/	50	$y = 15,712e^{-0,01x}$	0,8753
			60	$y = 17,672e^{-0,031x}$	0,9637
			70	$y = 17,735e^{-0,055x}$	0,9408
		10	50	$y = 30,843e^{-0,023x}$	0,9757
			60	$y = 27,452e^{-0,027x}$	0,9232
			70	$y = 28,259e^{-0,044x}$	0,9231
		15	50	$y = 21,518e^{-0,016x}$	0,8821
			60	$y = 24,938e^{-0,027x}$	0,9394
			70	$y = 24,786e^{-0,041x}$	0,9106
	Goran	/	50	$y = 15,073e^{-0,015x}$	0,8301
			60	$y = 16,676e^{-0,025x}$	0,9213
			70	$y = 16,913e^{-0,039x}$	0,9358
		10	50	$y = 26,995e^{-0,028x}$	0,9179
			60	$y = 28,194e^{-0,037x}$	0,9876
			70	$y = 26,517e^{-0,048x}$	0,9689
		15	50	$y = 20,178e^{-0,015x}$	0,8841
			60	$y = 22,196e^{-0,027x}$	0,8736
			70	$y = 24,4e^{-0,044x}$	0,9568
Pšenice	Kraljica	/	50	$y = 14,999e^{-0,006x}$	0,8488
			60	$y = 15,367e^{-0,014x}$	0,8621
			70	$y = 16,795e^{-0,027x}$	0,9197
		10	50	$y = 23,831e^{-0,017x}$	0,8818
			60	$y = 26,371e^{-0,029x}$	0,9247
			70	$y = 28,392e^{-0,034x}$	0,9768
		15	50	$y = 18,14e^{-0,013x}$	0,9236
			60	$y = 18,138e^{-0,015x}$	0,9431
			70	$y = 19,502e^{-0,026x}$	0,9292
	Srpanjka	/	50	$y = 16,807e^{-0,024x}$	0,9233
			60	$y = 16,67e^{-0,027x}$	0,9174
			70	$y = 17,541e^{-0,051x}$	0,9544
		10	50	$y = 26,521e^{-0,027x}$	0,9714
			60	$y = 28,014e^{-0,037x}$	0,9857
			70	$y = 27,888e^{-0,042x}$	0,9857
		15	50	$y = 18,955e^{-0,015x}$	0,8751
			60	$y = 19,828e^{-0,023x}$	0,8673
			70	$y = 21,325e^{-0,034x}$	0,9243

Legenda: y- vlaga sjemenki, x- vrijeme otpuštanja vode iz sjemenki, R^2- koeficijent determinacije

Matematičkim modeliranjem dobila se vrijednost brzine otpuštanja vode do ravnotežne vlažnosti kako bi se moglo usporediti razlike u otpuštanju vode iz uzoraka. Nakon izrade eksponencijalnih jednadžbi utvrđen je koeficijent determinacije između 0,83 i 0,98. Dobiveni

koeficijenti pokazuju da su istraživanja otpuštanja vode iz zrna vođena precizno te da su dobiveni rezultati međusobno usporedivi.

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 pojavljuje se presušivanje pojedinih zrna, a neka ostaju vlažna i preko dozvoljenih granica (Katić, 1997).

7.4. Energija aktivacije

Izračunom vrijednosti energije aktivacije može se 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.

Tablica 9.: Srednje vrijednosti energije aktivacije

Sorta		Uparavanje (min.)	Energija aktivacije (kJ/kg)	Srednja vrijednost	Sorta		Uparavanje (min.)	Energija aktivacije (kJ/kg)	Srednja vrijednost
Tritikale	Ranko	/	44768	26895	Pšenice	Kraljica	/	33441	22446
		10	11791				10	7993	
		15	24126				15	25905	
	Goran	/	29835	24310		Srpanjka	/	18308	16517
		10	9093				10	9592	
		15	34002				15	21651	

Iz dobivenih rezultata u tablici 9. može se utvrditi da ne postoje signifikantne razlike i da je veću energiju aktivacije potrebnu za pokretanje procesa otpuštanja vode iz zrna imala sorta Ranko (26 895 kJ/mol), dok je najmanju energiju aktivacije imala sorta Srpanjka (16 517 kJ/mol).

