



## NUTRITIVNI SASTAV OLJUŠTENOG ZRNA JEČMA NAKON TERMIČKE DORADE SUŠENJEM I UPARAVANJEM

### HULLED BARLEY NUTRITIONAL COMPOSITION AFTER DRYING AND COOKING THERMAL TREATMENT

**Tajana Krička, Ana Matin, Tomislava Horvatić, G. Kiš, N. Voća, Vanja Jurišić, Mateja Grubor**

Izvorni znanstveni članak – Original scientific paper  
Primljeno – Received: 20. prosinac - December 2017

#### SAŽETAK

Prilikom prerade zrna ječma za potrebe prehrane ljudi, ječmu se skida ljuska te takvo zrno ječma ima smanjenu nutritivnu vrijednost. Kako bi se poboljšala nutritivna svojstva ječma nakon ljuštenja, ono se podvrgnulo termičkom tretmanu uparavanja zbog želatini-zacije škroba. Stoga je bilo potrebno provesti istraživanje nutritivnih svojstava oljuštenog zrna ječma prije i poslije metode uparavanja ("cooking" postupak) i sušenja te odrediti utjecaj takve termičke dorade na nutritivni sastav zrna. U radu su obuhvaćene dvije sorte ječma, Bravo i Maxim. Oljuštenim zrnima spomenutih sorti određen je nutritivni sastav tj. kemijska svojstva prema standardnim metodama za određivanje udjela vlage, pepela, ulja, škroba i proteina. Nakon metode uparavanja ("cooking" metode) na tlaku od 0,5 bara i vremenu od 10 ili 15 minuta te sušenja uzoraka na temperaturama od 50 °C, 60 °C i 70 °C također je određen nutritivni sastav svakog uzorka. Istraživanje je pokazalo da metoda uparavanja utječe na promjenu nutritivnog sastava oljuštenog zrna ječma jer je kod svih komponenata nutritivnog sastava došlo do promjena u odnosu na početne uzorke.

Ključne riječi: oljušteni ječam, uparavanje, sušenje, nutritivni sastav

#### UVOD

S obzirom da je ječam poznat u svijetu već mnogo tisućljeća, može se reći da je jedna od najstarijih žitarica koje je čovjek koristio za svoju prehranu. Ječam je jako hranjiv i bogat je škrobom, proteinima, mineralima (kalcij, željezo, fosfor, kalij dok je siromašan natrijem) i vitaminima (B1, B2 i A). Zbog lake probavljivosti pogodan je za prehranu djece, starijih osoba, slabih i bolesnih, dok se zbog fosfora preporuča onima koji se bave intelektualnim radom, osjećaju nervozu ili su izloženi stresu (Pedrotti, 2003.). Kemijski sastav zrna ječma je sličan sastavu ostalih žitarica. Zrno ječma, na bazi suhe tvari sadrži 9 – 17% bjelančevina, 59 – 68% nedušičnih ekstraktivnih tvari, 1,9 – 3,9% masti, 12,6 – 22,6% vlakana i 2,3 – 3,0% pepela (Pospišil, 2010.). Gagro

(1997.) navodi da pivski ječam treba sadržavati manje bjelančevina (manje od 12%) jer time se povećava udio škroba kojeg je u pivarskoj industriji poželjno imati u što većim količinama.

Slijedom navedenog Hrgović (2006.) govori da je kod pivskog ječma važno provoditi kontroliranu gnojidbu dušičnim gnojivima i općenito dušikom, jer je poznato da povećanjem raspoloživosti dušika i njegovim većim usvajanjem u konačnosti raste postotak proteina u zrnu.

Ječam se prvobitno koristio za prehranu ljudi (u obliku kruha, ječmene kaše ili pića). Danas zrno ječma (pšeno) služi za industrijsku preradu, a najviše se troši kao koncentrat u hranidbi stoke (više-redni), naročito u tovu svinja. Oko 75% zrna ječma koristi se za hranidbu stoke, oko 17% za industrijsku

prof. dr. sc. Tajana Krička, doc. dr. sc. Ana Matin, e-mail: amatin@agr.hr, Tomislava Horvatić, mag. ing. agr, prof. dr. sc. Neven Voća, doc. dr. sc. Vanja Jurišić, Mateja Grubor, mag. ing. agr, Zavod za poljoprivrednu tehnologiju, skladištenje i transport; doc. dr. sc. Goran Kiš, Zavod za hranidbu životinja, Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet, Svetošimunska cesta 25, 10000 Zagreb

preradu (slad, pivo, whisky i dr.), oko 7% za sjetvu, dok se ostatak upotrebljava za prehranu ljudi (krupica, zamjena za kavu u Europi) (Štafa i Stjepanović, 2015.).

U hranidbi domaćih životinja ima veliku hranidbenu vrijednost, a u tovu popravlja kakvoću slanine i mesnih proizvoda. Zrno ječma važan je sastojak hrane u hranidbi stoke, a često se natječe s kukuruzom i pšenicom. U većini europskih zemalja, pšenica i ječam su najčešće korištene žitarice u hranidbi peradi i svinja (Bergh i sur., 1999.). Također zbog visoke energetske vrijednosti i visoke probavljivosti, zrno ječma je jedna od najčešćih žitarica koje se koriste u hranidbi mliječnih krava te goveda. Čengić i sur. (2000.) govore da se dodavanjem koncentriranih krmiva (zrna ječma ili pšeničnih posija) u obrok sa sijenom prirodnih livada dolazi do povećanja probavljivosti svih hranjivih tvari.

Pivarska industrija danas je najveći potrošač ječma (odmah nakon ječma koji se koristi u poljoprivredi kao stočna hrana). U pivarstvu se koristi za dobivanje slada, što je osnovna sirovina za dobivanje kvalitetne pive. Mali postotak ječmenog slada se koristi u prehrambenim proizvodima za poboljšanje okusa, no ipak je glavna upotreba u proizvodnji alkoholnih pića. Iako pivo nije hrana u užem smislu, ono doprinosi prehrani, bilo samostalno ili u sklopu obroka (Newman i Newman, 2006.).