7.5. Sadržaj pepela

Pepeo je anorganski ostatak koji ostaje nakon što se uklone voda i organska tvar zagrijavanjem uz prisutnost kisika. Udio pepela ukupna je količina minerala sadržanih u hrani, a moguće je odrediti i dio svakog pojedinog minerala. Udio pepala u žitaricama kreće se uglavnom oko 2% (Krička i sur, 2012.).

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

Tablica 10.: Udio pepela u uzorcima

Udio pepela u suhoj tvari		Prirodni uzorci (%)	Temperatura sušenja (°C)	Nakon sušenja (%)	Nakon cookinga i sušenja (%)	
					10min	15min
Tritikale	Ranko	1,471	50	2,130	2,605	2,465
			60	1,934	2,702	2,395
			70	2,063	2,758	2,636
	Goran	1,812	50	2,159	2,384	2,296
			60	1,865	2,374	2,289
			70	2,084	2,425	2,315
Pšenice	Kraljica	1,416	50	1,493	2,365	2,131
			60	2,023	2,051	1,902
			70	2,083	2,168	1,889
	Srpanjka	1,308	50	1,739	1,951	1,790
			60	1,785	1,988	1,828
			70	1,497	1,896	2,385

Svi uzorci nakon sušenja u sušnici imaju veći postotak pepela u suhoj tvari u odnosu na prirodni uzorak. Udio pepela u suhoj tvari kod uzoraka tritikale je veča prilikom sušenja rehidriranog uzorka na temperaturi od 50°C, a nakon "cookinga" pri temperaturi od 70°C. Kod sorte Kraljice veći postotak je kod sušenja rehidrirnog uzorka na 70°C i nakon "cookinga" na 50°C. Svi uzorci koji su uparavani 10 minuta imaju veći udio pepela u suhoj tvari u odnosu na uzorke uparavane 15 minuta (Tablica 10).

7.6. Sadržaj masti

Sirove masti određene su nakon sušenja svakog uzorka na tri različite temperature u laboratorijskoj sušnici. Prije rehidracije najveću količinu masti kod pšenice ima Kraljica 3,13% , dok kod tritikale ima Goran 1,92% što je najviše u svih uzoraka.

Iz dobivenih rezultata vidljivo je smanjenje udjela masti kod svih uzoraka nakon termičke dorade u odnosu na početnu vrijednost. Kod uzorka Ranko, udio masti se povećo na temperaturi od 70°C za razliku od onog udjela koji je na 60°C. Dok kod uzoraka Kraljica, Goran i Srpanjka udio masti postepeno pada kako temperatura raste. Nakon 10 minuta uparavanja i sušenja na 60°C i 70°C udio masti postepeno raste sa temperaturom. Povećanje udjela masti nastavlja se nakon 15 minuta uparavanja pa sušenja na temperaturi od 70°C (Tablica 11).

Tablica 11.: Udio sirovih masti u uzorcima

Udio sirovih masti		Prirodni uzorci (%)	Temperatura sušenja (°C)	Nakon sušenja (%)	Nakon cookinga i sušenja (%)	
					10min	15min
Tritikale	Ranko	1,786	50	1,635	1,586	1,705
			60	1,466	1,559	1,624
			70	1,582	1,691	1,765
	Goran	1,923	50	1,831	1,436	1,592
			60	1,628	1,585	1,556
			70	1,471	1,888	1,779
Pšenice	Kraljica	3,132	50	2,812	2,728	2,811
			60	2,632	2,488	2,741
			70	2,546	2,817	3,062
	Srpanjka	2,500	50	2,314	2,202	2,708
			60	2,168	2,156	2,626
			70	1,901	2,277	2,846

7.7. Sadržaj škroba

Dobiveni rezultati pokazuju kako kod prirodnih uzoraka najveću količinu škroba sadrži pšenica Kraljica, a najmanju količinu trtikale Ranko. Pšenica Srpanjka bogatija je škrobom u odnosu na tritikal Goran i to za oko 0,1%. Termičkom obradom udio škroba postepeno raste. Ranko ima najviše škrobi nakon 10 minuta uparavanja i sušenja na 70°C, Goran ima 57% nakon 15 minuta uparavanja i sušenja na 70°C. Pšenice nakon termičke obrade imaju manji udio škroba od tritikale (Tablica 12)

Tablica 12.: Udio škroba u uzorcima

Udio škroba		Prirodni uzorci (%)	Temperatura sušenja (°C)	Nakon sušenja %	Nakon cookinga i sušenja (%)	
					10min	15min
Tritikale	Ranko	48,726	50	52,721	53,102	52,889
			60	55,759	54,470	55,981
			70	55,430	56,610	55,762
	Goran	53,508	50	51,961	55,664	48,428
			60	53,874	52,795	55,929
			70	50,021	54,751	57,459
Pšenice	Kraljica	55,066	50	50,415	52,060	50,064
			60	55,630	53,017	52,951
			70	55,248	52,517	53,563
	Srpanjka	53,630	50	53,055	48,715	48,799
			60	52,860	53,102	53,495
			70	52,550	54,136	55,303

Kod uzoraka tritikale Goran i pšenice Srpanjka vidljivo je malo smanjenje udjela škroba u odnosu na početne uzorke. Kod pšenice Kraljice najveći gubitak škroba vidi se u uzorku sušenom na 50°C, gdje udio škroba iznosi od 50,42% do 52%. Kod uzorka tritikale Ranko nakon termičke dorade udio škroba se povećo za 6,7%.

8. ZAKLJUČAK

Na temelju vlastitog istraživanja, iz rezultata dobivenih analizom dvije sorti pšenice (Kraljica i Srpanjka) te dvije sorti tritikale (Ranko i Goran) može se zaključiti sljedeće:

- Dijagrami sušenja pokazali su da se povećanjem temperature sušenja smanjuje vrijeme sušenja. Pšenica Srpanjka brže otpušta vodu od drugih uzoraka pri svim temperaturama. Kod tritikale Ranko na temperaturi 60°C i 70°C brže otpušta vlagu od Gorana. Nakon "cooking" postupka, vlaga se sporije otpušta u procesu sušenja, od sušenja klasičnim načinom. Uzorci uparavani 10 minuta sadrže više vlage u zrnu, te se sporije suše od uzoraka uparavanih 15 minuta.

- Udio pepela u prirodnim uzorcima kretao se oko 1,3 -1,8%. Nakon termičke dorade sušenjem na tri različite temperature udio pepela u suhoj tvari rast kod svih uzoraka, što pokazuje na povećani sadržaj mineralnih tvari u odnosu na prije. Svi uzorci koji su uparavani 10 minuta imaju veći udio pepela u suhoj tvari u odnosu na uzorke uparavane 15 minuta.

- Nakon termičke dorade sušenjem vidljivo je smanjenje postotka masti u svim uzorcima. Sorta Goran u titikale i Kraljica u pšenice bogatije su u mastima od drugih sorti uzorka. Nakon 10 minuta uparavanja i sušenja na 60°C i 70°C udio masti postepeno raste sa temperaturom. Povećanje udjela masti nastavlja se nakon 15 minuta uparavanja pa sušenja na temperaturi od 70°C.

- Udio škroba u prirodnim uzorcima iznosio je 48,72 – 55,06%. Nakon termičke dorade uzoraka, u tritikale Goran i pšenice Srpanjka udio škroba malo se smanjio u odnosu na početne uzorke, a kod uzorka tritikale Ranko udio škroba se povećao za 6,7%. Sušenjem na 70°C nakon 15 minuta "cookinga" udio škroba u uzorku Goran raste do 57,4%.