Zrno ječma s većom količinom vlage ne smije se uskladištiti, jer je podložan kvarenju kao i gubitku klijavosti. Zbog prevelike vlage u nekim slučajevima može doći do mehaničkih oštećenja u procesu dorade zrna, a to već stvara uvjete za lakše kvarenje, napad bolesti i štetnika. Vlažnije zrno ima jače trenje i međusobno se jače zbija, sporije se kreće, što ima za posljedicu otežan rad strojeva. Sušenje je jedan od najvažnijih procesa nakon žetve, što ne samo da povećava rok trajanja proizvoda već i povećava njegovu vrijednost hrane (Mohapatra i Rao, 2005.). Ako se žetva odvija s visokim sadržajem vlage, mora se umjetno osušiti ispod kritične razine, odnosno između 13% i 14%, što omogućava sigurno dugoročno skladištenje (Wilcke i Hellevang, 2002.).

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 određenu hranu. Prisilno sušenje je sušenje pod kontroliranim mikroklimatskim uvjetima. Također sušenje je moguće procesima kondukcije, konvekcije, isijavanjem i smrzavanjem. Mogućnosti primjene prisilnog sušenja su mnogo šire od prirodnog (Katić, 1997.).

Sušenje ječma otežava ljuska koja je teško propusna za vodu. Za proizvodnju pivskog slada zrno ječma treba sušiti jednako kao i sjemensku robu. Temperatura na koju se zrno prilikom sušenja smije ugrijati, ovisi o vlažnosti zrna. Niža vlažnost podnosi višu temperaturu. Preporuka je da se zrno s više od 24% vlažnosti ne suši zrakom više temperature od 43 °C, a zrno s manje od 24% vlažnosti može se sušiti temperaturom zraka višom od 48 °C (Katić, 1997.).

Brzina i kakvoća sušenja zrna ovise 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 utječu toplinski intenzitet zraka, brzina strujanja i vlažnost zraka te konstrukcija sušare (Krička i Plietić, 1995.).

Hidrotermički postupci uglavnom se koriste u cilju poboljšanja nutritivnih, higijenskih, i fizikalno kemijskih karakteristika sirovine (Filipović i sur. 2003.). Hidrotermički postupak uparavanja ("cooking") je metoda koja se zasniva na tretiranju zrna vodenom parom pod tlakom, kako bi mu se povećala probavljivost.

S obzirom da se ječam za ljudsku prehranu uglavnom koristi oljušteni, gube se visokovrijedni spojevi. Kao jedna od metoda za poboljšanje nutritivnog sastava oljuštenog ječma koristi se metoda uparavanja, tzv. "cooking" metoda koja poboljšava probavljivost samog zrna ječma. Probavljivost ugljikohidrata u prirodnom sušenom zrnu je niska, pa je metoda uparavanja jedna od metoda za poboljšanje probavljivosti, odnosno želatinizacije škroba. Kod "cooking" postupka koristi se "cooking" kolona (bubanj s pet razina u kojima se zrno zadržava neko vrijeme), dok se u radu koristila prilagođena metoda uparavanja (koristi se visokotlačna, hermetička posuda).

Temeljem svega navedenog cilj ovog rada je utvrditi promjene nutritivnih svojstava kod oljuštenog zrna ječma nakon postupka uparavanja (10 i 15 minuta na 0,5 bara) te nakon termičke dorade suše-

njem (na temperaturama od 50 °C, 60 °C i 70 °C), tj. utvrditi promjene udjela vode, pepela, škroba, masti i proteina za ispitivane sorte ječma (Bravo i Maxim). Obje sorte pogodne su za ljudsku prehranu tj. za proizvodnju ječmene kaše (oljušteni ječam).

## MATERIJALI I METODE

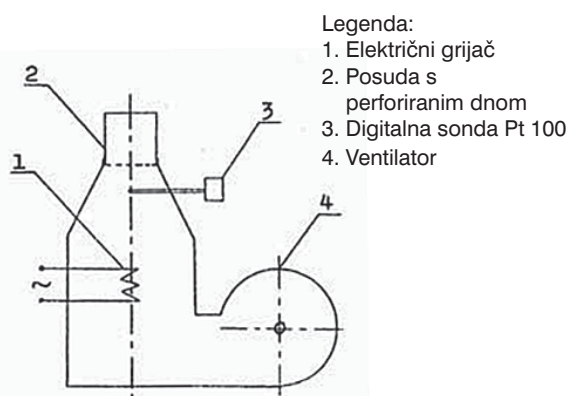
U svrhu istraživanja, poboljšanja nutritivnih svojstava zrna ječma, metodom uparavanja, korištene su dvije sorte ječma Poljoprivrednog instituta Osijek: sorta Bravo te sorta Maxim. Za istraživanje koristila su se oljuštena zrna obiju sorata. Obje sorte su dvoredne ozime sorte (tzv. pivski ječam). Istraživanje je provedeno 2016. godine u Laboratoriju Zavoda za poljoprivrednu tehnologiju, skladištenje i transport te na Zavodu za hranidbu životinja, na Sveučilištu u Zagrebu Agronomskom fakultetu.

Određivanje vlage zrna ječma je metoda koja se temelji na sušenju uzorka u laboratorijskoj sušnici (INKO ST - 40, Hrvatska) na 105 °C u trajanju od 3 sata prema protokolu HRN ISO 6540:2002. Količina vlage određena je prije i poslije sušenja u sušari, kao i prije i nakon uparavanja te sušenja u sušari. Nadalje, kako bi se mogle izraditi krivulje sušenja, zrno oljuštenog ječma nakon žetve (s prosječnom vlagom od 12%) se rehidriralo. Proces rehidracije proveden je neposrednim djelovanjem na masu zrna s točno određenom količinom destilirane vode prema napatku Državnog zavoda za normizaciju i mjeriteljstvo. Rehidrirani uzorak je postavljen kao početni uzorak koji se koristio u daljnjem istraživanju.

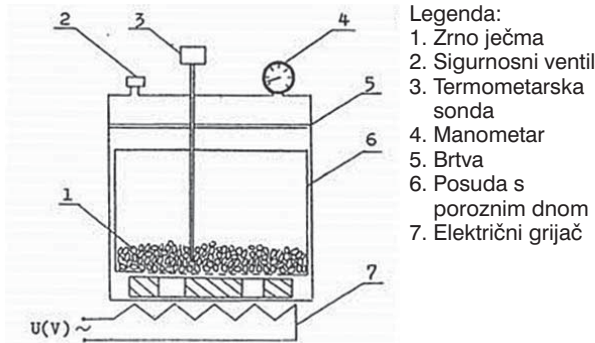
Određivanje pepela u oljuštenom ječmu obje sorte obavljeno je u mufolnoj pećnici (Naberthem B170; Lilienthal, Njemačka) prema protokolu HRN EN ISO 2171:2010. Sadržaj škroba odredio se polarimetrijskom metodom (HRN ISO 6493:2001) po Eversu u polarimetru (KRÜSS, P3001, Njemačka). Sadržaj ulja odredio se pomoću Soxhlet ekstraktora R 304 (Behr Labortechnik GmbH, Njemačka) prema protokolu HRN ISO 6492:2001, dok se sadržaj proteina odredio metodom po Kjeldahl-u (HRN EN ISO 5983-2:2010).

Laboratorijska sušara (slika 1) izrađena je na Zavodu za poljoprivrednu tehnologiju, skladištenje i transport Agronomskog fakulteta u Zagrebu. Sastoji se od 3 cjeline, gdje je prva cjelina donji dio sušare (postolja) dimenzija 300x350x120 mm, u kojem se nalazi ventilator s grijačem snage 1 kW. Ventilator usisava okolni zrak i nakon ulaska u donji dio sušare, 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 sušenom dijelu sušare 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 prilagođavanja napona, a time i temperature zraka sušenja. Prilagođavanje napona obavlja se ručno na regulacijskom transformatoru, a u električni krug vezani su i voltmetar, ampermetar i wattmetar. Brzina zraka, odnosno regulacija rada ventilatora obavlja se također ručno, pomoću regulacijskog transformatora. Mjerenje zadane temperature zraka obavlja se pomoću sonde PT 100 i to neposredno prije ulaska u uzorak. Brzina zraka nakon prolaza kroz sloj uzorka mjerena je pomoću digitalnog anemometra (Krička i Pilešić, 1994.)

Prilagođena metoda uparavanja, umjesto kolone za uparavanje ("cooking" kolone) koristi visokotlačnu hermetički zatvorenu posudu (slika 2) 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 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



Slika 1. Laboratorijska sušara (Izvor: Krička i Pilešić, 1994.)  
Figure 1 Laboratory drier (Source: Krička and Pilešić, 1994.)



- Legenda:  
1. Zrno ječma  
2. Sigurnosni ventil  
3. Termometarska sonda  
4. Manometar  
5. Brtva  
6. Posuda s poroznim dnom  
7. Električni grijач

Slika 2. Shematski prikaz hermetičke posude  
(Izvor: Krička i Plietić, 1994.)

Figure 2 Schematic view of hermetic vessels  
(Source: Krička i Plietić, 1994.)

se uparavanje uzorka. Posuda se hermetički zatvara kako bi se u sustavu postigla željena vrijednost temperature i tlaka. Zagrijavanje posude obavlja se pomoću Bunsenovog plamenika, a temperatura je regulirana preko regulacije napona uz pomoć promjenjivog otpornika. U posudu su ugrađeni termometar i manometar za kontrolu temperature i tlaka, ventil za ispuštanje suvišne pare te sigurnosni ventil (Matin i sur., 2009.). Prosječna temperatura i vlažnost zraka prilikom istraživanja u laboratoriju određena je psihrometrom, gdje je  $t_0 = 24,5 \text{ }^\circ\text{C}$ , uz  $\phi_0 = 42\%$ . Nakon prikupljanja podataka laboratorijskih istraživanja, provela se statistička obrada dobivenih podataka pomoću statističkog programskog paketa SAS verzije 9.3 (SAS Institute, Cary, NC, USA) uz uporabu GLM procedure i Tukey-evog testa višestrukih usporedbi uz nivo značajnosti  $P \geq 0.05$ .

## REZULTATI I RASPRAVA

Uzorcima je određen udio vlage u sušnici prije i nakon rehidracije te uparavanja, odnosno “cooking” postupka (tablica 1).

Jordanovski i sur. (1993.) u svom istraživanju navode da je prosječna vlaga zrna ječma 10,52%, dok Grgić (2015.) u svom radu utvrđuje vlagu od 9,60%. Ljubisavljević (1985.) spominje da vlaga zrna ječma mora biti oko 13,8%, Kolak (1994.) napominje da vlaga ječma za potrebe prehrambene industrije mora biti manja od 13%, dok Hrgović (2006.) napominje da se žetva ne bi smjela obavljati dok vlaga zrna ne padne ispod 14%, što su vrijednosti, u pravilu, u skladu s ovim istraživanjem. Nakon rehidriranja te “cooking” metode uzorci su sušeni: prirodnim sušenjem (na zraku, na sobnoj temperaturi) i u laboratorijskoj sušari (na  $50 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $60 \text{ }^\circ\text{C}$  i  $70 \text{ }^\circ\text{C}$ ).

Na grafikonu 1 prikazane su krivulje dviju sorata sušene na sobnoj temperaturi nakon rehidracije.