- Iz svih dobivenih rezultata vidljivo je da metoda uparavanja dovodi do promjene nutritivnog svojstva pšenice i tritikale, odnosno do promjene u sadržaju pepela, masti i škroba u zrnu.

9. LITERATURA

9.1. Knjige i časopisi:

1. Bareš, A., M. (2017). Proizvodnja pšenice na OPG-u Pero Barišić – Jaman tijekom dvije godine. Diplomski rad. Poljoprivredni fakultet u Osijeku.
2. Butorac, A. (1999). Opća agronomija, Školska knjiga, Zagreb.
3. CEN/TS 15148:2005 (2005). Solid biofules-Methodes for the determination of ash content. European Committee for Standardization.
4. Dubravec, K., D. (1996). Botanika, Agronomski fakultet, Zagreb.
5. Filipović, S., Sakač, M., Ristić, M., Kormanjoš, Š., Galić, S., Ivanišević, S. (2003). Termički postupci obrade žitarica. Časopis za procesnu tehniku i energetiku u poljoprivredi, Novi Sad. 7:3-7.
6. Gagro, M. (1997). Žitarice i zrnate mahunarke, Prosvjeta d.d. Bjelovar, Zagreb.
7. Grubor, M., (2014). Utjecaj različitih načina sušenja na sastav gljive bukovače (Pleurotus ostreatus), Agronomski fakultet u Zagrebu.
8. HRN EN 14918:2010 (2010). Solid biofuels- Determination calorific value. European Committee for Standardization.
9. HRN ISO 6492:2011 (2011). Solid biofuels- Determination of fat content. European Committee for Standardization.
10. HRN ISO 6493:2001 (2001). Determination of starch content – Polarimetric method. European Committee for Standardization.
11. HRN ISO 6540:2002 Određivanje sadržaja vlage mljevenog zrna.
12. Jakopović, E. (1999). Sušenje zrna pšenice sorte „Marija“ nakon postupka uparavanja, Diplomski rad, Agronomski fakultet, Zagreb.
13. Katić, Z. (1997). Sušenje i sušare u poljoprivredi, Multigraf, Zagreb.
14. Katić, Z., Krička, T., Pliestić, S., Bratko, J., Krivec, G., Sito, S. (1995). Sušenje prethodno parenog kukuruznog zrna – energija za sušenje i kakvoća zrnja. Krmiva 37, Zagreb. 1:3-11.
15. Kingswood, K. (1994). The structure and Biochemistry of the Wheat Grain, Book Bread, Edited by Arnold Spicer, London, 47-67.
16. Kolak, I. (1994). Sjemenarstvo ratarskih i krmnih kultura, Zagreb.
17. Krička T., Pilestić S. (1994). Promjena brzine sušenja zrna kukuruza u zavisnosti o hibridu. Agronomski glasnik 5-6/1994. 449-459.

18. Krička, T., (1993). Utjecaj performiranja pšena kukuruza na brzinu sušenja konvekcijom, Doktorska disertacija, Agronomski fakulet, Zagreb.
19. 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.
20. Krička, T., Kiš, D., Matin, A., Brlek, T., Bilandžija, N. (2012). Tehnologija mlinarstva. Poljoprivredni fakultet u Osijeku i Agronomski fakultet u Zagrebu, Osijek.
21. Krička, T., Matin, A., Horvatić, T., Kiš, G., Voća, N., Jurišić, V., Grubor, M. (2017). Nutritivni sastav oljuštenog zrna ječma nakon termičke dorade sušenjem i uparavanjem. Krmiva 59, Zagreb. 2:51-60.
22. Krička, T., Pilestić, S. (1994). Brzina sušenja perforiranog i neperforiranog zrna kukuruza nakon "cooking" postupka. Krmiva 36, Zagreb. 6:281-289.
23. Krička, T., Voća, N., Jukić, Ž., Androšević, M. (2000). Konvekcijsko sušenje zrna pšenice kultivara Marija i Žitarka nakon „cooking" postupka. Krmiva 42, Zagreb. 5:235-244.
24. Martinčić, J., Kozumplik, V. i suradnici (1996). Oplemenjivanje bilja: teorije i metode, ratarske kulture. Poljoprivredni fakultet u Osijeku i Agronomski fakultet u Zagrebu.
25. Matin, A., Krička, T., Jurišić, V., Voća, N., Brlek Slavić, T., Bilandžija, N. (2009). Utjecaj uparavanja na fizikalna svojstva zrna kukuruza. Krmiva 51, Zagreb. 2: 83-90.
26. Međimurec, T. (2016.). Agrotehnika proizvodnje pšenoraži, Hrvatski zavod za poljoprivrednu savjetodavnu službu, Zagreb.
27. Nemet, H. (2016). Praćenje stanja uskladištenih žitarica na OPG- u Nemet Kate u 2016. godini. Završni rad. Poljoprivredni fakultet u Osijeku.
28. Niketić-Aleksić, G. (1988). Tehnologija voća i povrća, Naučna knjiga, Poljoprivredni fakultet, Beograd.
29. Pejaković, I. (2017). Praćenje stanja merkantilnog kukuruza i pšenice uskladištenih u silosu Vupik d.d. Vukovar u 2017. godini. Diplomski rad. Poljoprivredni fakultet u Osijeku.
30. Pliestić, 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.
31. Pospišil, A. (2010). Ratarstvo I. dio, Zrinski d.d., Čakovec.
32. Pruckov, F., M. (1972). Ozima pšenica, Natura, Bratislava.

33. Putier, F. (1993). Product quality and thermal treatment, Feed mix. 1(2), The American Association of Cereal Chemists, Inc. St. Paul, Minnesota, USA.
34. Ritz, J. (1997). Uskladištavanje ratarskih proizvoda, Zagreb.
35. Sabo, R. (2017). Praćenje pojave skladišnih štetnika na uskladištenoj pšenoraži u objektima OPG ,,Barica Sabo'' u 2015. godini. Završni rad. Poljoprivredni fakultet u Osijeku.
36. Tomas, S. (2000). Sušenje, apsorpcija, Prehrambeno – tehnološki fakultet Osijek, Osijek.
37. Voća, N., Krička, T., Janušić, V., Matin, A., Ćurić, D. (2007). Utjecaj temperature sušenja na stupanj želatinizacije škroba zrna kukuruza. Krmiva 49, Zagreb. 6:309-316.
38. ...(2016.) Sorte pšenice i ječma, katalog. Poljoprivredni institut Osijek.
39. …(2017./2018.) Sorte strnih žitarica, katalog. BC institut Zagreb.

9.2. Internetski izvori:

1. Statistički podaci o proizvodnji tritikale, internet stranica prikuplja podatke od FAOSTAT-a
   http://www.factfish.com/statistic/triticale%2C%20production%20quantity
   http://www.factfish.com/statistic/triticale%2C%20area%20harvested
   http://www.factfish.com/statistic/triticale%2C%20yield
   http://www.factfish.com/statistic-country/croatia/triticale%2C%20yield
   http://www.factfish.com/statistic-country/croatia/triticale%2C%20area%20harvested
   http://www.factfish.com/statistic-country/croatia/triticale%2C%20production%20quantity
   (pristupljeno 1. rujna 2018.)

2. Statistički podaci o proizvodnji pšenice, internet stranica prikuplja podatke od FAOSTAT-a
   http://www.factfish.com/statistic/wheat%2C%20production%20quantity
   http://www.factfish.com/statistic/wheat%2C%20area%20harvested
   http://www.factfish.com/statistic/wheat%2C%20yield
   http://www.factfish.com/statistic-country/croatia/wheat%2C%20yield
   http://www.factfish.com/statistic-country/croatia/wheat%2C%20area%20harvested
   http://www.factfish.com/statistic-country/croatia/wheat%2C%20production%20quantity
   (pristupljeno 2. rujna 2018.)