Iz krivulja sušenja može se vidjeti da su obje sorte u istom vremenskom razdoblju (26 sati) postigle približno isti udio vlage: sorta Bravo – 10,23%, a sorta Maxim – 10,79% (grafikon 1). Nadalje, u grafikonima 2 i 3 prikazane su krivulje sušenja sorti ječma na tri različite temperature.

Kod sušenja u laboratorijskoj sušari, iz krivulja sušenja, vidi se da se povećanjem temperature sušenja smanjuje vrijeme potrebno za postizanje željenog udjela vlage (kod obje sorte najduže se sušio uzorak na temperaturi od  $50 \text{ }^\circ\text{C}$ , a najkraće na  $70 \text{ }^\circ\text{C}$ , što je i očekivano). Također, može se primijetiti da je sorti Bravo potrebno više vremena za postizanje

Tablica 1. Udio vlage u uzorcima oljuštenog ječma sorte Bravo i Maxim

Table 1 Moisture content in Bravo and Maxim hulled barley samples

Tretman / Treatment	Vlaga – Moisture, %	
	Bravo	Maxim
Prirodni uzorci / Raw material	12,10 <sup>d</sup> ± 0,08	11,98 <sup>d</sup> ± 0,06
Rehidriranje / Rehydrating	17,33 <sup>c</sup> ± 0,12	18,37 <sup>c</sup> ± 0,14
Uparavanje / Cooking (0,5 bar, 10 minuta)	23,38 <sup>a</sup> ± 0,21	24,37 <sup>a</sup> ± 0,26
Uparavanje / Cooking (0,5 bar, 15 minuta)	22,24 <sup>b</sup> ± 0,18	23,23 <sup>b</sup> ± 0,22

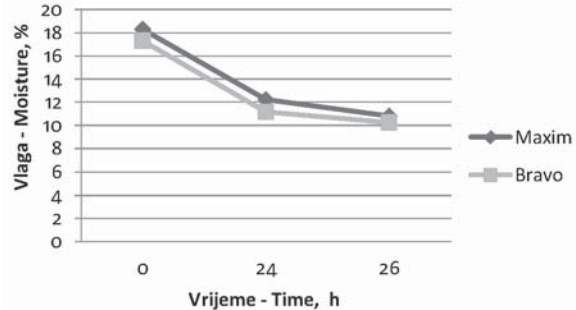
Srednje vrijednosti ± SD, s istim slovom nisu signifikantno različite ( $p < 0,05$ ) prema Tukey-evom HSD testu

The mean values ± SD, with the same letter are not significantly different ( $p < 0.05$ ) according to Tukey's HSD test

željenog postotka vlage od sorte Maxim. Najveća razlika vidljiva je na temperaturi od 50 °C i 60 °C gdje je sorti Bravo bilo potrebno 75 minuta, a sorti Maxim 50 minuta za postizanje vlažnosti manje od 11% (kod sušenja na 70 °C razlike u vremenu sušenja nema) (grafikoni 2 i 3).

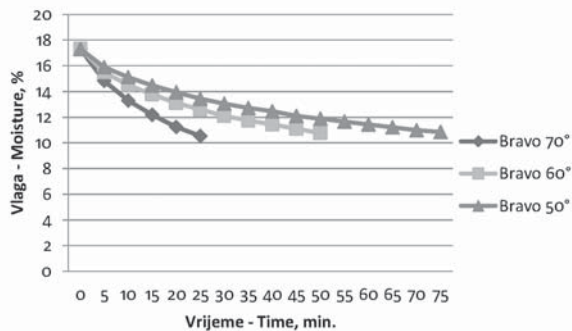
Uzorci obje sorte nakon uparavanja na 0,5 bara i 10 min te sušeni na temperaturi zraka od 50 °C, 60 °C i 70 °C prikazani su u grafikonima 4 i 5.

Na grafikonima 4 i 5 vidljivo je kao i kod sušenja prirodnih uzoraka s povećanjem temperature sušenja, da se vrijeme smanjuje (sorti Bravo na 70 °C bilo je potrebno 45 minuta, a na 50 °C 100 minuta za postizanje vlage manje od 11%, dok je sorti Maxim na sušenju od 70 °C bilo potrebno



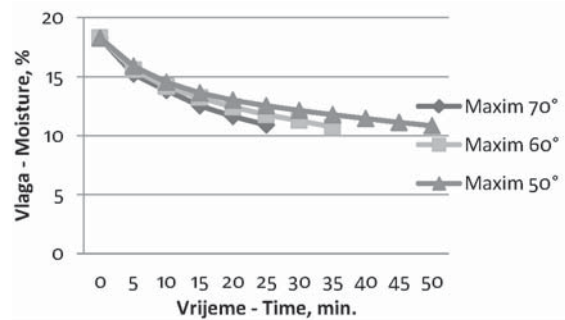
Grafikon 1. Krivulje sušenja sorata Bravo i Maxim na sobnoj temperaturi

Graph 1 Bravo and Maxim drying curves at room temperature



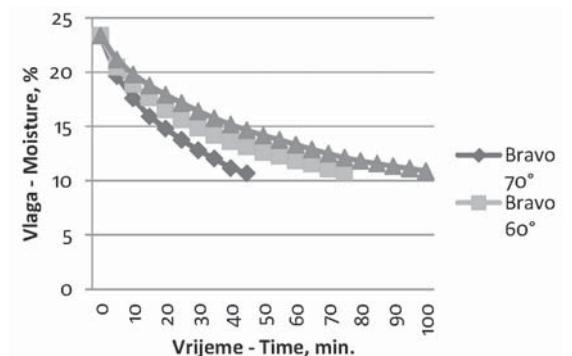
Grafikon 2. Krivulja sušenja sorte Bravo nakon postupka rehidriranja; sušenje na tri različite temperature (50 °C, 60 °C, 70 °C)

Graph 2 Bravo drying curve after rehydration process; drying at three different temperatures (50 °C, 60 °C, 70 °C)



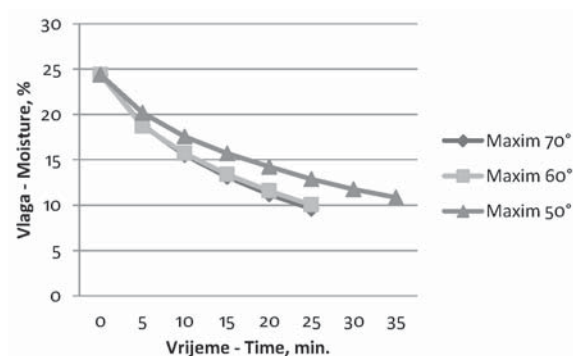
Grafikon 3. Krivulja sušenja sorte Maxim nakon postupka rehidriranja; sušenje na tri različite temperature (50 °C, 60 °C, 70 °C)

Graph 3 Maxim drying curve after rehydration process; drying at three different temperatures (50 °C, 60 °C, 70 °C)



Grafikon 4. Krivulja sušenja sorte Bravo nakon postupka uparavanja na 0,5 bara, 10 minuta; sušenje na tri različite temperature (50 °C, 60 °C, 70 °C)

Graph 4 Bravo drying curve after cooking process at 0.5 bar, 10 minutes; drying at three different temperatures (50 °C, 60 °C, 70 °C)



Grafikon 5. Krivulja sušenja sorte Maxim nakon postupka uparavanja na 0,5 bara, 10 minuta; sušenje na tri različite temperature (50 °C, 60 °C, 70 °C)

Graph 5 Maxim drying curve after cooking process at 0.5 bar, 10 minutes; drying at three different temperatures (50 °C, 60 °C, 70 °C)

25 minuta, a na temperaturi od 50 °C 35 minuta). Iako je početna vlaga nakon uparavanja veća nego kod rehidriranih uzoraka, nema velike razlike u vremenu potrebnom za postizanje željene vlage. Zapravo, kod sorte Maxim potrebno je manje vremena (35 minuta na 50 °C, a 25 minuta na 60 °C kao i na 70 °C) za postizanje željenog udjela vlage u odnosu na sušenje prirodnog uzorka, dok se kod sorte Bravo vrijeme produžilo u odnosu na prirodni uzorak (100 minuta na temperaturi od 50 °C, 75 minuta na 60 °C i 45 minuta na 70 °C). Također se može primijetiti da je sorti Maxim potrebno puno manje vremena da postigne vlagu manju od 11% u odnosu na sortu Bravo na istim temperaturama (kod temperature 50 °C vremenska razlika je 65 minuta za postizanje sličnog postotka vlage).

**Tablica 2. Udio vlage u uzorcima oljuštenog ječma nakon sušenja**

**Table 2 Moisture content in hulled barley samples after drying**

Sorta Variety	Uparavanje Cooking (min)	Sušenje Drying (°C)	Vlaga Moisture (%)	
Bravo	-	prirodno air drying	10,23 <sup>a</sup> ± 0,12	
		50	10,86 <sup>a</sup> ± 0,18	
		60	10,76 <sup>a</sup> ± 0,08	
	-	70	10,54 <sup>a</sup> ± 0,10	
		10	50	10,88 <sup>a</sup> ± 0,16
			60	10,79 <sup>a</sup> ± 0,12
	70		10,71 <sup>a</sup> ± 0,09	
	15	50	10,93 <sup>a</sup> ± 0,06	
		60	10,87 <sup>a</sup> ± 0,10	
70		10,87 <sup>a</sup> ± 0,12		
Maxim	-	prirodno air drying	10,79 <sup>a</sup> ± 0,08	
		50	10,82 <sup>a</sup> ± 0,08	
		60	10,71 <sup>a</sup> ± 0,12	
	-	70	10,89 <sup>a</sup> ± 0,16	
		10	50	10,82 <sup>a</sup> ± 0,14
			60	10,02 <sup>a</sup> ± 0,12
	70		9,58 <sup>a</sup> ± 0,14	
	15	50	10,27 <sup>a</sup> ± 0,16	
		60	10,72 <sup>a</sup> ± 0,12	
70		10,48 <sup>a</sup> ± 0,10		

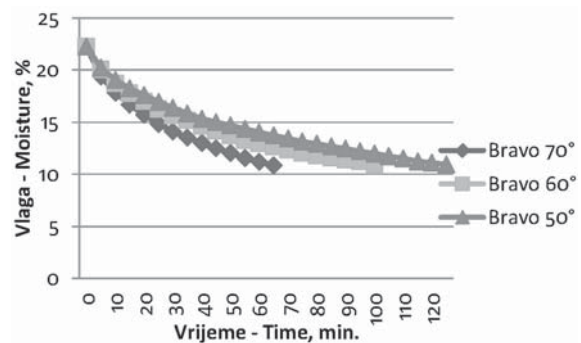
\* „-“ bez tretmana / without treatment

Srednje vrijednosti ± SD, s istim slovom nisu signifikantno različite (p<0,05) prema Tukey-evom HSD testu

The mean values ± SD, with the same letter are not significantly different (p <0.05) according to Tukey's HSD test

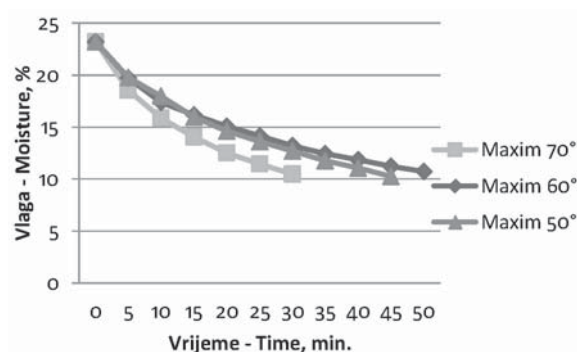
Nadalje, u grafikonima 6 i 7 prikazani su uzorci obje sorte nakon uparavanja na 0,5 bar-a i 15 min te sušeni na tri temperature.

Kod uparavanja u trajanju od 15 minuta, početna vlaga je bila neznatno manja nego kod uparavanja 10 minuta. Unatoč tomu sva su sušenja (na svim temperaturama) trajala duže u odnosu na ista sušenja kod uzoraka koji su bili uparavani 10 minuta. Kao i u svim slučajevima do sada, i ovdje se može vidjeti da sorta Maxim brže postiže željenu količinu vlage od sorte Bravo, kao i da se povećanjem temperature smanjuje vrijeme postizanja vlage manje od 11%.



**Grafikon 6. Krivulja sušenja sorte Bravo nakon postupka uparavanja na 0,5 bara, 15 minuta; sušenje na tri različite temperature (50 °C, 60 °C, 70 °C)**

**Graph 6 Bravo drying curve after cooking process at 0.5 bar, 15 minutes; drying at three different temperatures (50 °C, 60 °C, 70 °C)**



**Grafikon 7. Krivulja sušenja sorte Maxim nakon postupka uparavanja na 0,5 bara, 15 minuta; sušenje na tri različite temperature (50 °C, 60 °C, 70 °C)**

**Graph 7 Maxim drying curve after cooking process at 0.5 bar, 15 minutes; drying at three different temperatures (50 °C, 60 °C, 70 °C)**

Nakon sušenja uzoraka u laboratorijskoj sušari i nakon izrade krivulja sušenja, postotak vlage se provjerio i preciznijom metodom: sušenjem u sušioniku na 105 °C (tablica 2).

Rezultati dobiveni sušenjem uzoraka u sušnici na 105 °C odgovaraju onima dobivenima sušenjem u laboratorijskoj sušari te među uzorcima nisu primijećene statističke razlike.

#### KEMIJSKE ANALIZE

Određivanje količine pepela, masti, škroba i proteina u početnim uzorcima oljuštenog ječma prikazani su u tablici 3., dok su u tablici 4 prikazane količine pepela, masti, škroba i proteina u osušanim i uparenim uzorcima.

**Tablica 3. Sadržaj pepela, masti, škroba i proteina u početnim uzorcima oljuštenog ječma**

**Table 3 Ash, oil, starch and protein content in raw samples of hulled barley**

Sorta Variety	Pepeo Ash (%)	Ulje Oil (%)	Škrob Starch (%)	Proteini Proteins (%)
Bravo	1,71 <sup>a</sup> ± 0,10	3,96 <sup>a</sup> ± 0,18	62,23 <sup>b</sup> ± 0,56	10,72 <sup>a</sup> ± 0,16
Maxim	1,66 <sup>b</sup> ± 0,08	3,04 <sup>b</sup> ± 0,23	66,34 <sup>a</sup> ± 0,68	8,08 <sup>b</sup> ± 0,12

Srednje vrijednosti ± SD, s istim slovom nisu značajno različite (p<0,05) prema Tukey-evom HSD testu  
The mean values ± SD, with the same letter are not significantly different (p <0.05) according to Tukey's HSD test

**Tablica 4. Sadržaj masti, škroba i proteina u osušanim i uparenim uzorcima obje sorte ječma**

**Table 4. Ash, oil, starch and protein content in dried and cooked samples for both barley varieties**

Sorta Variety	Uparavanje Cooking (min)	Sušenje Drying (°C)	Pepeo Ash (%)	Ulje Oil (%)	Škrob Starch (%)	Protein Proteins (%)	
Bravo	-*	prirodno air drying	1,57 <sup>a</sup> ± 0,04	1,91 <sup>a</sup> ± 0,12	68,40 <sup>a</sup> ± 0,62	11,98 <sup>a</sup> ± 0,18	
	-	50	1,60 <sup>a</sup> ± 0,08	2,48 <sup>a</sup> ± 0,16	68,58 <sup>a</sup> ± 0,58	12,08 <sup>a</sup> ± 0,16	
		60	1,60 <sup>a</sup> ± 0,08	2,45 <sup>a</sup> ± 0,18	65,46 <sup>b</sup> ± 0,56	11,45 <sup>b</sup> ± 0,12	
		70	1,54 <sup>a</sup> ± 0,06	2,47 <sup>a</sup> ± 0,15	68,62 <sup>a</sup> ± 0,64	12,16 <sup>a</sup> ± 0,16	
	10	50	1,56 <sup>a</sup> ± 0,02	2,35 <sup>a</sup> ± 0,13	64,42 <sup>c</sup> ± 0,68	11,96 <sup>a</sup> ± 0,14	
		60	1,56 <sup>a</sup> ± 0,04	2,03 <sup>a</sup> ± 0,12	67,70 <sup>a</sup> ± 0,62	11,72 <sup>b</sup> ± 0,12	
		70	1,57 <sup>a</sup> ± 0,04	1,77 <sup>b</sup> ± 0,12	66,58 <sup>b</sup> ± 0,54	11,98 <sup>a</sup> ± 0,14	
	15	50	1,54 <sup>a</sup> ± 0,06	2,42 <sup>ab</sup> ± 0,16	66,14 <sup>b</sup> ± 0,56	11,93 <sup>ab</sup> ± 0,16	
		60	1,54 <sup>a</sup> ± 0,02	2,60 <sup>a</sup> ± 0,18	67,00 <sup>a</sup> ± 0,62	12,36 <sup>a</sup> ± 0,18	
		70	1,45 <sup>a</sup> ± 0,08	2,62 <sup>a</sup> ± 0,13	66,06 <sup>b</sup> ± 0,41	12,17 <sup>a</sup> ± 0,18	
	Maxim	-	prirodno air drying	1,48 <sup>a</sup> ± 0,08	1,90 <sup>a</sup> ± 0,12	72,84 <sup>a</sup> ± 0,52	8,39 <sup>a</sup> ± 0,10
		-	50	1,49 <sup>a</sup> ± 0,06	1,86 <sup>b</sup> ± 0,12	72,94 <sup>a</sup> ± 0,48	8,70 <sup>a</sup> ± 0,08
60			1,49 <sup>a</sup> ± 0,04	1,82 <sup>b</sup> ± 0,18	72,02 <sup>a</sup> ± 0,64	8,49 <sup>ab</sup> ± 0,12	
70			1,45 <sup>a</sup> ± 0,03	2,16 <sup>a</sup> ± 0,16	69,38 <sup>ab</sup> ± 0,64	8,45 <sup>ab</sup> ± 0,14	
10		50	1,55 <sup>a</sup> ± 0,06	1,93 <sup>a</sup> ± 0,18	69,62 <sup>ab</sup> ± 0,58	8,12 <sup>b</sup> ± 0,08	
		60	1,55 <sup>a</sup> ± 0,06	1,88 <sup>ab</sup> ± 0,10	67,94 <sup>b</sup> ± 0,54	8,64 <sup>a</sup> ± 0,10	
		70	1,54 <sup>a</sup> ± 0,03	1,53 <sup>b</sup> ± 0,12	70,22 <sup>a</sup> ± 0,68	8,17 <sup>b</sup> ± 0,10	
15		50	1,47 <sup>a</sup> ± 0,05	1,47 <sup>b</sup> ± 0,14	69,28 <sup>ab</sup> ± 0,58	8,93 <sup>a</sup> ± 0,12	
		60	1,44 <sup>a</sup> ± 0,08	1,64 <sup>ab</sup> ± 0,16	67,00 <sup>b</sup> ± 0,52	8,15 <sup>b</sup> ± 0,14	
		70	1,40 <sup>a</sup> ± 0,09	1,88 <sup>a</sup> ± 0,21	70,68 <sup>a</sup> ± 0,64	8,14 <sup>b</sup> ± 0,12	

\* „-“ bez tretmana / without treatment

Srednje vrijednosti ± SD, s istim slovom nisu značajno različite (p<0,05) prema Tukey-evom HSD testu  
The mean values ± SD, with the same letter are not significantly different (p <0.05) according to Tukey's HSD test

Nešto više vrijednosti pepela u svom istraživanju dobili su Jordanovski i sur. (1993.) i iznosio je 2,62%. Štafa i Stjepanović (2015.) utvrđuju da je udio pepela u suhoj tvari zrna ječma 2,8%, dok Pospišil (2010.) navodi udio pepela 2,3 – 3,0%. Baik i Ullrich (2008.) navode da se sadržaj pepela u samljevenom ječmu kreće oko 1%, što je u skladu s dobivenim rezultatima. Svi uzorci koji su uparavani 10 minuta imaju nešto veći udio pepela u suhoj tvari u odnosu na uzorke uparavane 15 minuta. Razlika u udjelu pepela u suhoj tvari zbog sušenja na različitim temperaturama nije primjetna.

Kod istraživanja kemijskog sastava ječma, Jordanovski i sur. (1993.) dobivaju da je prosječni udio masti iznosio 2,24%, dok Šimić (2009.) u svom radu govori o 2-3% masti u zrnu ječma. Također, niže vrijednosti navodi i Ljubisavljević (1985.) gdje udio masti iznosi 2,5%, Štafa i Stjepanović (2015.) navode 2,1% masti u zrnu ječma, a Pedrotti (2003.) utvrđuje 1,4% masti u poliranom zrnu ječma.

Iz dobivenih rezultata vidljivo je da ječam sorte Maxim ima veći postotak masti u odnosu na ječam sorte Bravo, međutim dobiveni rezultati potvrđuju literaturne navode.

Šimić (2009.) u svom istraživanju navodi da udio škroba u neoljuštenom ječmu iznosi 51-67%, dok Grgić (2015.) dobiva 62,17% škroba u ječmu. Gagro (1997.) navodi da zrno ječma sadrži 70 – 75% škroba. Također, provedena istraživanja literaturno su potvrđena.

Ljubisavljević (1985.) napominje da udio proteina kod ječma mora biti oko 10%, Štafa i Stjepanović (2015.) navode da je udio proteina 10,1%, a Gagro (1997.) 10-15% proteina u zrnu ječma. U svom istraživanju Jordanovski navodi da je udio proteina 11,81%, Šimić (2009.) govori o 8-15%, a Grgić (2015.) 13,76% proteina u ukupnom kemijskom sastavu ječma. Newman i Newman (1991.) navode sadržaj proteina 10-13%. Vlastita istraživanja unutar su literaturnih navoda.

## ZAKLJUČAK

Na temelju vlastitih istraživanja, iz rezultata dobivenih analizom dvije sorte oljuštenog ječma (Bravo i Maxim), može se zaključiti sljedeće:

1. Krivulje sušenja pokazale su da se povećanjem temperature sušenja smanjuje vrijeme sušenja. Sorta Maxim je brže otpuštala vodu od sorte Bravo pri svim temperaturama, bez obzira na doradu (kondukcijsko sušenje i uparavanje).
2. Nakon uparavanja i kondukcijskog sušenja na tri različite temperature (50 °C, 60 °C, 70 °C) udio pepela u suhoj tvari kod sorte Bravo i Maxim je padao, neovisno o temperaturi sušenja, kao i o vremenu uparavanja. Nakon metode uparavanja i termičke dorade konvekcijskim sušenjem vidljivo je smanjenje postotka masti. Općenito je sorta Bravo bogatija mastima u odnosu na sortu Maxim. Nakon termičke dorade udio škroba se povećao. Sorta Maxim je bogatija škrobom u odnosu na sortu Bravo. Nakon postupka uparavanja i obavljene termičke dorade konvekcijskim sušenjem kod većine uzoraka došlo je do povećanja udjela proteina.
3. Iz svih dobivenih rezultata vidljivo je da metoda uparavanja dovodi do promjena nutritivnog sastava zrna ječma, odnosno dovodi do povećanja proteina te povećanja probavljivosti škroba u oljuštenom zrnu ječma.



## LITERATURA

1. Baik, B. K.; Ullrich, S. E. (2008.): Barley for food: characteristics, improvement, and renewed interest. *Journal of Cereal Science*, 48(2), 233-242.
2. Bergh, M.O.; Razdan, A.; Aman, P. (1999.): Nutritional influence of broiler chicken diets based on covered normal, waxy and high amylose barleys with or without enzyme supplementation. *Animal Feed Science Technology* 78 (3-4): 215-226.
3. Čengić, S., Muratović S., Handžić, R., Džomba, E. (2000.): Probavljivost obroka i neki pokazatelji fermentacije u buragu u hranidbi ovnova. *Krmiva* 42, Zagreb. 2:83-87.
4. 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.
5. Gagro, M. (1997.): Ratarstvo obiteljskog gospodarstva: žitarice i zrnate mahunarke. *Hrvatsko agronomsko društvo*, Zagreb, str. 38.
6. Grgić, I. (2015.): Korelacija reoloških svojstava ječma i kvalitete slada. *Diplomski rad*. Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek.
7. Hrgović, S. (2006.): Osnove agrotehnike proizvodnje: ječma, zobi i raži. *Glasnik zaštite bilja* 1/2006. 15-32.
8. HRN EN ISO 2171:2010 (2010.): Određivanje sadržaja pepela spaljivanjem. *Croatian Standards Institute*.
9. HRN EN ISO 5983:2010 (2010.): Određivanje udjela sirovih proteina. *Hrvatski zavod za normizaciju*.
10. HRN ISO 6492:2001 (2001.): Određivanje udjela sirovih masti. *Hrvatski zavod za normizaciju*.
11. HRN ISO 6493:2001 (2001.): Određivanje udjela škroba. *Hrvatski zavod za normizaciju*.
12. HRN ISO 6540:2002 (2002.): Određivanje sadržaja vlage mljevenog zrna. *Hrvatski zavod za normizaciju*.
13. Jordanovski, N.; Sotirova, V.; Georgievski, S. (1993.): Kemijski sastav i hranjiva vrijednost nekih krmiva u Republici Makedoniji. *Krmiva* 35, Zagreb 4:179-182.
14. Katić, Z. (1997.): Sušenje i sušere u poljoprivredi. *Multigraf*, Zagreb, str. 124.
15. Kolak, I. (1994.): Sjemenarstvo ratarskih i krmnih kultura. *Naknadni zavod Globus*, Zagreb, str. 42.
16. Krička, T.; Pilešić, S. (1995.): Promjena brzine sušenja zrna kukuruza u zavisnosti o hibridu. *Agronomski glasnik* 1-2/95. 55- 65.
17. Krička, T.; Pilešić, S. (1994.): Brzina sušenja perforiranog i neperforiranog zrna kukuruza nakon "cooking" postupka. *Krmiva* 36, Zagreb. 6:281-289.
18. Ljubisavljević, M. (1985.): *Zrnasti proizvodi u prometu*. Nolit, Beograd, str. 13.
19. Markowski, M.; Białobrzewski, I.; Modrzewska, A. (2010.): Kinetics of spouted-bed drying of barley: Diffusivities for sphere and ellipsoid. *Journal of Food Engineering*, 96(3), 380-387.
20. 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.
21. Mohapatra, D.; Rao, P.S. (2005.): A thin layer drying model of parboiled wheat. *Journal of food engineering*, 66(4), 513-518.
22. Newman, C. W.; Newman, R. K. (2006.): A brief history of barley foods. *Cereal foods world*. January-February, vol.51, NO.1, 4-7.
23. Newman, R.K.; Newman, C.W. (1991.): Barley as a food grain. *Cereal Foods World* 36, 800-805.
24. Pedrotti, W. (2003.): Žitarice: svojstva, primjena i djevanje. *Trsat d.o.o.*, Zagreb, str. 38-52.
25. Pospišil, A. (2010.): *Ratarstvo*, I. dio. *Zrinski d.d.*, Čakovec, str. 47.
26. SAS 9.3: *SAS Institute Inc.*, Cary, NC, USA.
27. Šimić, G. (2009.): Utjecaj genotipa i okolišnih uvjeta na parametre sladarske kakvoće ozimog ječma (*Hordeum Vulgare* L.). *Doktorski rad*. Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek.
28. Štafa, Z.; Stjepanović, M. (2015.): Ozime i fakultativne krmne kulture: proizvodnja i korištenje. *Hrvatska mljekarska udruga*, Zagreb, str. 173.
29. Wilcke, W.F.; Hellevang, K.J. (2002.): *Wheat and Barley Drying*. *Communication and Educational Technology Services*, University of Minnesota Extension, str. 1-2.

## SUMMARY

During the processing of barley grain for the purposes of human consumption, the hull of the grain is removed and such a grain of barley has reduced nutritional value. In order to improve the nutritional properties of barley after the hull of the grain is removed, it was subject to thermal treatment by cooking method to achieve starch's gelatinization. It was therefore necessary to conduct the research on the nutritional properties of hulled barley grains before and after steaming method (cooking procedure) and drying, in order to determine the influence of such thermal treatment to the nutritional composition of the grain. In this paper two varieties of barley were covered, Bravo and Maxim. For the hulled grains of these two varieties the nutritional composition was determined i.e. chemical properties according to standard methods for the determination of moisture content, ash content, oil, proteins and starch. After the cooking method at a pressure of 0.5 bar for the period of 10 or 15 minutes, and drying of the samples at 50 °C, 60 °C and 70 °C, the nutritional composition of each sample was determined. Research has shown that cooking method causes the change of the nutritional composition of hulled barley grain because all components of the nutritional composition were changed in comparison with the initial samples. The content of crude fat and starch decreased, while the share of crude protein increased.

Key words: hulled barley, steaming, drying, nutritional composition