3. Ministarstvo poljoprivrede, poljoprivreda i ruralni razvoj, ratarstvo
   http://www.mps.hr/hr/poljoprivreda-i-ruralni-razvoj/poljoprivreda/ratarstvo
   (pristupljeno 21. rujna 2018.)

4. Slika pšenice
   https://www.world-grain.com/-/media/D57B5653799F413281B83A26A2699ECA.ashx
   https://advent.hr/upload/2014/01/zrnopsenice_52dea2b523761.jpg
   (pristupljeno 23. rujna 2018.)

5. Slika tritikale
   https://3n4qbf4aqlgosc02y1h7vs61-wpengine.netdna-ssl.com/wp-content/uploads/2013/01/grains-280x418.jpg
   (pristupljeno 23. rujna 2018.)

9.3. Popis Slika, tablica i dijagrama

Popis slika:

Slika 1. Pšenica

Slika 2. Zrno pšenice

Slika 3. Zrno tritikale

Slika 4. Shematski prikaz kolone za uparivanje

Slika 5. Laboratorijska sušionica

Slika 6. Eksikator

Slika 7. Mufolna peč

Slika 8. Analitička vaga

Slika 9. Celulozni tuljci

Slika 10. Aparat za ekstrakciju masti po Soxhletu

Slika 11. Polarimetar za određivanje škroba

Slika 12.Filtriranje uzoraka

Slika 13. Bistri uzorak

Slika 14. Visokotlačna posuda

Slika 15. Aluminijski podložak s rupama i porozno dno

Slika 16. Shematski prikaz hermetičke posude

Slika 17. Shematski prikaz laboratorijske sušare

Slika 18. Laboratorijska sušara

Popis dijagrama:

Dijagram 1: Krivulja sušenja rehidriranog uzorka tritikale Ranko na tri različite temperature (50°C, 60°C, 70°C)

Dijagram 2: Krivulja sušenja rehidriranog uzorka tritikale Goran na tri različite temperature (50°C, 60°C, 70°C)

Dijagram 3: Krivulja sušenja rehidriranog uzorka pšenice Kraljice na tri različite temperature (50°C, 60°C, 70°C)

Dijagram 4: Krivulja sušenja rehidriranog uzorka pšenice Srpanjke na tri različite temperature (50°C, 60°C, 70°C)

Popis tablica:

Tablica 1.: Proizvodnja pšenice i poredak u svjetskoj proizvodnji

Tablica 2.: Proizvodnja tritikale i poredak u svjetskoj proizvodnji

Tablica 3.: Opis sorata pšenice Kraljica i Srpanjka

Tablica 4.: Opis sorata tritikale Goran i Ranko

Tablica 5.: Udio vode u uzorcima

Tablica 6.: Uzorcima prije i nakon tretiranja uparavanjem (10min) i sušenjem na tri različite temperature (50°C, 60°C, 70°C)

Tablica 7.: Uzorcima prije i nakon tretiranja uparavanjem (15min) i sušenjem na tri različite temperature (50°C, 60°C, 70°C)

Tablica 8.: Eksponencijalne jednadžbe

Tablica 9.: Srednje vrijednosti energije aktivacije

Tablica 10.: Udio pepela u uzorcima

Tablica 11.: Udio sirovih masti u uzorcima

Tablica 12.: Udio škroba u uzorcima

10. ŽIVOTOPIS

Natalija Ostroški rođena je 21.Studenog 1990. godine u Zagrebu. Nakon završetka osnovne škole 2005. godine, upisuje srednju školu koju završava 2009. godine. Po završetku srednje škole počinje raditi sve do 2012.godine kada upisuje preddiplomski studij Poljoprivredne tehnike na Agronomskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu. Godine 2015. upisuje diplomski studij Poljoprivredne tehnike – Mehanizacije na Agronomskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu.