

Ispitivanje kvalitete medenjaka proizvedenih od pivarskog ječmenog slada i pšeničnog brašna

Čevapović, Iva

Master's thesis / Diplomski rad

2019

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, FACULTY OF FOOD TECHNOLOGY / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:109:103634>

Rights / Prava: [Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International/Imenovanje-Nekomercijalno-Bez prerada 4.0 međunarodna](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-19**

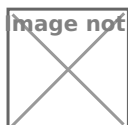


image not found or type unknown

Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Food Technology Osijek](#)



image not found or type unknown

**SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
PREHRAMBENO-TEHNOLOŠKI FAKULTET OSIJEK**

Iva Čevapović

**ISPITIVANJE KVALITETE MEDENJAKA PROIZVEDENIH OD PIVARSKOG
JEČMENOG SLADA I PŠENIČNOG BRAŠNA**

DIPLOMSKI RAD

Osijek, srpanj, 2019.

**TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA
DIPLOMSKI RAD**

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek
Zavod za prehrambene tehnologije
Katedra za tehnologije prerade žitarica
Franje Kuhača 20, 31000 Osijek, Hrvatska

Znanstveno područje: Biotehničke znanosti
Znanstveno polje: Prehrambena tehnologija
Nastavni predmet: Tehnologija proizvodnje tjestenine i keksarskih proizvoda
Tema rada: je prihvaćena na IX. redovitoj sjednici Fakultetskog vijeća Prehrambeno-tehnološkog fakulteta Osijek u akademskoj godini 2018./2019. održanoj 27. lipnja 2019.
Mentor: prof. dr. sc. *Marko Jukić*
Pomoć pri izradi: izv. prof. dr. sc. *Jasmina Lukinac Čačić*

UTJECAJ DODATKA JEČMENOG SLADA NA SVOJSTVA ČAJNOG PECIVA

Iva Čevapović, 0113136013

Sažetak: Cilj ovog rada bio je ispitati utjecaj zamjene dijela pšeničnog brašna s brašnom specijalnih tipova ječmenog slada (u udjelima 20, 40 i 60 %) i smanjenja količine dodane saharoze (66,6%, 33,3% i 0%) na kvalitetu medenjaka. Određen je sadržaj vlage u medenjacima, fizikalna svojstva kao što su promjer, debljina, faktor širenja, specifični volumen, teksturalna svojstva i boja čajnog peciva te je provedena senzorska ocjena uzoraka.

Na temelju dobivenih rezultata može se zaključiti da smanjenje dodatka saharoze uzrokuje značajno povećanje vlage medenjaka kod uzoraka od čistog pšeničnog brašna, ali ne i u uzorcima medenjaka s dodatkom sladnog brašna. Promjer i faktor širenja medenjaka se značajno smanjuju, a debljina povećava proporcionalno sa smanjenjem dodatka šećera za uzorke od pšeničnog brašna. Dodatkom sladnog brašna promjer medenjaka se značajno ne mijenja dok se debljina i specifični volumen smanjuju, a faktor širenja povećava zbog prisutnosti vlastitih šećera u sladu. Uzorci s 20% dodatka svijetlih tipova sladnog brašna imaju najveći indeks lomljivosti.

Svjetlina medenjaka opada proporcionalno dodatku sladnog brašna. Medenjaci s dodatkom svjetlijih vrsta slada imaju ugodnu slatkastu aromu i puni okus te se ova sladna brašna mogu dodavati kao zamjena za pšenično brašno u količinama do 40% uz istovremeno smanjenje dodatka šećera za proizvodnju nutritivno poboljšanog i prihvatljivog proizvoda.

Ključne riječi: medenjak, sladno brašno, fizikalna svojstva, senzorska svojstva

Rad sadrži: 46 stranica
20 slika
1 tablica
34 literaturna referenca

Jezik izvornika: Hrvatski

Sastav Povjerenstva za ocjenu i obranu diplomskog rada i diplomskog ispita:

1.	prof. dr. sc. <i>Daliborka Koceva Komlenić</i>	predsjednik
2.	prof. dr. sc. <i>Marko Jukić</i>	član-mentor
3.	izv. prof. dr. sc. <i>Jasmina Lukinac Čačić</i>	član
4.	doc. dr. sc. <i>Mirela Lučan</i>	zamjena člana

Datum obrane: 12. srpnja 2019.

Rad je u tiskanom i elektroničkom (pdf format) obliku pohranjen u Knjižnici Prehrambeno-tehnološkog fakulteta Osijek, Franje Kuhača 20, Osijek.

BASIC DOCUMENTATION CARD

GRADUATE THESIS

University Josip Juraj Strossmayer in Osijek
Faculty of Food Technology Osijek
Department of Food Technology
Subdepartment of grain processing technologies
Franje Kuhača 20, HR-31000 Osijek, Croatia

Scientific area: Biotechnical sciences
Scientific field: Food technology
Course title: Technology of pasta and biscuit production
Thesis subject: was approved by the Faculty of Food Technology Osijek Council at its session no. IX held on June 27, 2019.
Mentor: *Marko Jukić*, PhD, full prof.
Technical assistance: *Jasmina Lukinac Čačić*, PhD, assoc. prof.

QUALITY EVALUATION OF GINGERBREADS PRODUCED FROM COMPOSITE BLENDS OF BREWER'S BARLEY MALT AND WHEAT FLOUR

Iva Čevapović, 0113136013

Summary: The aim of this study was to investigate the effect of replacing part of wheat flour (20, 40 and 60 %) with malted brewer's barley flour and reducing sugar addition on gingerbreads quality. Moisture, width, thickness, spread factor, specific volume, textural properties and colour of cookies were evaluated. Sensory evaluation was also conducted.

Based on the results of the research carried out it can be concluded that reduced sugar addition causes a significant increase in the moisture content of wheat flour gingerbreads, but not in the samples with the malted flour. Width and spread factor of gingerbreads decreased, and the thickness increased, proportional with the reduction of added sucrose. By increasing the share of malt flour in gingerbreads, width has not been significantly affected while thickness and volume decreases and spread factor increases due to the presence of its own sugar in the malted flour. Samples with addition of 20% of the light types of malted flour had the highest snapping index. Brightness decreases proportionally with the addition of malted flour.

Gingerbreads with the addition of lighter malts have a pleasant sweet and full flavour, and these flour can be added as a substitute for wheat flour in amounts up to 40%, with simultaneous reduction of sugar addition to produce a nutritionally enhanced and acceptable product.

Key words: gingerbreads, malted barley flour, physical properties, sensory evaluation

Thesis contains: 46 pages
20 figures
1 table
34 references

Original in: Croatian

Defense committee:

- | | | |
|----|--|--------------|
| 1. | <i>Daliborka Koceva Komlenić</i> , PhD, full prof. | chair person |
| 2. | <i>Marko Jukić</i> , PhD, full prof. | supervisor |
| 3. | <i>Jasmina Lukinac Čačić</i> , PhD, assoc. prof. | member |
| 4. | <i>Mirela Lučan</i> , PhD, assist. prof. | stand-in |

Defense date: July 12, 2019

Printed and electronic (pdf format) version of thesis is deposited in Library of the Faculty of Food Technology Osijek, Franje Kuhača 20, Osijek.

Zahvaljujem se svom mentoru izv. prof. dr. sc. Marku Jukiću na strpljenju i svim savjetima , uloženom trudu i vremenu pri izradi diplomskog rada.

Također se zahvaljujem svi mojim prijateljima i kolagama na savjetima i podršci tijekom moga studiranja, te što su moj studentski život učinili posebnim i nezaboravnim.

Najveće hvala mojoj obitelji i dečku, što su bili uz mene kada sam padala i dizala se, što su vjerovali u mene i onda kada ja nisam, jer bez njihove ljubavi i podrške ne bih ovo postigla i ništa ne bi bilo moguće.

Sadržaj

1. UVOD	1
2. TEORIJSKI DIO	3
2.1. MEDENJAK	4
2.2. SIROVINE ZA IZRADU MEDENJAKA	4
2.2.1. <i>Pšenično brašno</i>	4
2.2.2. <i>Med</i>	5
2.2.3. <i>Šećer (Saharoz)</i>	6
2.2.3.1. <i>Uloga šećera tijekom zamjesa</i>	6
2.2.3.2. <i>Uloga šećera tijekom pečenja</i>	7
2.2.4. <i>Masnoće</i>	8
2.2.5. <i>Voda</i>	9
2.2.6. <i>Sredstva za narastanje</i>	9
2.2.7. <i>Ostale sirovine</i>	9
2.3. TEHNOLOŠKI PROCES PROIZVODNJE MEDENJAKA	10
2.3.1. <i>Priprema sirovina</i>	11
2.3.2. <i>Zamjes tijesta</i>	11
2.3.3. <i>Oblikovanje tijesta</i>	12
2.3.4. <i>Pečenje</i>	13
2.3.5. <i>Hlađenje</i>	13
2.3.6. <i>Pakiranje i skladištenje medenjaka</i>	14
2.4. PIVARSKI JEČAM (<i>HORDEUM DITICHUM</i>)	15
2.5. PIVARSKI JEČMENI SLAD	16
2.5.1. <i>Proizvodnja ječmenog slada</i>	16
2.6. OSNOVNI TIPOVI SLADA	18
2.6.1. <i>Svijetli slad</i>	18
2.6.2. <i>Tamni slad</i>	19
2.7. SPECIJALNI TIPOVI SLADA	19
2.7.1. <i>Prženi slad</i>	20
2.7.2. <i>Karamelni slad</i>	20
2.7.3. <i>Proteolitički i kiseli slad</i>	21
3. EKSPERIMENTALNI DIO	22
3.1. ZADATAK	23
3.2. MATERIJALI	23
3.3. METODE	24
3.3.1. <i>Laboratorijska proizvodnja čajnog peciva</i>	24
3.3.2. <i>Ispitivanje fizikalno-kemijskih svojstava medenjaka</i>	26
3.3.3. <i>Određivanje boje površine medenjaka</i>	26
3.3.4. <i>Senzorska ocjena medenjaka</i>	27
3.3.5. <i>Statistička obrada rezultata</i>	27
4. REZULTATI	28
4.1. REZULTATI ISPITIVANJA FIZIKALNO-KEMIJSKIH SVOJSTAVA ČAJNOG PECIVA	29
4.2. REZULTATI SENZORSKOG OCJENJIVANJA MEDENJAKA	34
5. RASPRAVA	38
6. ZAKLJUČCI	42
6. LITERATURA	44

1. UVOD

Medenjaci su popularna vrsta keksarskog proizvoda koji sadrži med i različite začine (cimet, klinčić, anis, đumbir, muškadni oraščić...), a za njih se veže tradicija kao jednih od najraširenijih božićnih keksa koji se proizvode u svijetu. Medenjaci su specifični po svojoj recepturi koja, osim brašna, uključuje prilično velike količine masnoće i meda. Kod proizvodnje medenjaka najčešće se koristi pšenično brašno, ali kako ova vrsta proizvoda zahtjeva mali sadržaj proteina mogu se koristiti i brašna drugih žitarica koja su siromašnija proteinima, odnosno glutenom. Kao zamjena za pšenično brašno može se upotrijebiti i ječmeno brašno zbog svojih funkcionalnih svojstava (visokog udjela β -glukana, lignana, fenolnih spojeva i esencijalnih vitamina i minerala), a za sada je još vrlo malo istraživanja koja koriste brašno ječmenog slada kao zamjenu za pšenično brašno. Specijalni tipovi ječmenog slada pridonose razvoju specifičnih senzorskih svojstava (okus, boja, aroma) koja daju poseban karakter u proizvodnji medenjaka.

Vanjska i unutrašnja svojstva keksa definiraju kvalitetu keksarskih proizvoda. Vanjski faktori koji određuju kvalitetu keksarskih proizvoda su: oblik, boja i izgled površine, a unutrašnji faktori su: prijelom, struktura, tekstura, miris i okus.

Cilj ovog rada bio je ispitati utjecaj zamjene dijela pšeničnog brašna brašnom specijalnih tipova pivarskog ječmenog slada u različitim udjelima uz smanjenje količine dodane saharoze na kvalitetu medenjaka u svrhu utvrđivanja optimalne recepture za dobivanje nutritivno poboljšanog i prihvatljivog proizvoda.

2. TEORIJSKI DIO

2.1. MEDENJAK

Medenjак je proizvod dobiven od mlinskih proizvoda i/ili škroba, šećera, meda, škrobnog sirupa, masnoća, začina i aditiva (Pravilnik o žitaricama i proizvodima od žitarica, NN 81/16).

Na tržištu se nalazi široka ponuda medenjaka, bilo da su to medenjaci s dodatcima, medenjaci s preljevom od čokolade ili šećernom glazurom, te medenjaci koji se mogu puniti, ukrašavati i dodatno dorađivati. Sirovine koje se koriste u proizvodnji medenjaka ovise o samoj recepturi medenjaka i proizvoda kojeg želimo dobiti (Manley, 2003).

Medenjaci imaju dugu tradiciju, te se proizvode na različite načine s različitim mješavinama začina koje određuju vrstu medenjaka u pojedinom području. U suvremenoj industrijskoj proizvodnji najprije se izrađuje medeno tijesto koje nakon odmaranja ide na zamjes tijesta za medenjake s preostalim sirovinama. Takvo tijesto se zatim oblikuje, peče i hladi, te preljeva s čokoladnim ili nekim drugim preljevima kako bi se spriječilo isušivanje medenjaka (Gavrilović, 2003).

Kod proizvodnje tijesta za medenjake zamjes može biti tvrdi ili meki. Tvrdi zamjes ima puno više vode i manje masnoća, za razliku od mekog zamjesa koji ima manju količinu vode, a više masnoća i šećera. Zbog toga takvo tijesto lako puca i ima malu rastezljivost, dok je tvrdi zamjes čvrst i rastezljiv. Oprema za proizvodnju medenjaka je prilagođena tipu tijesta te obliku pojedine vrste medenjaka (Manley, 2000).

Karakteristična svojstva medenjaka su: izrazito slatki okus, karakteristična aroma, imaju relativno nisku vlažnost i dugu trajnost, ali zadržavaju sočnost i svjež okus.

2.2. SIROVINE ZA IZRADU MEDENJAKA

2.2.1. Pšenično brašno

Pšenično brašno je proizvod koji je dobiven određenim tehnološkim postupkom mljevenja mlinski očišćene i pripremljene pšenice (Kljusurić, 2000). Pšenica pripada u porodicu trava, rod *Triticum*, a kod proizvodnje brašna imamo tri značajne vrste pšenice: *Triticum aestivum* (meka ili obična pšenica), *Triticum compactum* (patuljasta pšenica) i *Triticum durum* (tvrda pšenica).

Najčešće korišteni tipovi pšeničnog brašna u proizvodnji medenjaka su T-400 i T-550. Veliku važnost ima granulacija brašna, a sam izbor brašna ovisi o sirovinskom sastavu tijesta i načinu mehaničke obrade (Gavrilović, 2011). Brašna s krupnijim česticama imaju manju ukupnu specifičnu površinu što smanjuje sposobnost upijanja vode. U proizvodnji medenjaka optimalna granulacija brašna je oko 50 μm s manje od 10% čestica većih od 130 μm (Manley, 2000).

Kod proizvodnje medenjaka kvaliteta brašna i tijesta ovise o udjelu proteina. Veliki razvoj glutena nije poželjan te se u proizvodnji koriste brašna s niskim udjelom proteina. Sprječavanje prekomjernog razvoja glutena kod proizvodnje medenjaka postiže se dodavanjem relativno velikih količina masnoća i šećera (Gavrilović, 2011).

2.2.2. Med

U proizvodnji medenjaka i drugih medenih kolača med se svrstava kao osnovna sirovina. Med je najstarija vrsta zaslađivača, gust je, sladak, viskozan, vrlo poseban i skup sirup koji se koristi u proizvodnji medenjaka zbog posebnog okusa koji karakterizira proizvod. Sastav i okus variraju ovisno o vrsti cvijeća koje pčele posjećuju. Po sastavu med je prirodni invertni šećer koji se stvara u organizmu pčele i sazrijeva u saću (Manley, 2003).

Med predstavlja prezasićenu otopinu šećera, gdje su glavni sastojci šećeri (oko 76%) prvenstveno glukoza i fruktoza, te saharoza. Sadrži još i vodu (oko 18%), organske kiseline, bjelančevine, minerala i vitamine (oko 6%). Med se može podijeliti u više kategorija: prema podrijetlu, dijeli se na nektarni ili cvjetni med i medljikovac, prema geografskom podrijetlu možemo ga podijeliti na planinski i poljski i prema botaničkom podrijetlu na monoflorni i poliflorni. Udio vode utječe na kristalizaciju, viskoznost, a vrlo važnu ulogu ima kod čuvanja meda. Med je higroskopan, i upravo taj udio vode definira njegovu stabilnost i otpornost na fermentaciju. Med mora sadržavati 70% smjese glukoze i fruktoze, a u smjesi mora biti više fruktoze nego glukoze, te sadržaj saharoze ne smije biti veći od 5%. Glukoza i fruktoza daju slatkast okus medu te su važne komponente jer mu određuju fizikalna svojstva poput gustoće, viskoznosti i sklonosti kristalizaciji (Mujić i sur, 2014).

Vrstu meda karakteriziraju specifična kemijska, fizikalna i organoleptička svojstva. Med u kemijskom pogledu predstavlja smjesu s više od 70 različitih komponenata (Batinić, 2014). Neke

od tih komponenata podrijetlom su od medonosne biljke, za neke su zaslužne pčele, a neke nastaju zrenjem u saću (Krell, 1996). Fizikalna svojstva meda su: viskoznost, električna provodljivost, indeks refrakcije i dr., a povezana su s kemijskim svojstvima meda. Od ogranoleptičkih svojstava najvažnija su boja, miris i okus, a ovise o botaničkom podrijetlu, količini mineralnih tvari, željeza, bakra i mangana (Batinić, 2001).

2.2.3. Šećer (Saharoza)

Saharoza ili konzumni šećer se dobiva iz šećerne repe ili šećerne trske, te je najznačajniji zaslađivač u proizvodnji finih pekarskih i srodnih proizvoda. Tijekom pečenja neotopljeni šećer se u potpunosti otapa te doprinosi širenju proizvoda. Količina dodanog šećera u zamjesu pridonosi tvrdoći, svježini (hrskavosti), boji i volumenu proizvoda (Hoseney, 1994). Saharoza pridonosi slatkastom okusu proizvoda, te utječe na strukturu i teksturu proizvoda. Pri zamjesu, saharoza smanjuje osmotsku aktivnost vode te usporava bubrenje škroba te dolazi do sporijeg oblikovanja tijesta. Povećava pokretljivost tijesta odnosno smanjuje viskozitet tijesta (Gavrilović, 2000).

Šećer u prahu ima prednost uporabe u tijestima gdje je udio vlage ispod 25% za različite skupine keksa, jer se on brže otapa tijekom zamjesa tijesta. Maksimalna veličina čestica šećera u prahu je 100 μm (Gavrilović, 2011).

2.2.3.1. Uloga šećera tijekom zamjesa

Glavni korak u pripremi tijesta je miješanje sastojaka i ispunjava višestruke namjene: miješanje sastojaka u jednoličnu smjesu, disperzija zraka u masnu fazu tijesta, disperzija masne faze u vodenu fazu tijesta, otapanje kristala šećera u vodenu fazu, sprječavanje razvoja matrice glutena i sprječavanje potpunog otapanja masnih kristala. Kako bi spriječili prekomjernu hidrataciju glutena šećer se može prethodno otopiti u vodi (Manley, 2011).

Vrijeme miješanja, temperatura i brzina miješanja također imaju važan utjecaj na razvoj strukture, a prekomjerno miješanje može potaknuti prekomjeren razvoj glutena (Charun i sur., 2000). Tijekom zamjesa u mješavinu šećera i masti ugrađuju se mjehurići zraka. Masna faza sastoji se od tekućeg ulja i kristala masti, a faza zraka je raspršena u tekućoj fazi (Kweon i sur.,

2014), i stabilizirana je šećerom i kristalima masti (Brooker, 1993.). Kristali šećera utječu na stvaranje kristala masti manje veličine tijekom miješanja, čime se povećava njihovo stabilizirajuće djelovanje na mjehuriće zraka i povećava se aeracija (Hesso i sur., 2015.). Povećana aeracija ima važnu ulogu u poroznosti pečenih proizvoda. Masna faza dispergirana u otopini šećera, ne doprinosi koheziji tijesta. Granule škroba su djelomično nabubrene i ostaju kao raspršena faza tijesta. Stoga se kohezija tijesta pripisuje kontinuiranoj fazi šećernog (saharoznog) sirupa, gdje je kohezija uzrokovana vodikovim vezama između faze sirupa i čestica brašna (Chevallier i sur., 2000a).

Otopljeni šećeri utječu na viskoznost tijesta i pokretljivost vode, što utječe na kinetiku hidratacije glutena. Kod miješanja šećeri se mogu prethodno otopiti u vodi, umjesto dodavanja u kristalnom stanju, a na taj način u velikoj mjeri se ograničava razvoj glutena. Ostali čimbenici koji kontroliraju brzinu hidratacije glutena su temperatura dodane vode (koja može biti ledeno hladna) i pH tijesta. Za otapanje saharoze tijekom miješanja treba vremena, a time polagano otapanje omogućuje djelomičnu hidrataciju i razvoj glutena. Otopljeni šećer natječe se s glutenom i oštećenim škrobom za vodu (Kweon i sur., 2014). Pri visokim udjelima šećera otapanje je toliko sporo da lokalne koncentracije šećera ostaju visoke, što dovodi do rekristalizacije šećera tijekom pečenja (Chevallier i sur., 2000).

2.2.3.2. Uloga šećera tijekom pečenja

Tijekom proizvodnje keksa pečenje ima sljedeće ciljeve: generiranje plina, stvaranje strukture keksa (preko ekspanzije mjehurića), širenje keksa, fiksiranje i stabilizacija nastale porozne strukture, uklanjanje vlage, djelomična želatinizacija škroba, te nastajanje boje keksa (Chevallier i sur., 2002; Pareyt i Delcour, 2008; Misra i Tiwari, 2014). Kristali saharoze koji su još prisutni počinju se topiti povećanjem temperature i uslijed kondenzacije vode na površini tijesta. Otapanje kristala šećera ima dvojaku ulogu: povećava volumen otapala, što pridonosi širenju keksa, te povećava viskoznost otapala (Chevallier i sur., 2000).

U fazi procesa pečenja formira se glutenska mreža, koja u velikoj mjeri kontrolira konačnu strukturu keksa. U završnim fazama pečenja, nakon postavljanja konačne strukture čvrste elastične glutenske rešetke, otvaranja pora i smanjenja sadržaja vlage, osobito na površini, dolazi do dvije značajne fizičko-kemijske transformacije šećera: djelomične rekristalizacije koja

uzrokuje površinsko pucanje čajnog peciva i hidrolize saharoze u glukozu i fruktozu (invertni šećer). Hidroliza saharoze osigurava reducirajuće šećere za Maillardove reakcije i na taj način osigurava nastajanje boje gotovog proizvoda. Otapanje šećera tijekom pečenja doprinosi povećanju viskoznosti tijesta povećanjem volumena otapala što na brzinu širenja, konačni promjer i visinu čajnog peciva (Pareyt i sur., 2009).

2.2.4. Masnoće

Korištenjem masnoća u tijestu dobiva se tijesto koje je mekše konzistencije, te je potrebno uložiti znatno manje energije tijekom zamjesa, a zbog manjeg otpora tijesto se mehanički lakše obrađuje (Gavrilović, 2011). Pri zamjesu je mast u tijestu raspoređena u tankim slojevima i povezana preko svojih hidrofobnih veza s hidrofobnim vezama proteina brašna. Dolazi do interakcije između prirodnih polarnih lipida brašna s prirodnim polarnim lipidima masti i nastaju lipoproteini koji imaju važnu ulogu u nastajanju plastično-elastičnih i elastično-plastičnih svojstava. Ponašanje tijesta regulira mast preko svojih svojstva plastičnosti i sposobnosti apsorpcije mjehurića zraka. Na konzistenciju tijesta utječu i nepolarni trigliceridi masti, te djeluju kao omekšivači tijesta (Gavrilović, 2003).

Važnu funkciju tijekom zamjesa tijesta imaju plastična svojstva masti za pečenje. Na smanjenu čvrstoću strukturne organizacije kompleksa glutena utječe čvrsta faza triglicerida, a na pokretljivost tijesta utječe tekuća faza triglicerida. Tijekom mehaničke obrade mast smanjuje skupljanje tijesta jer smanjuje napetosti koje dovode do deformacije oblikovanog tijesta. Kod zamjesa tijesta bitan je redoslijed dodavanja vode i masti, a za optimalan razvoj tijesta utvrđeno je istovremeno dodavanje masti i vode brašnu. Raspoređivanje masti po česticama brašna ograničava pristup vodi i hidrataciju proteina i škroba.

U keksarstvu se najviše upotrebljava biljna mast, dok je u pogledu senzorskih svojstava maslac najpoželjnija masnoća. Mast treba imati potrebnu stabilnost i sposobnost održivosti tijekom čitavog tehnološkog procesa proizvodnje i vijeka trajanja proizvoda da bi se spriječilo kvarenje (Gavrilović, 2003).

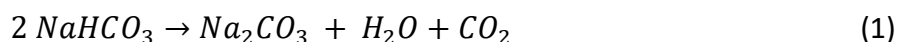
2.2.5. Voda

Voda koja u tijestu nalazi se u slobodnom i vezanom obliku. Količina slobodne vode koja je prisutna u tijestu regulira visko-elastična svojstva tijesta. Vezana voda se nalazi u sastavu glutena, vezana preko polarnih skupina proteina brašna, i u škrobu, kao kapilarna voda. Proteini glutena tijekom zamjesa bubre, te oblikuju molekulsku rešetku ispunjenu suspenzijom hidratiziranog škroba. Ako je udio vode u brašnu veći, dolazi do povećanja enzimske aktivnosti koji ubrzavaju biokemijske procese te se povećava kiselinski stupanj i promjene svojstava brašna (Gavrilović, 2003).

2.2.6. Sredstva za narastanje

Kod proizvodnje keksa i srodnih proizvoda kao sredstva za narastanje ili rahljenje razlikujemo kemijska i biokemijska sredstva. Pekarski kvasac (*Saccharomyces cerevisiae*) je biokemijsko sredstvo za narastanje tijesta, ali češće se upotrebljavaju kemijska sredstva poput amonijevog hidrogenkarbonata i natrijevog hidrogenkarbonata.

Kemijska sredstva imaju višestruku ulogu u zamjesu tijesta. Sprječavaju ljepljivost tijesta i zbog toga je moguće oblikovanje tijesta tijekom mehaničke obrade, mijenjaju pH tijesta, a također utječu i na promjenu reoloških svojstava tijesta. Utječu na djelomičnu denaturaciju globularnih proteina i promjenu u strukturi amiloze, što dovodi do sporijeg bubrenja škroba (Gavrilović, 2003). Natrijev hidrogenkarbonat je slabog mirisa i slabog alkalno-slanog okusa, lako se otapa u vodi, te se zagrijavanjem razlaže na natrijev karbonat, ugljikov-dioksid i vodu.



Djelovanjem topline pri pečenju nastali plinovi imaju utjecaj na formiranje strukture proizvoda, volumena i oblika (Gavrilović, 2003).

2.2.7. Ostale sirovine

Ostale sirovine za proizvodnju medenjaka su: jaja, mlijeko, sol i različiti začini. Jaja i mlijeko tijestu daju određenu homogenost i vlažnost, pridonose povećanju nutritivne vrijednosti medenjaka, stvaranju arome i boje, povećanju volumena, a njihovom upotrebom se osigurava

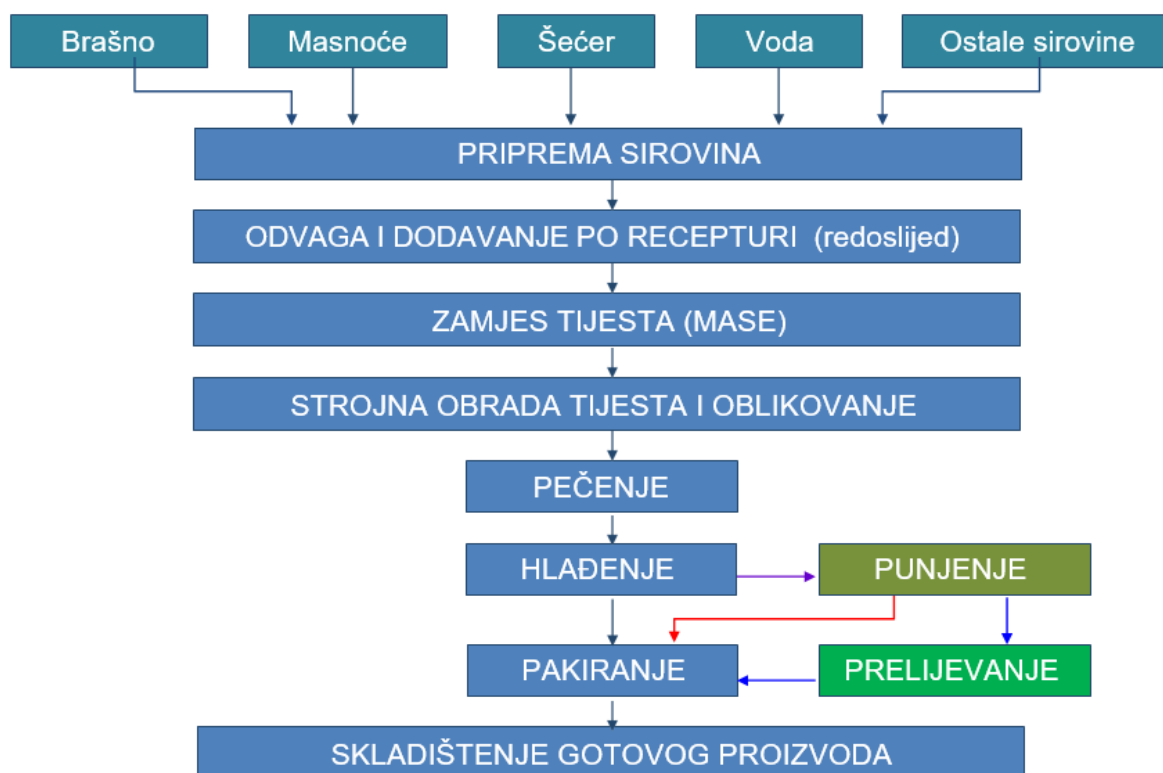
finija struktura proizvoda. Kuhinjska sol (NaCl) kao začin ima važnu ulogu u korekciji okusa, ali i u regulaciji čvrstoće glutena (Gavrilović, 2003). Mješavina začina (cimet, klinčić, anis, đumbir, muškadni oraščić) koja se koristi u proizvodnji medenjaka daje posebnu aromu medenjaku i prepoznatljiv specifični karakter.

2.3. TEHNOLOŠKI PROCES PROIZVODNJE MEDENJAKA

Proces proizvodnje medenjaka je vrlo složen te uključuje različite načine proizvodnje ovisno o različitosti mješavina začina koje se koriste i drugih sastojaka koji određuju vrstu medenjaka. Proces proizvodnje ovisi o vrsti sastojaka, njihovoj kvaliteti, temperaturi i promjenama koje se događaju tijekom procesa proizvodnje, a vrlo je sličan postupku proizvodnje „klasičnog“ čajnog peciva (**Slika 1**).

U suvremenoj industrijskoj proizvodnji najprije se izrađuje medeno tijesto koje nakon odmaranja ide u zamjes tijesta za medenjake s preostalim sirovinama. Takvo tijesto se zatim oblikuje, peče i hladi, te zatim preljeva s čokoladnim ili nekim drugim preljevima kako bi se spriječilo isušivanje medenjaka (Gavrilović, 2003).

Postoje tri glavne vrste keksa koji se razlikuju prema šećernom i masnom sadržaju: 1) slatkim i poluslatkim od tvrdog tijesta, 2) keksima od kratkog tijesta i 3) keksima od mekog tijesta (Manley, 2011).



Slika 1 Shema procesa proizvodnje čajnog peciva (Koceva Komlenić i Jukić, 2018)

2.3.1. Priprema sirovina

Priprema sirovina za zamjes uključuje prosijavanje brašna kako bi se uklonile moguće primjese, te kako bi se u brašno ugradili mjehurići zraka, čime brašno postaje rastresito i pogodno za zamjes. Med, šećer i predviđena količina vode se zagrijavaju u duplikatoru na temperaturi od 70 do 90°C, te se provodi i zagrijavanje masnoća (Gavrilović, 2003).

Prema točno određenoj recepturi provodi se odvaga sirovina. Odvagane sirovine brašno, šećer te određena količina vode se dodaju direktno preko automatske ili poluautomatske vage i dozirnog automata, dok se ostale sirovine ručno odvažuju i onda dodaju u zamjes. Jednu šaržu predstavljaju sirovine koje se odvažuju za izradu jedne mase čija veličina ovisi o kapacitetu miješalice (Ugarčić-Hardi, 1999).

2.3.2. Zamjes tijesta

Kod zamjesa medenjaka prvo se vrši zamjes medenog tijesta koji se izrađuje s udjelom brašna od 70 do 80% od ukupne količine, a odnos meda i šećera je od 1:0,7 do 1:1. Med, šećer i dio vode se zagrijavaju u duplikatoru na temperaturi 70 do 80 °C, zatim se dodaje brašno i nakon

miješanja dobiva se gusta, homogena smjesa koja predstavlja osnovno tijesto za medenjake, te koja se skladišti u zatvorenoj posudi pri temperaturi od oko 10°C i čuva do nekoliko mjeseci. Kod industrijske proizvodnje imamo dvije vrste tijesta: uskladišteno tijesto koje se odmara od 7 do 21 dan i svježija tijesta koja se pripremaju sa svim dodacima i skladište se 2-3 dana (Gavrilović, 2003).

Zamjes tijesta za medenjake provodi se u jednom, dva ili više stupnja. Kod jednostupanjskog postupka sve sirovine se dodaju istovremeno, a kod dvostupanjskog postupka prvo se dodaju određene količine šećera, vode, masti i ostalih sirovina osim brašna. Kod dvostupanjskog miješanja stavljaju se svi sastojci osim brašna u mikser i lagano miješaju nekoliko minuta, a cilj je da se otopi šećer u raspoloživoj vodi te se zatim dodaje brašno i provodi se kratko i lagano miješanje kako bi se dobila homogena smjesa. Iako je razina vode u tijestu niska, moguć je razvoj glutena, ako dođe do prekomjernog miješanja. Kako bi dobili najbolju kvalitetu keksa, količina miješanja nakon dodavanja brašna mora biti minimalna (Manley 2003).

Nakon izrade medenog tijesta vrši se zamjes tijesta za medenjake, a udio medenog tijesta zauzima 80% u sastavu. Nakon uobičajenog postupka dodavanja sirovina po dvostupanjskom postupku, na dodano brašno dodaje se određena količina medenog tijesta i vrši se zamjes tijesta za medenjake u sporohodnoj mjesilici gdje se dobiva tijesto za medenjake koje ide na oblikovanje. Udio vlage u tijestu je od 20 do 25%, temperatura tijesta od 25 do 30 °C i pH vrijednost tijesta iznosi između 7 i 9. Na samu kvalitetu medenjaka utječu temperatura i vlaga tijesta (Gavrilović, 2003).

Zbog rasta temperature kod zamjesa, dio masti s obzirom na svoja plastična svojstva sporo prelazi u tekuću fazu, te povoljno utječe na proces hidratacije. Ako mast nije dovoljno plastična ona se otapa porastom temperature zamjesa. Na površini čestica brašna raspoređuje se tekuća faza u obliku masne opne, te na taj način sprječava kontakt vode s brašnom, zbog čega je usporeno bubrenje proteina glutena. Kako bi se odredila količina vode koja se dodaje pri pripremi zamjesa važno je znati sirovinski sastav proizvoda, udio vlage u svakoj sirovini i željeni udio vlage konačnog zamjesa. (Gavrilović, 2011).

2.3.3. Oblikovanje tijesta

Tijesto za medenjake, kao i tijesto za čajna peciva, može se oblikovati ručno, strojem za izbadanje tjestene trake pomoću izbadača, pomoću formirajućeg valjka te rezanjem žicom.

Obrada tjestene trake je s manjim brojem savijanja kako bi se dobila zaobljena gornja površina proizvoda. Zbog lijepljenja tijesta svi uređaji za oblikovanje se premazuju voskom ili drugim sredstvom za razdvajanje ili se posipaju brašnom (Gavrilović, 2003.).

Tijesto koje sadrži manje vlage, nakon oblikovanja se skuplja i tijekom pečenja ne naraste dovoljno. Tijesto koje sadrži više vlage se poslije oblikovanja širi i tijekom pečenja ne dostiže određeni oblik. Ukoliko je temperatura tijesta niska, otežano je oblikovanje, a medenjaka ima žilavu teksturu (Gavrilović, 2003.).

2.3.4. Pečenje

Pečenje je završna operacija u procesu proizvodnje medenjaka gdje nastaju fizikalno-kemijske i koloidne promjene u tijestu i dobiva se proizvod određene kvalitete. Za razliku od drugih vrsta tijesta, tijesto za medenjaka sadrži škrobni gel iz medenog tijesta. Tijekom pečenja oblikovanih komada, zbog aktivnosti amilolitičkih enzima i nastajanja škrobnog gela nastaje meka sredina medenjaka nakon pečenja. Nakon dehidracije glutena voda dolazi u unutrašnjost razrušene strukture škrobnih zrnaca te se zadržava u škrobnom gelu, a škrobna zrnca dobivaju svojstva elastičnosti i savitljivosti. Dio vode zadržava škrobna faza, a dio vode odlazi u obliku vodene pare s drugim plinovima iz tijesta. Temperatura pečenja je između 180 i 230°C i vrijeme od 5 do 12 minuta. Na kraju pečenja stvara se porozna struktura, meka sredina medenjaka te nastaje složena aroma medenjaka (Gavrilović, 2003).

Cijeli proces pečenja možemo opisati u tri faze. U prvoj fazi dolazi do ekspanzije tijesta te se vlaga smanjuje, u drugoj se nastavlja ekspanzija tijesta te nastaje boja na površini oblikovanih tjestenih komada medenjaka, a u trećoj fazi se regulira visina i pojačava se boja (Gavrilović, 2011). Tijekom pečenja događaju su tri glavne promjene: promjena dimenzije proizvoda, smanjenje mase proizvoda zbog gubitka vode i tamnjenje površine proizvoda uslijed karamelizacije šećera i Maillard-ovih reakcija (Chevallier i sur., 2002).

2.3.5. Hlađenje

Hlađenje medenjaka započinje neposredno nakon izlaza iz peći pri čemu se temperatura smanjuje, a čvrstoća povećava. Hlađenje se provodi sve dok se temperatura medenjaka ne

izjednači s temperaturom prostorije te dok se ne postigne čvrsta korica i meka sredina medenjaka koji sadrži od 10 do 14% vlage. Hlađenje se može provoditi prirodnim, umjetnim ili kombiniranim putem (Gavrilović, 2003). Prirodno hlađenje je najbolje jer se na taj način izbjegavaju nagle promjene temperature koje bi izazvale pucanje proizvoda te se odvija u prirodnoj struji zraka.

Hlađenjem dolazi do bitnih fizikalnih promjena, dolazi do očvršćivanja glutena koji je odgovoran za teksturu medenjaka. Važne karakteristike proizvoda kao što su čvrstoća, mrvljivost, sjaj, tekstura i svojstva pri žvakanju određuje udio masti i šećera u proizvodu. Šećer koji se otopio u proizvodu tijekom hlađenja sporo se kristalizira, stvara mikrokristale koji se ugrađuju u strukturu te utječe na povećanje čvrstoće i daje sjaj površini proizvoda. Masnoće su odgovorne za plastično-elastična svojstva proizvoda, jer očvršćuju i raspoređuju se oko glutena i škrobnih zrnaca, a ako proizvod ima veću količinu masnoće u svom sastavu veća je njena migracija na površinu. (Gavrilović, 2011).

2.3.6. Pakiranje i skladištenje medenjaka

Medenjaci koji se pakiraju trebaju biti ispravnog oblika i izgleda, a kod pakiranja podrazumijeva se i razvrstavanje keksa u skupine prikladne veličine za prodaju i zaštitu kako bi se što duže očuvao okus i izgled. Danas je pakiranje vrlo veliki izazov za voditelja proizvodnje, jer kupci zahtijevaju različite oblike i vrste keksa u pakiranjima različitih veličina. Na pakiranje vrlo veliki utjecaj ima marketing te je bitno da se proizvod nalazi u privlačnoj ambalaži za kupca i da sadrži sve bitne informacije o proizvodu.

Pakiranje se provodi automatski ili ručno u ambalažu koja je nepropusnu za vlagu. Koriste se celofan, polipropilenske folije i različite laminirane folije te kutije i ambalaža za transport i skladištenje. Ambalaža je ta koja štiti proizvod od utjecaja svjetlosti, vlage, stranih mirisa i djelovanja štetnika. Kod skladištenja vrlo je bitno da su temperatura i vlaga konstantni kako ne bi došlo do oksidacije masti koja dovodi do užglosti, promjene kod okusa, utjecaj vlage, ili upijanje stranih mirisa. Zbog toga uvjeti u skladištima moraju biti optimalni za čuvanje keksa te trebaju biti dobro izolirani sa svih strana s osiguranom cirkulacijom zraka, ponekad i klimatizacijom (Manley, 2000).

2.4. PIVARSKI JEČAM (*Hordeum ditichum*)

Pivarski dvoredni ječam je osnovna sirovina za proizvodnju slada i predstavlja jednu od najstarijih žitarica porijeklom sa Srednjeg istoka. Ječam se prvenstveno uzgajao kao hrana koja je služila za prehranu ljudi, a danas se češće koristi za proizvodnju slada u industriji piva i u ishrani stoke.

Danas je poznato nekoliko tipova ječma koji se razlikuju po:

- vremenu sjetve (ozimi i proljetni ječam),
- položaju klasa na zreloj stabljici ječma (ječam uspravna i nagnuta klasa),
- odnosu pljevice prema zrnu (golozrni ječam i obučeni ječam),
- broju redova zrna na klasu.

Ovisno broju redova zrna na klasu (6, 4 ili 2 reda) ječam dobiva i ime šesteroredac, četveroredac ili dvoredac (Mohaček, 1948.).

Za proizvodnju slada koristi se dvoredni pivarski ječam radi povećanog sadržaja škroba (65-70%) i smanjenog sadržaja proteina (10,5-11,5%). S obzirom na smanjeni sadržaj proteina koji utječu na mutnoću piva dvoredni ječam je najznačajniji za proizvodnju piva. Udio vlage u ječmu iznosi od 14 do 16%, a vlaga je bitna radi sigurnog skladištenja prije korištenja za proizvodnju slada (Čehajić-Šakić, 2005).

Zrno ječma se sastoji od embrionalnog dijela, endosprema i omotača. U embrionalnom dijelu se nalaze začeci lisne klice i korjenčić iz kojeg klijanjem nastaje nova biljka te on predstavlja živi dio zrna. U kemijskom sastavu zrna ječma najveći udio zauzimaju ugljikohidrati (78-83%), proteini (8-15%), lipidi (2-3%) te mineralne tvari (1,9-2,5%) (Šimić, 2009).

Ovisno o namjeni, imamo dvije vrste ječma:

- pivarski ječam-ječam namijenjen industriji slada i piva,
- krmni ili stočni ječam-ječam za ishranu stoke.

Industrija slada i piva postavlja uvjete koje pivarski ječam mora udovoljavati, npr. okruglo i dobro ispunjeno zrno, fino naborana pljevica, velika masa zrna, visok udio zrna prve klase, visoka klijavost te odgovarajuća kakvoća slada. Ječam namijenjen za ishranu stoke mora imati odgovarajuću količinu proteina i esencijalnih aminokiselina (Marić, 2000.; Šimić 2009).

2.5. PIVARSKI JEČMENI SLAD

U industriji, sladom se naziva iskljajali ječam, pomoću kojeg se škrobne sirovine pretvaraju u slatku kominu koja je sposobna za alkoholno vrenje (Mohaček,1948.). Primjena ječmenog slada je prvenstveno u pivarstvu, zatim u proizvodnji sladnih brašna, ekstrakta slada, u proizvodnji žitarica, te drugih vrsta alkoholnih pića (Briggs, 1978).

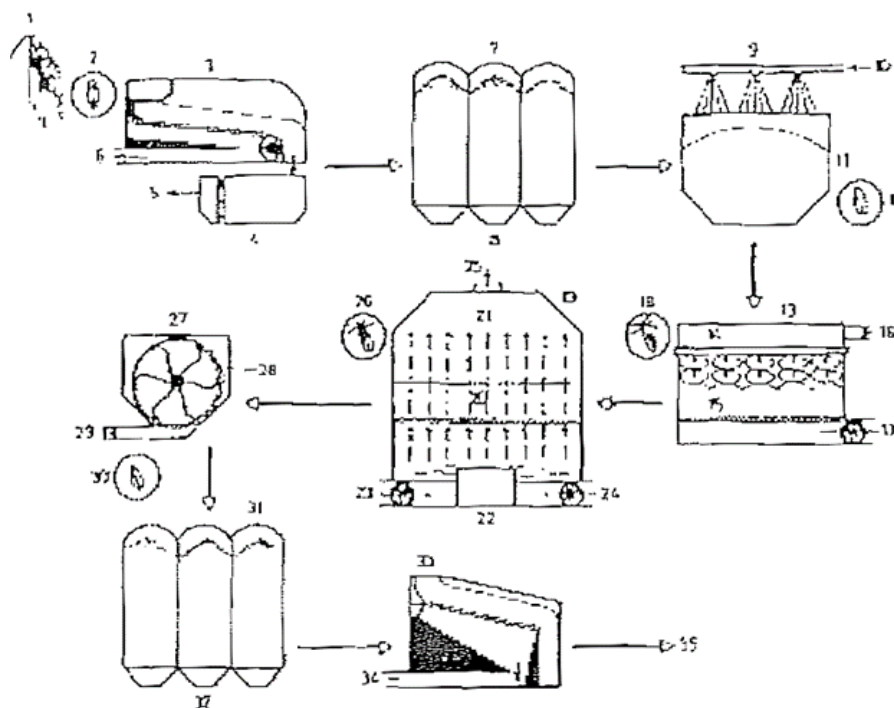
Klijanje ječma odvija se u kontroliranim uvjetima te se dobiva slad koji se koristi za proizvodnju piva (Marić, 2000.). Pivo je proizvod dobiven alkoholnim vrenjem pivske sladovine upotrebom čistih kultura pivskih kvasaca *Saccharomyces cerevisiae*, a iznimno spontanom vrenjem ili uporabom mješovitih mikrobnih kultura (Pravilnik o pivu, NN 141/13).

Proizvode se odgovarajući tipovi slada ovisno o potrebama u proizvodnji piva za dobivanje specifičnih senzorskih karakteristika, pri tome imamo: standardni slad koji se koristi kao osnovna sirovina i specijalni slad posebne namjene koji se dodaje u manjoj količini kako bi se postigla specifična senzorska svojstva piva ili kako bi se poboljšala kvaliteta slada (Leskošek-Čukalović, 2002).

2.5.1. Proizvodnja ječmenog slada

Postupak proizvodnje slada u industriji slada može se podijeliti u pet faza:

- čišćenje i sortiranje ječma,
- močenje (kvašenje) sortiranog ječmenog zrna,
- klijanje nakvašenog zrna,
- sušenje zelenog slada,
- dorada zelenog slada (Marić, 2000).



- | | | | |
|-----------------------------|--------------------------|------------------|------------------------------|
| 1. Klas ječma | 10. Voda | 19. Sušenje | 28. Perforirani plašt |
| 2. Ječmeno zrno | 11. Močionik | 20. Zeleni slad | 29. Sladna klica (korjenčić) |
| 3. Čišćenje i razvrstavanje | 12. Naklijalo zrno ječma | 21. Sušnica | 30. Suhi slad |
| 4. Pivarski ječam | 13. Klijanje | 22. Grijач | 31. Skladištenje |
| 5. Stočni ječam | 14. Klijališni ormar | 23. Ventilator | 32. Silos za slad |
| 6. Nečistoće | 15. Namočeni ječam | 24. Ventilator | 33. Čišćenje slada |
| 7. Skladištenje | 16. Izlaz zraka | 25. Izlaz zraka | 34. Sladna prašina |
| 8. Silos za ječam | 17. Ulaz zraka | 26. Osušeni slad | 35. Pivski slad |
| 9. Močenje | 18. Zeleni slad | 27. Otklicavanje | |

Slika 2 Shema proizvodnje slada (Čehajić-Šakić, 2005)

Najvažnije faze u proizvodnji ječmenog slada su: močenje, klijanje i sušenje zrna. Prije slađenja ječam se čisti i sortira, kod prve faze čišćenja ječma izdvajaju se nečistoća i uklanjaju se primjese koje utječu na kakvoću slada i povećanje udjela vode. Sortiranje ječma prema veličini zrna vrlo je bitno jer različite veličine zrna primaju različitu vlagu, što bi onda uzrokovalo neujednačenu kakvoću slada. Zrna koja su manja od 2,2 mm se ne slade (Briggs, 1978).

Kod močenja, zrna se potapaju u vodi određeno vrijeme kako bi postigla određenu vlagu, zrna upijaju vodu i bubre. Voda za močenje je temperature 10-18 °C, a močenje se provodi u trajanju od 40 do 48 sati. Tijekom močenja zrno povećava udio vode s početnih 10-14% na 42-45%. Močenje zrna smatra se gotovim kada primarni korjenčić probije pljevicu zrna i pojavljuje se kao zamjetna bijela točka (Marić, 2000).

Tijekom faze klijanja namočeni ječam klija 6-7 dana na temperaturi od 15 do 22 °C te se na donjem dijelu zrna pojavljuje korjenčić, a na vrhu lisna klica. U fazi klijanja sintetiziraju se enzimi, amilaze i proteaze razgrađuju škrob i proteine do šećera i aminokiselina. Tijekom klijanja oslobađa se toplina i ugljikov dioksid te je potrebno osigurati dovoljne količine hladnoga zraka čime se postiže prozračivanje zelenog slada. Ječmena zrna koja su proklijala imaju sladak okus i zelenu boju i zbog toga se nazivaju zeleni slad. Zeleni slad se potom suši kako se ne bi brzo pokvario i kako bi se zaustavilo klijanje (Čehajić-Šakić, 2005). Dobiveni zeleni slad se suši i doraduje u svrhu očuvanja svojstava slada kao što su karakteristični okus, aroma i boja, uz očuvanje enzimске aktivnosti (Marić, 2000).

Sušenje započinje na temperaturi 30-35 °C kako ne bi potpuno uništili enzime, sadržaj vlage zrna se s oko 42% smanjuje na 4-5% i traje 24-48 sati. Provodi se u struji zagrijanog zraka na relativno niskim temperaturama sve dok je u zrnu prisutna slobodna vlaga, a nakon toga se vrši dosušivanje pri čemu se temperatura podiže na 82-102 °C, ovisno koji tip slada se proizvodi. Pojedine vrste slada imaju različitu temperaturu sušenja, svijetli slad se suši na oko 80 °C, tamni slad na 90-110 °C, a tamni slad pri 200 °C. Sušenjem se dobiva stabilan proizvod željenih karakteristika, a uslijed različitih biokemijskih reakcija nastaju aromatične i obojene tvari. Poslije sušenja slad se hladi, te se vrši uklanjanje korjenčića, koji sušenjem postaje kruti i lako se odvaja. Ako se korjenčić ne odvoji pridonijet će neprijatnom gorkom okusu piva (Čehajić-Šakić, 2005).

2.6. OSNOVNI TIPOVI SLADA

Osnovni tipovi slada su svijetli i tamni slad. Svaka vrsta piva koja se proizvodi zahtjeva specifičan standardni slad, koji omogućuje postizanje prepoznatljivih senzorskih svojstava.

2.6.1. Svijetli slad

Osušeni svijetli slad mora imati endosperm čiste bijele boje i brašnasta presjeka na kojem se ne smije osjećati ni okus ni miris po prženju. Kvaliteta takvog slada postiže se upotrebom ječma s niskim sadržajem proteina. Kod takvog slada sušenje mora biti brzo pri niskim temperaturama. Slad koji dolazi u sušnice rastresa se u tankom sloju na rešetku na temperaturi od 35-40 °C kako

bi se slad osušio u roku od 12 sati s početne vlage 40-45% na ispod 12% vlage. Kod sušenja svi ventili moraju biti otvoreni kako za topli tako i za hladni zrak. Zatim se slad prebacuje na donju etažu u jednoličan tanki sloj i suši još 12 sati tako da cjelokupno sušenje traje 24 sata. Na donjoj etaži sušenje počinje s temperaturom od 50 °C te se temperatura polako diže na 67 °C, a zadnjih par sati slad se dosušuje pri temperaturi od 80-85 °C. Uloga dosušivanja je koagulacija proteina koji bi mogli zamutiti pivo. Svijetli slad je pravilno proizveden, ako ni kod dosušavanja ne promjeni boju ni miris, a na kraju ima vlagu oko 3% (Čehajić-Šakić,2005).

2.6.2. Tamni slad

Predstavnik tamnog slada je minhenski tip, poznat je po tamnijoj boji, punom okusu i bogatoj aromi. Za tamni tip slada koristi se ječam sa sadržajem proteina 11-13%, proces močenja obavlja se do vlage 44-47%, klijanje na temperaturi 22-25 °C, sušenje se provodi s povišenom vlagom, a dosušivanje na temperaturi 105-110 °C. Sušenje kod tamnog piva je malo složenije nego kod svijetlog slada zbog uspostavljanja ravnoteže između temperature i sadržaja vlage. Sušenje započinje s temperaturom od 50 °C i miješanjem svježeg i recirkuliranog zraka kako bi se održao sadržaj vlage zrna. Nakon par sati temperatura se povećava na 55 °C i traje 6 do 10 sati do prosječne vlažnosti oko 35%. Sljedeća faza traje oko 6 sati pri čemu se povećava temperatura zraka, a vlaga zrna se smanjuje na oko 5-6%. Sušenje se nastavlja s recirkuliranim zrakom, kako bi se sadržaj vlage ujednačio i ostvario dodatno intenzivno djelovanje amilaza. Zatim ide ponovni porast temperature na 80-100°C, pri čemu se ponovno miješaju svježiji i recirkulirani zrak. Dosušivanje se odvija na temperaturama od 102-110 °C (Leskošek-Čukalović, 2002).

2.7. SPECIJALNI TIPOVI SLADA

Standardni slad se kombinira s posebno pripremljenim slalom specifičnih svojstava kako bi se postigla željena aroma i boja piva.

2.7.1. Prženi slad

U proizvodnji specijalnih vrlo tamnih piva (koja se ne mogu dobiti samo korištenjem standardnog tamnog slada), koristi se slad za bojanje, ili pržen slad. Proizvodi se od svijetlog slada koji je dobro razgrađen gdje se u bubnju za prženje zagrijava do temperature od 70 °C u trajanju od 30 do 60 minuta uz istovremeno vlaženje do sadržaja vlage 5%. Ovisno o intenzitetu boje koji se želi dobiti i tipu slada koji se proizvodi tijekom sljedeća dva sata slad se zagrijava do temperature od 175 do 225 °C. Pri toj temperaturi se provodi prženje 90 minuta nakon čega se slad odmah brzo hladi.

Za vrijeme prženja intenzivno nastaju melanoidi i tvari tipa karamela, a endosperm dobiva boju koja se kreće od tamno smeđe boje kave do potpuno crne (1300 do 2500 °EBC). Gubi se oko 15% ekstrakta, mijenja se struktura i sastav zrna, a enzimi se u potpunosti inaktiviraju. Pri tome nastaje vrlo gorak okus koji potječe od produkata prženja. Ovi produkti se djelomično mogu ukloniti pomoću vodene pare, pa se zbog toga u bubanj pred kraj prženja dodaje nekoliko litara vode ili se prženje vrši u vakuumu.

Prženje se mora provoditi vrlo pažljivo. Na temperaturi od 250 do 260 °C dolazi do razaranja i karbonizacije škroba pa se mora voditi računa o temperaturi. Nastaju obojani crni produkti koji nemaju svojstva pigmenta i sposobnost bojanja (Leskošek-Čukalović, 2002).

2.7.2. Karamelni slad

Za razliku od drugih tipova slada karamelni slad se razlikuje po finoj, delikatnoj aromi karamele. Kako bi se postigla ta aroma, slad se drži u vlažnom stanju na povišenoj temperaturi pri čemu dolazi do likvefakcije i nastajanja velike količine šećera. Poslije hlađenja i sušenja, endosperm postaje kristalna, staklasta šećerna masa.

Karamelni slad se proizvodi od posebno pripremljenog zelenog slada s 45-50% vlage kome se posljednjih 30 do 36 sati klijanja temperatura povisuje na 50 °C te dolazi do intenzivne enzimske razgradnje škroba i proteina. Zatim se zeleni slad prebacuje u posebne bubnjeve u kojima se na temperaturi od 50 °C tijekom 5 do 10 minuta oslobađa površinska voda. Onda se bubnjevi zatvaraju, kako bi se spriječio gubitak vlage, a temperatura se podiže na 65-80 °C, kako bi

nastalo što više reducirajućih šećera. Endosperm zrna se tijekom 60 do 90 minuta prevodi u bistru, tekuću, slatku masu, koja, ako se stisne, izlazi iz zrna.

Ovisno o tipu zrna karamelnog slada koji se proizvodi imamo različite postupke. Vrlo svijetli karamelni slad (*karapils*) se odmah poslije likvefakcije suši na niskoj temperaturi od 55 do 60 °C kako bi se zadržala svijetla boja (3,5-6 °EBC). Svijetli karamelni slad (*karahell*) se zagrijava do temperature od 100 °C brzo ili lagano ovisno o intenzitetu promjena koje se žele postići. Njegova boja je između 20 i 35 °EBC. Tamni karamelni slad (*karaminh*) uz brzo otparavanje vode zagrijava se do temperature od 120 do 180 °C, te se dobije još tamnija boja (50-300 °EBC) i proizvod bogat reducirajućim šećerima. Rastom intenziteta boje mijenja se i aroma slada, dobiva se aromatičniji i izraženiji miris karamela, koji sve više podsjeća na med (Leskošek-Čukalović, 2002).

2.7.3. Proteolitički i kiseli slad

Proteolitički i kiseli slad karakterizira visoki sadržaj mliječne kiseline kao i slične proizvode sa 2 do 4% kiseline. Njihovim dodavanjem u kominu snižava se pH i postiže se optimalna vrijednost za djelovanje amilolitičkih enzima i vrlo bliska optimumu za djelovanje proteolitičkih enzima. Kod kiselog slada dobiva se pH vrijednost od 3,8 do 4,4 dok se kod standardnog svijetlog slada dobiva pH od 5,8 do 6,1.

Proteolitički i kiseli slad povećava iskorištenje ekstrakta (za oko 0,9%), tijekom kuhanja olakšava bistrenje sladovine zbog čega doprinosi senzorskim svojstvima svijetlih piva te obogaćuje sladovinu nutrijentima potrebnim kvascu i poboljšava punoću okusa piva. Ovaj slad se koristi u proizvodnji specijalnih piva, lakih i bezalkoholnih piva da bi im se povećala punoća okusa (Leskošek-Čukalović, 2002).

3. EKSPERIMENTALNI DIO

3.1. ZADATAK

Zadatak rada bio je ispitati utjecaj zamjene dijela pšeničnog brašna s brašnom specijalnih tipova ječmenog slada (u udjelima 20, 40 i 60 %) i smanjenja količine dodane saharoze (66,6%, 33,3% i 0% od tradicionalne recepture) na kvalitetu medenjaka.

3.2. MATERIJALI

Materijali korišteni u istraživanju su:

- bijelo oštro pšenično brašno TIP-550 („Podravka d.d.“, Koprivnica);
- pivarski ječmeni slad AMBER („Slavonija slad d.d.“, Nova Gradiška);
- pivarski karamelni ječmeni slad CARA120 („Slavonija slad d.d.“, Nova Gradiška);
- pivarski ječmeni slad PILSNER („Slavonija slad d.d.“, Nova Gradiška);
- pivarski tamni ječmeni slad BLACK („Slavonija slad d.d.“, Nova Gradiška);
- svinjska mast;
- svježa kokošja jaja;
- mlijeko (1,5% mliječne masti);
- bagremov med;
- šećer kristal (saharoza);
- mješavina začina za medenjake (cimet, muškadni oraščić, korijander, đumbir, komorač, klinčić, piment, anis, zvjezdasti anis, papar, kardamom) (Kotányi GmbH, Austrija);
- kuhinjska sol (NaCl);
- NaHCO_3 .

Sladno brašno dobiveno je mljevenjem specijalnih tipova ječmenog slada na laboratorijskom mlinu IKA MF 10 (IKA, Njemačka) i dodavalo se kao zamjena za pšenično brašno u količinama od 20, 40 i 60%.

3.3. METODE

3.3.1. Laboratorijska proizvodnja čajnog peciva

Prema recepturi (**Tablica 1**) odvagani med, šećer, svinjska mast, sol i NaHCO₃ su stavljeni u posudu laboratorijske mjesilice, a zamjes se provodio najsporijom brzinom tijekom 3 minute. Nakon toga dodani su mlijeko i jaje te se zamjes nastavio 1 minutu najsporijom brzinom, te još jednu minutu srednjom brzinom, nakon čega se dodavala ukupna količina pšeničnog i sladnog brašna i provodio zamjes još dvije minute najsporijom brzinom. Tijesto se nakon zamjesa okruglo oblikovalo, te stavljeno u PVC vrećicu i u hladnjak 24 h. Nakon hlađenja tijesto se stanjivalo valjkom za tijesto na debljinu 10 mm u dva poteza valjka za tijesto (naprijed-nazad), te izrezivalo u okrugle oblike tijesta promjera 60 mm (~35 g). Pečenje se provodilo tijekom 10 minuta pri 180 °C.

Tablica 1 Količine sirovina za proizvodnju medenjaka (g)

UZORAK	Pšenično brašno	Sladno brašno	Šećer kristal**	Med	Svinjska mast	Mlijeko	Jaje	NaCl	NaHCO ₃	Mješavina začina	
PŠENIČNO BRAŠNO	100%	100	-	25	25	25	2	20	0,8	1	2
	100%	100	-	16,7	25	25	2	20	0,8	1	2
	100%	100	-	8,3	25	25	2	20	0,8	1	2
	100%	100	-	-	25	25	2	20	0,8	1	2
AMBER	20%	80	20	16,7	25	25	2	20	0,8	1	2
	40%	60	40	8,3	25	25	2	20	0,8	1	2
	60%	40	60	-	25	25	2	20	0,8	1	2
CARA120	20%	80	20	16,7	25	25	2	20	0,8	1	2
	40%	60	40	8,3	25	25	2	20	0,8	1	2
	60%	40	60	-	25	25	2	20	0,8	1	2
PILSNER	20%	80	20	16,7	25	25	2	20	0,8	1	2
	40%	60	40	8,3	25	25	2	20	0,8	1	2
	60%	40	60	-	25	25	2	20	0,8	1	2
BLACK	20%	80	20	16,7	25	25	2	20	0,8	1	2
	40%	60	40	8,3	25	25	2	20	0,8	1	2
	60%	40	60	-	25	25	2	20	0,8	1	2
AMBER+BLACK*	80	20	16,7	25	25	2	20	0,8	1	2	
CARA+BLACK*	80	20	16,7	25	25	2	20	0,8	1	2	
PILSNER+BLACK*	80	20	16,7	25	25	2	20	0,8	1	2	

*Mješavine sladnog brašna (10+10=20%)

**16,7 g šećera (66,6% od originalne recepture); ,8,3 g šećera (33,3% od originalne recepture)



Slika 3 Medenjaci s dodatkom sladnog brašna i reduciranim udjelom kristal šećera

3.3.2. Ispitivanje fizikalno-kemijskih svojstava medenjaka

Vlaga medenjaka određena je prema AACC metodi 44-15A. Promjer, debljina i faktor širenja medenjaka određeni su prema AACC metodi 10-50D za čajna peciva. Promjer je određen na način da je 6 medenjaka poredano jedan do drugoga i ukupna dužina izmjerena metrom, nakon čega se svaki komad zarotirao za 90° te se ponovilo mjerenje. Dijeljenjem sa 6 dobiven je prosječni promjer medenjaka. Debljina se mjerila tako što se 6 medenjaka poredalo jedan na drugi, izmjerila ukupna visina, te nakon ponovljenog nasumičnog preslagivanja, ponovno izmjerila visina. Prosječna debljina dobivena je također dijeljenjem sa 6. Faktor širenja medenjaka (engl. *spread factor*) je izračunat kao omjer promjera i visine $\times 10$. Specifični volumen medenjaka određen je pomoću laserskog uređaja Volscan Profiler.

Za određivanje teksturalnih svojstava medenjaka koristio se uređaj TA.XT Plus (Stable Micro Systems, Velika Britanija), a dobiveni podaci su analizirani s Texture Exponent 32 softverom (verzija 3.0.5.0.). Analiza uzoraka provedena je savijanjem/lomljenjem uzoraka koji su podvrgnuti kompresiji. Prilikom lomljenja, uzorci se fiksiraju na bazu s prorezom i presijecaju pomoću noža koji uzorak savija/lomi (engl. *3-point band test*), a ispitivanje je provedeno pri brzini mjerenja od 2 mm s^{-1} uz razmak između dva oslonca od 40 mm. Teksturalni profil medenjaka se procjenjuje putem dobivenih vrijednosti za silu lomljenja (N), lomljivost (mm) i indeks lomljivosti (N/mm).

3.3.3. Određivanje boje površine medenjaka

Boja površine medenjaka je mjerena u $CIE L^*a^*b^*$ sustavu pomoću kolorimetra (Minolta Chroma Meter CR-400). U $CIE L^*a^*b^*$ prostoru boja, svaka boja definirana je točnim mjestom u trodimenzionalnom prostoru kojeg predstavljaju tri međusobno okomite osi označene kao L^* , a^* i b^* , pri čemu je:

- L^* koordinata svjetline s podjelom od 0 (crna) do 100 (bijela);
- a^* koordinata obojenja s pozitivnim i negativnim smjerom, odnosno vektorom crvene boje ($+a^*$) i vektorom za komplementarnu zelenu boju ($-a^*$);
- b^* koordinata obojenja s pozitivnim i negativnim smjerom, pri čemu je pozitivni smjer vektor žute boje ($+b^*$), a negativni smjer vektor komplementarne plave boje ($-b^*$);

3.3.4. Senzorska ocjena medenjaka

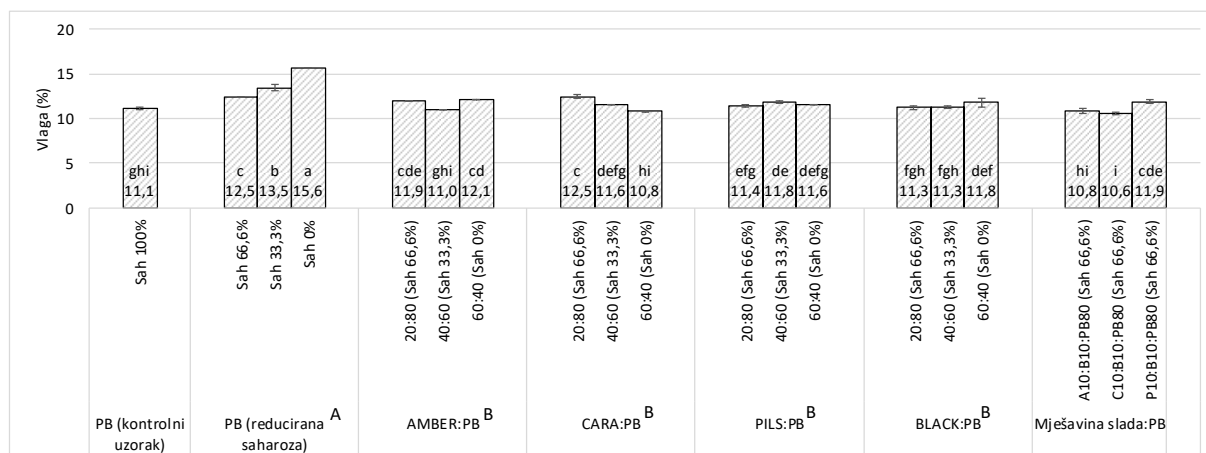
Senzorsku ocjenu medenjaka provelo je 9 članova obučene panel skupine za senzorsku ocjenu. Panelisti su ocjenjivali boju, površinu i oblik, strukturu (prijelom), miris, teksturu, okus i ukupni dojam medenjaka. Na skali od 10 cm svaki panelist je označio preferenciju na ispitivani uzorak. 0 cm na skali označava da se uzorak panelistu uopće ne sviđa, a 10 cm da se iznimo sviđa.

3.3.5. Statistička obrada rezultata

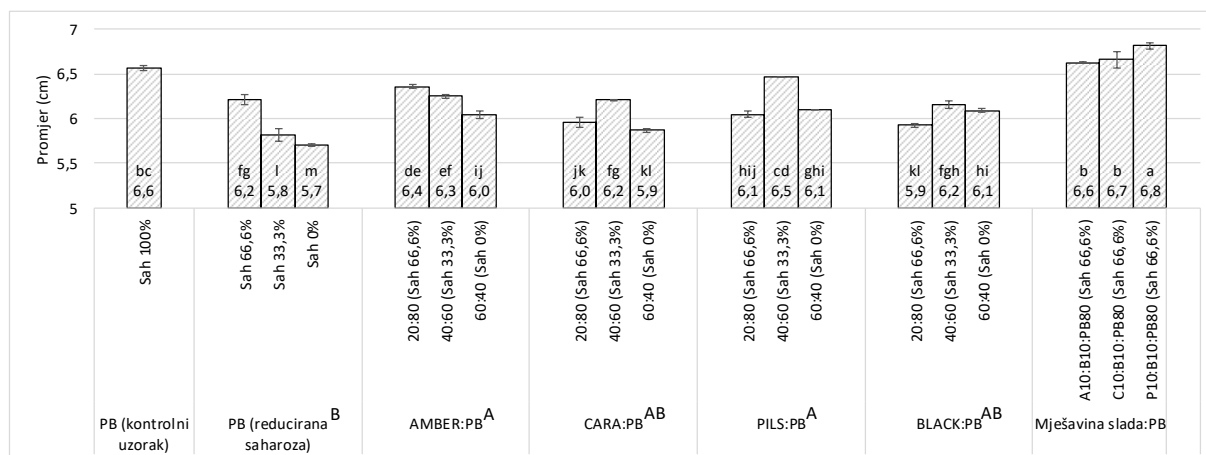
Dobiveni rezultati su prikazani kao srednja vrijednost \pm standardna devijacija. Analiza varijance (one-way ANOVA) i Fisher-ov LSD test najmanje značajne razlike (engl. *Least significant difference*) provedeni su upotrebom programa Statistica 13.1 (Dell Inc., SAD) i Microsoft Office Excel 2010.

4. REZULTATI

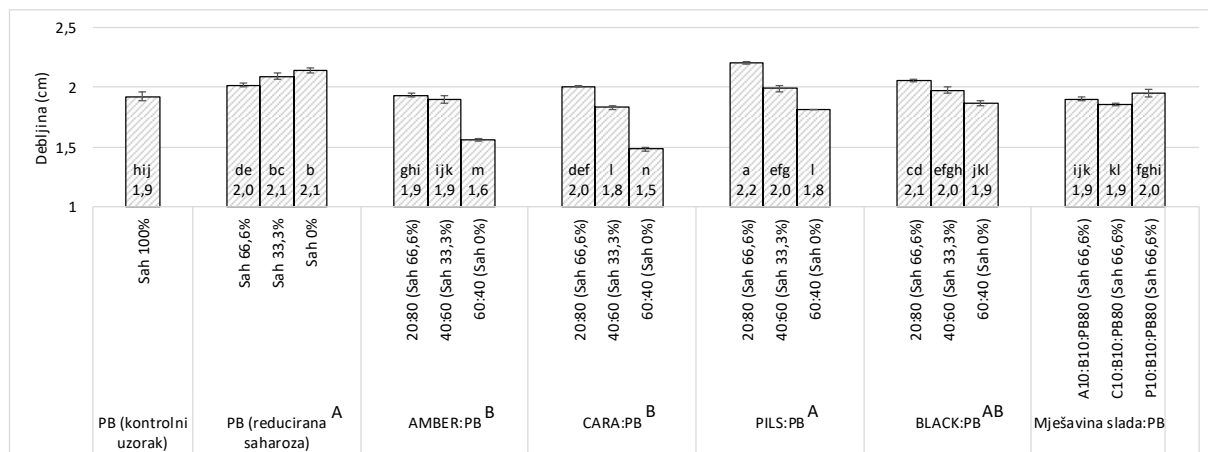
4.1. REZULTATI ISPITIVANJA FIZIKALNO-KEMIJSKIH SVOJSTAVA MEDENJAKA



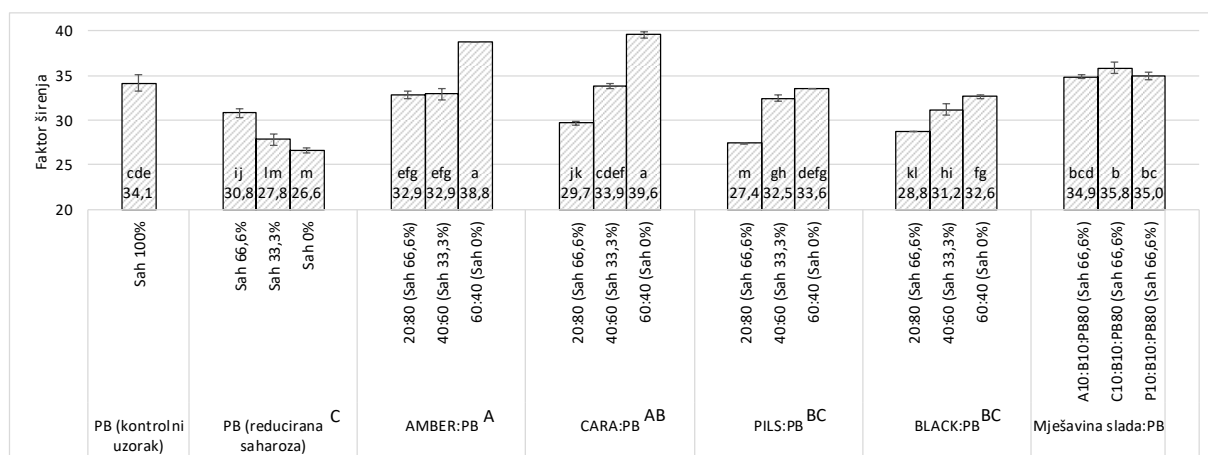
Slika 4 Utjecaj dodatka ječmenog slada i smanjenja količine dodanog šećera na sadržaj vlage medenjaka (prikazani podaci su srednja vrijednost ± standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovima nisu statistički značajno različite ($p < 0,05$) prema Fisher-ovom LSD testu najmanje značajne razlike)



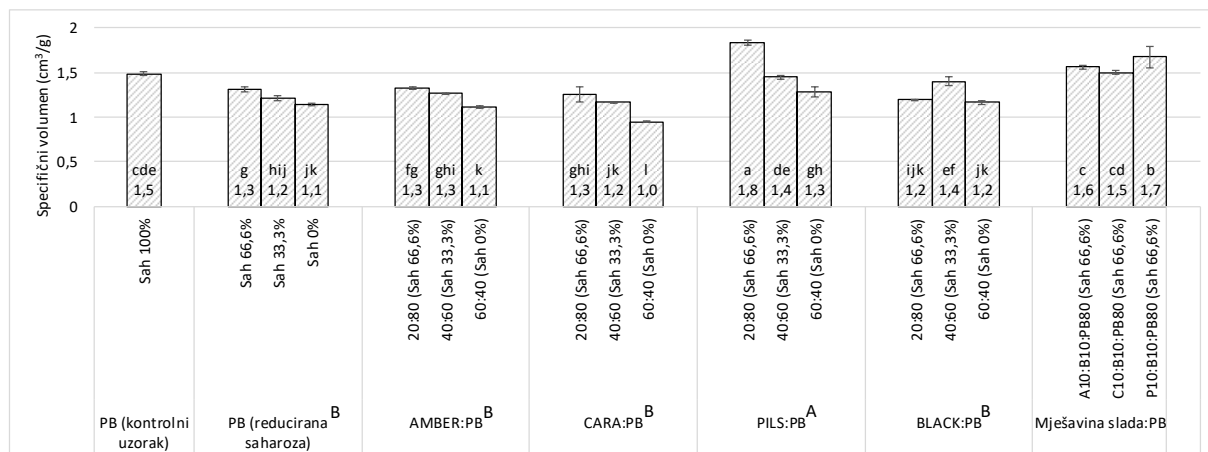
Slika 5 Utjecaj dodatka ječmenog slada i smanjenja količine dodanog šećera na promjer medenjaka (prikazani podaci su srednja vrijednost ± standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovima nisu statistički značajno različite ($p < 0,05$) prema Fisher-ovom LSD testu najmanje značajne razlike)



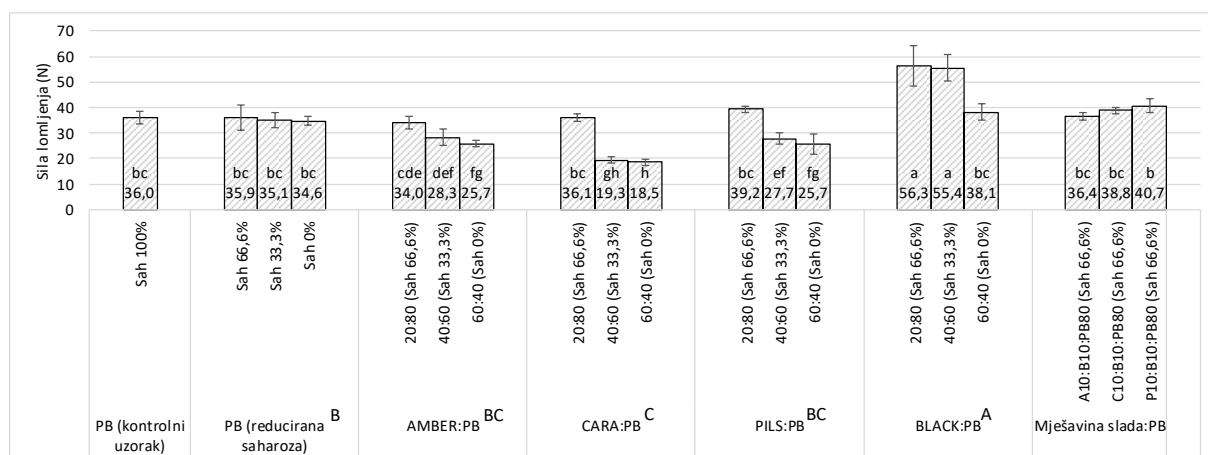
Slika 6 Utjecaj dodatka ječmenog slada i smanjenja količine dodanog šećera na debljinu medenjaka (prikazani podaci su srednja vrijednost \pm standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovima nisu statistički značajno različite ($p < 0,05$) prema Fisher-ovom LSD testu najmanje značajne razlike)



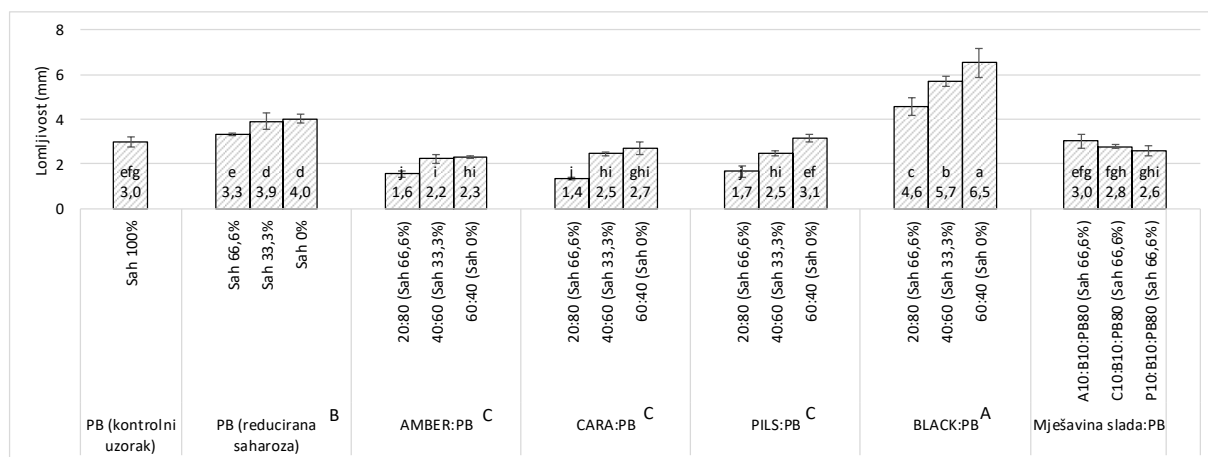
Slika 7 Utjecaj dodatka ječmenog slada i smanjenja količine dodanog šećera na faktor širenja medenjaka (prikazani podaci su srednja vrijednost \pm standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovima nisu statistički značajno različite ($p < 0,05$) prema Fisher-ovom LSD testu najmanje značajne razlike)



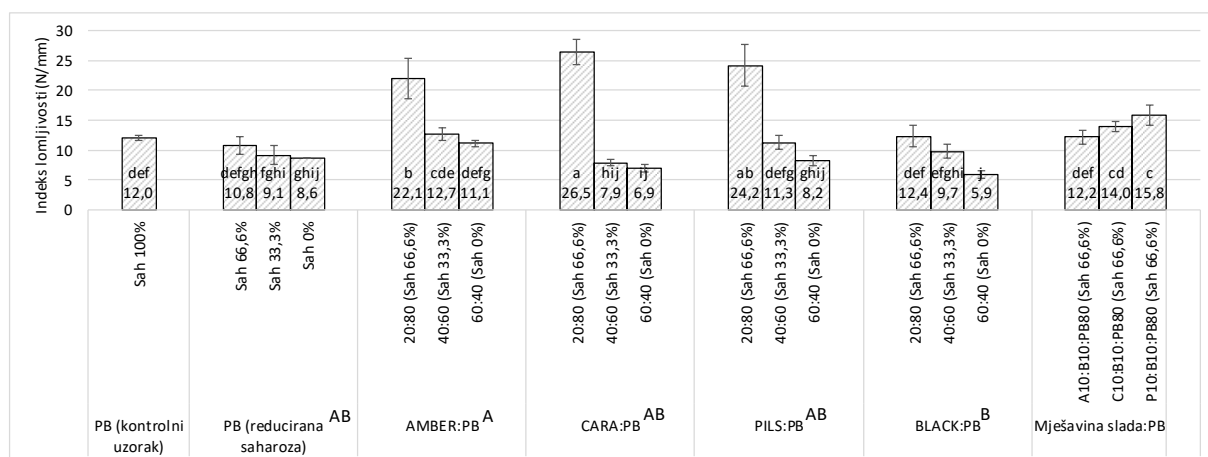
Slika 8 Utjecaj dodatka ječmenog slada i smanjenja količine dodanog šećera na specifični volumen medenjaka (prikazani podaci su srednja vrijednost ± standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovima nisu statistički značajno različite ($p < 0,05$) prema Fisher-ovom LSD testu najmanje značajne razlike)



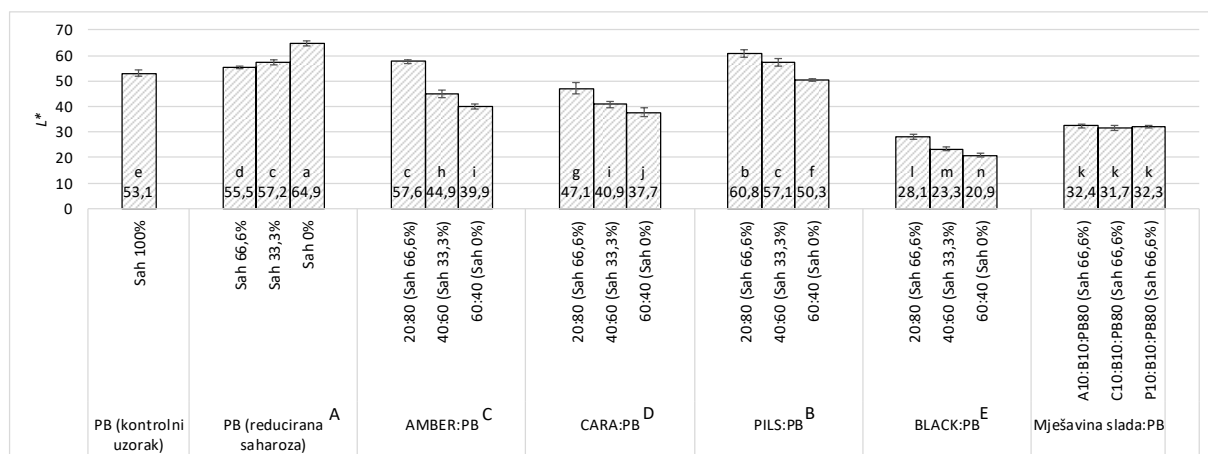
Slika 9 Utjecaj dodatka ječmenog slada i smanjenja količine dodanog šećera na silu lomljenja medenjaka (prikazani podaci su srednja vrijednost ± standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovima nisu statistički značajno različite ($p < 0,05$) prema Fisher-ovom LSD testu najmanje značajne razlike)



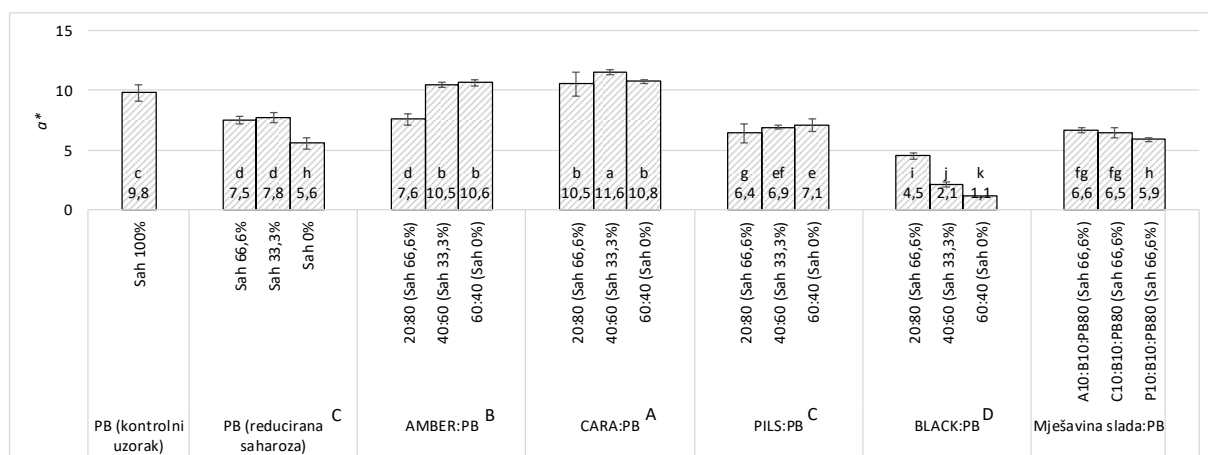
Slika 10 Utjecaj dodatka ječmenog slada i smanjenja količine dodanog šećera na lomljivost medenjaka (prikazani podaci su srednja vrijednost \pm standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovima nisu statistički značajno različite ($p < 0,05$) prema Fisher-ovom LSD testu najmanje značajne razlike)



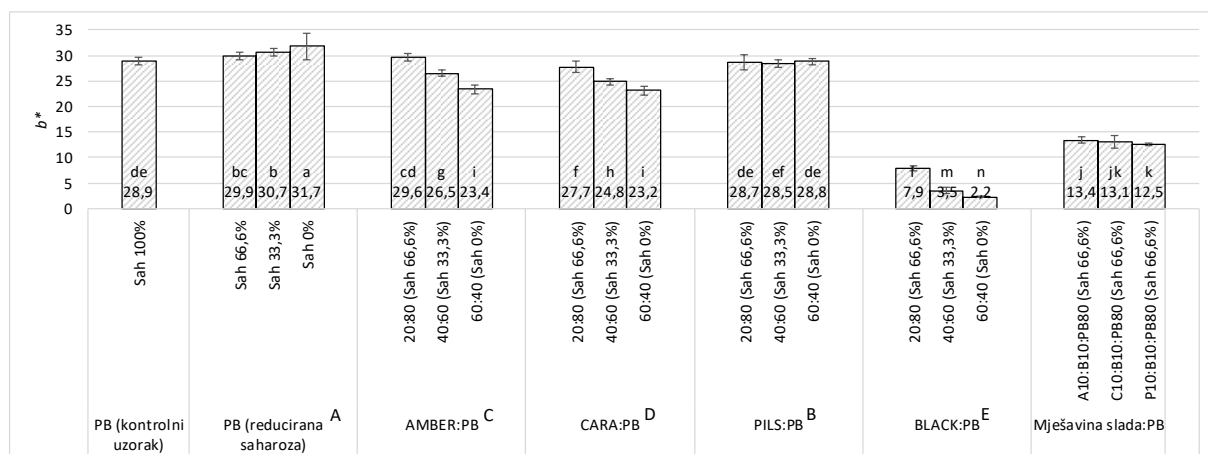
Slika 11 Utjecaj dodatka ječmenog slada i smanjenja količine dodanog šećera na indeks lomljivosti medenjaka (prikazani podaci su srednja vrijednost \pm standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovima nisu statistički značajno različite ($p < 0,05$) prema Fisher-ovom LSD testu najmanje značajne razlike)



Slika 12 Utjecaj dodatka ječmenog slada i smanjenja količine dodanog šećera na L^* vrijednost boje medenjaka (prikazani podaci su srednja vrijednost \pm standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovima nisu statistički značajno različite ($p < 0,05$) prema Fisher-ovom LSD testu najmanje značajne razlike)

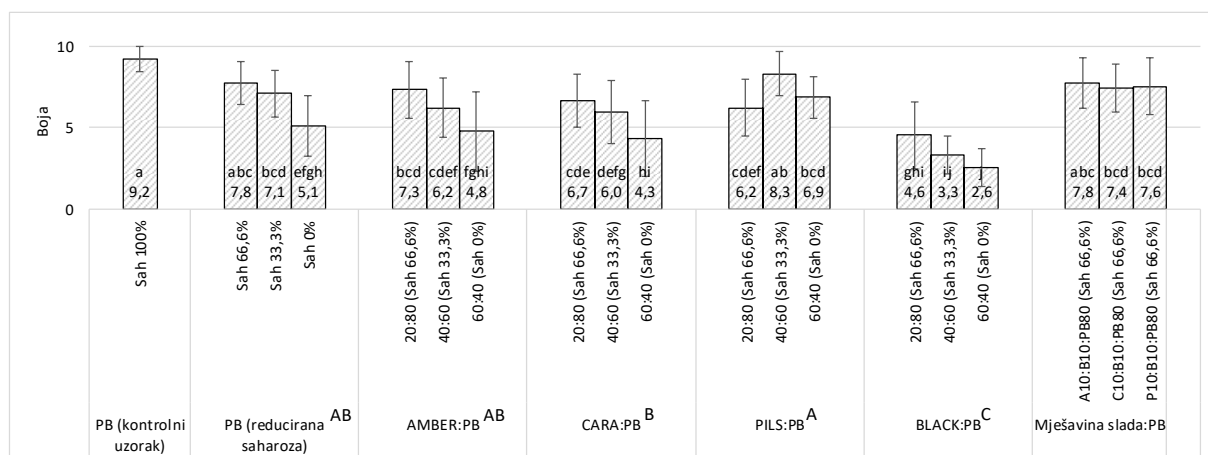


Slika 13 Utjecaj dodatka ječmenog slada i smanjenja količine dodanog šećera na a^* vrijednost boje medenjaka (prikazani podaci su srednja vrijednost \pm standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovima nisu statistički značajno različite ($p < 0,05$) prema Fisher-ovom LSD testu najmanje značajne razlike)

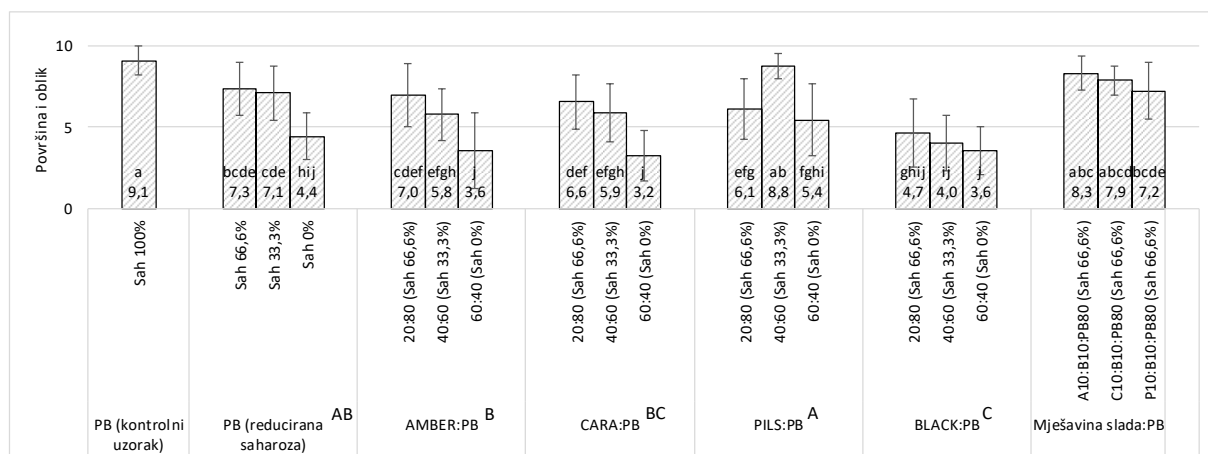


Slika 14 Utjecaj dodatka ječmenog slada i smanjenja količine dodanog šećera na b^* vrijednost boje medenjaka (prikazani podaci su srednja vrijednost \pm standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovima nisu statistički značajno različite ($p < 0,05$) prema Fisher-ovom LSD testu najmanje značajne razlike)

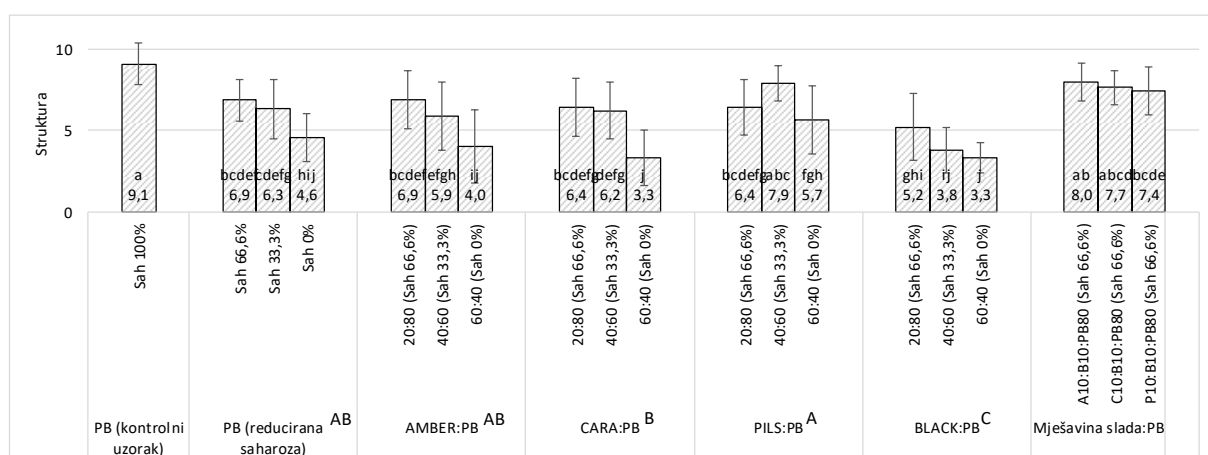
4.2. REZULTATI SENZORSKOG OCJENJIVANJA MEDENJAKA



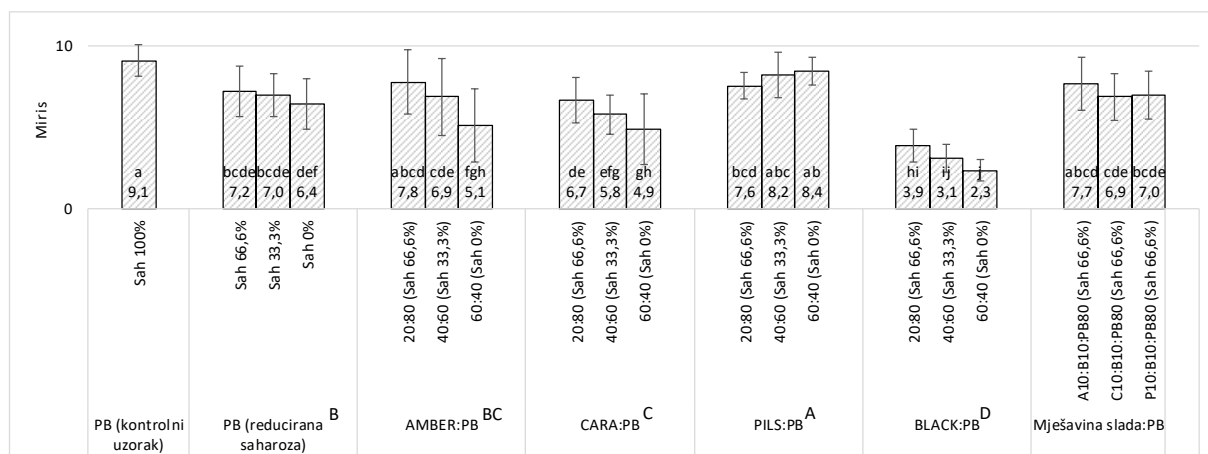
Slika 15 Utjecaj dodatka ječmenog slada i smanjenja količine dodanog šećera na senzorsku ocjenu boje medenjaka (prikazani podaci su srednja vrijednost \pm standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovima nisu statistički značajno različite ($p < 0,05$) prema Fisher-ovom LSD testu najmanje značajne razlike)



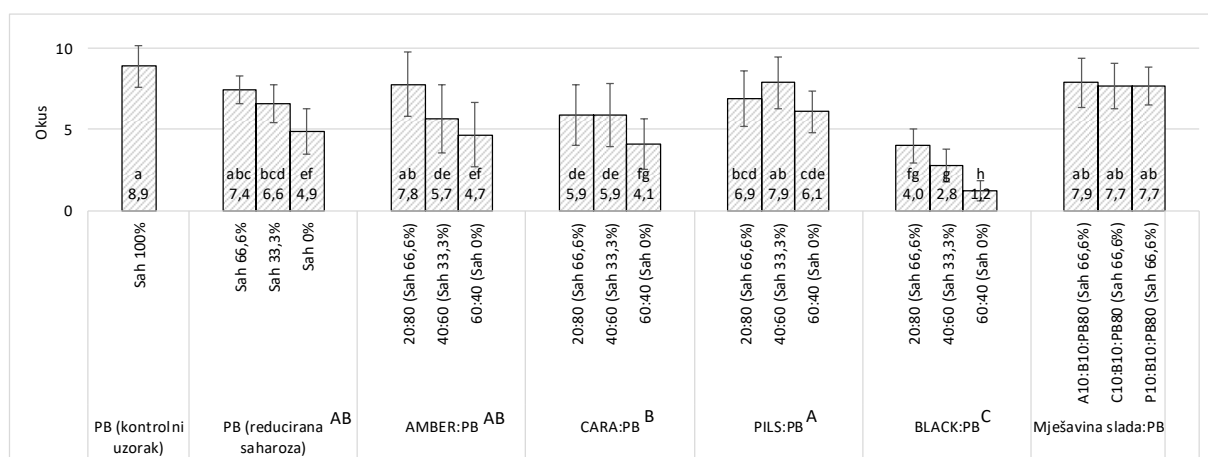
Slika 16 Utjecaj dodatka ječmenog slada i smanjenja količine dodanog šećera na senzorsku ocjenu površine i oblika medenjaka (prikazani podaci su srednja vrijednost \pm standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovima nisu statistički značajno različite ($p < 0,05$) prema Fisher-ovom LSD testu najmanje značajne razlike)



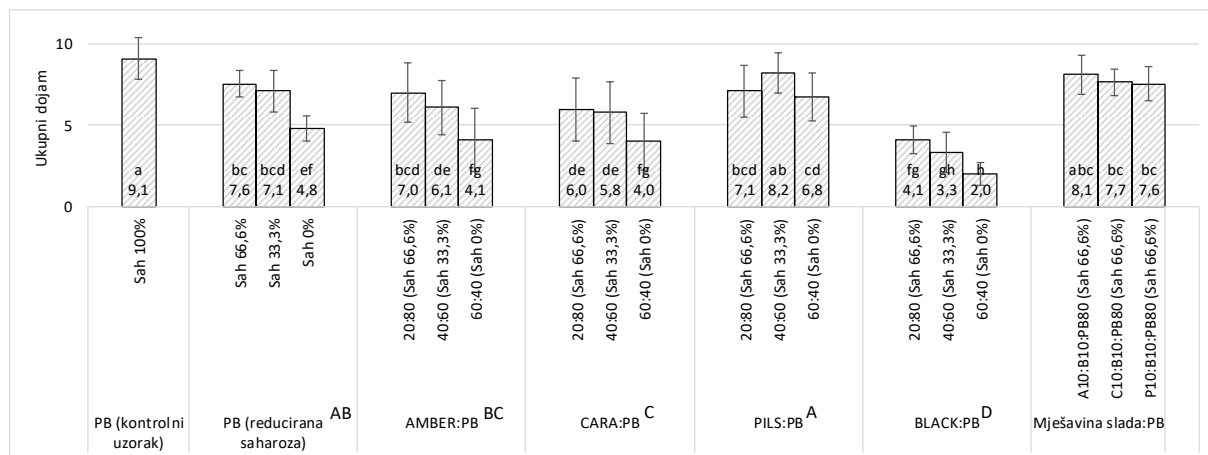
Slika 17 Utjecaj dodatka ječmenog slada i smanjenja količine dodanog šećera na senzorsku ocjenu strukture (presjeka) medenjaka (prikazani podaci su srednja vrijednost \pm standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovima nisu statistički značajno različite ($p < 0,05$) prema Fisher-ovom LSD testu najmanje značajne razlike)



Slika 18 Utjecaj dodatka ječmenog slada i smanjenja količine dodanog šećera na senzorsku ocjenu mirisa medenjaka (prikazani podaci su srednja vrijednost ± standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovima nisu statistički značajno različite ($p < 0,05$) prema Fisher-ovom LSD testu najmanje značajne razlike)



Slika 19 Utjecaj dodatka ječmenog slada i smanjenja količine dodanog šećera na senzorsku ocjenu okusa medenjaka (prikazani podaci su srednja vrijednost ± standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovima nisu statistički značajno različite ($p < 0,05$) prema Fisher-ovom LSD testu najmanje značajne razlike)



Slika 20 Utjecaj dodatka ječmenog slada i smanjenja količine dodanog šećera na senzorsku ocjenu ukupnog dojma medenjaka (prikazani podaci su srednja vrijednost \pm standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovima nisu statistički značajno različite ($p < 0,05$) prema Fisher-ovom LSD testu najmanje značajne razlike)

5. RASPRAVA

U ovom diplomskom radu prikazani su rezultati ispitivanja utjecaja zamjene dijela pšeničnog s brašnom specijalnih tipova ječmenog slada (u udjelima 20, 40 i 60 %) i smanjenja količine dodane saharoze (66,6%, 33,3% i 0% od tradicionalne recepture) na kvalitetu medenjaka. Sladno brašno dobiveno je mljevenjem specijalnih tipova pivarskog ječmenog slada: AMBER, karamelni slad CARA120, PILSNER i prženi BLACK slad. Ovo brašno se dodavalo kao zamjena za pšenično brašno u količinama od 20, 40 i 60%, a navedene smjese su se koristile za medenjaka prema tradicionalnoj recepturi (**Tablica 1**). S obzirom na povećan udio različitih šećera (monosaharida, disaharida i dekstrina) u sladnom brašnu, u proizvodnji medenjaka se smanjivao dodatak šećera proporcionalno povećanju udjela sladnog brašna u recepturi. Pri omjeru sladnog i pšeničnog brašna 20:80 šećer se dodavao u količini od 66,6% od originalne količine propisane recepturom, pri omjeru 40:60 dodavalo se 33,3% šećera, a pri omjeru 60:40 šećer je potpuno izostavljen. Proizvedeni su i medenjaci s mješavinama sladnog brašna, i to 10% AMBER i 10% BLACK slada, 10% CARA i 10% BLACK slada te 10% PILSNER i 10% BLACK slada. Na uzorcima laboratorijski proizvedenih medenjaka određena su fizikalno-kemijska svojstva kao što su sadržaj vlage, promjer, visina, faktor širenja, volumen, teksturalna svojstva i boja medenjaka te je provedena senzorska ocjena uzoraka. Na **Slici 3** prikazane su fotografije pečenih uzoraka medenjaka.

Sadržaj vlage u pečenim uzorcima medenjaka prikazan je na **Slici 4**. Sadržaj vlage kretao se od 10,6% (uzorak s mješavinom CARA i BLACK slada) do 15,6% (medenjaka od pšeničnog brašna bez dodatka šećera). Vidljivo je da smanjenje dodatka saharoze uzrokuje značajno povećanje vlage medenjaka kod uzoraka od čistog pšeničnog brašna. Iste rezultate dobili su i Pareyt *i sur.*, 2009. u svom radu u kojem su ispitali utjecaj dodatka šećera na strukturalna i teksturalna svojstva čajnih peciva. Iz dobivenih rezultata vidljivo je da smanjenje šećera ne uzrokuje povećanje sadržaja vlage u uzorcima medenjaka s dodatkom sladnog brašna. To se može objasniti činjenicom da sladna brašna sadrže dovoljne količine vlastitih šećera koje mogu nadomjestiti reduciranu količinu dodanog šećera.

Rezultati ispitivanja fizikalnih svojstava medenjaka prikazani su na **Slikama 5-8**. Promjer uzoraka se statistički značajno smanjivao ($p < 0,05$) proporcionalno sa smanjenjem dodatka šećera za uzorke od pšeničnog brašna, od 6,6 cm za medenjake sa 100% šećera, do 5,7 cm za uzorke bez dodanog šećera. Faktor širenja se također smanjivao uz reduciranu količinu dodanog šećera (34,1 za uzorak sa 100% šećera do 26,6% bez dodatka šećera). Analogno smanjenju promjera i

faktora širenja kod ovih uzoraka, smanjenjem dodatka šećera povećala se debljina medenjaka (od 1,9 cm do 2,1 cm). Ovo se može objasniti djelovanjem šećera na sprječavanje razvoja glutena pa se u uzorcima s reduciranom količinom šećera gluten prekomjerno razvija, što dovodi do skupljanja medenjaka i povećanja njegove debljine. Najveći promjer imali su uzorci medenjaka od pšeničnog brašna sa 100% šećera i uzorci s mješavinama sladnog brašna sa 66,6% šećera. Najveći faktor širenja imali su uzorci sa 60% AMBER i CARA slada bez dodatka šećera. Dodatkom sladnog brašna promjer medenjaka se nije značajno mijenjao dok se debljina značajno smanjivala, a faktor širenja povećavao. Ovakvo ponašanje uzoraka s dodatkom sladnog brašna rezultat je prisutnosti vlastitih šećera u sladu, ali i činjenice da se povećanjem dodatka sladnog brašna smanjuje ukupna količina glutena u smjesi za proizvodnju medenjaka. Slične rezultate u svom istraživanju kvalitete čajnog peciva s dodatkom ljuške ječmenog slada dobili su Ikuomola *i sur.* (2017).

Najveći specifični volumen (**Slika 8**) izmjeren je kod uzorka s 20% PILSNER slada, a najmanji kod uzorka sa 60% slada CARA120. Može se primijetiti da se povećanjem udjela sladnog brašna specifični volumen čajnog peciva u pravilu smanjuje što se također može pripisati smanjenju ukupne količine glutena.

Teksturalna svojstva medenjaka (**Slike 9-11**) ispitana su pomoću analizatora teksture metodom savijanja/lomljenja uzoraka do trenutka pucanja. Smanjenje dodatka šećera nije značajno utjecalo na silu potrebnu za lomljenje uzorka dok se dubina prodiranja sonde do trenutka lomljenja značajno povećavala ($p < 0,05$). Ova udaljenost je indikator lomljivosti uzoraka, a ukupno je ona bila najveća kod uzoraka s dodatkom BLACK slada. Ovi uzorci su također pokazali najveću silu potrebnu za lomljenje medenjaka. Povećanu čvrstoću čajnog peciva s dodatkom pšeničnog slada u svom istraživanju utvrdili su i Sharma i Chopra (2015). Na **Slici 11** prikazane su vrijednosti za indeks lomljivosti (kvocijent sile lomljenja i udaljenosti lomljenja) koji najbolje predstavlja čvrstoću medenjaka. Najveći indeks lomljivosti imali su uzorci s 20% AMBER, CARA120 i PILSNER sladnog brašna, a najmanji uzorak sa 60% BLACK slada.

Boja uzoraka medenjaka određena je kolorimetrom (Minolta), a rezultati su prikazani na **Slikama 12-14**. Najsvjetliji uzorak bio je od pšeničnog brašna bez dodatka šećera ($L^* = 64,9$) što se može objasniti činjenicom da dodani šećeri sudjeluju u stvaranju boje proizvoda. Tijekom pečenja odvija se karamelizacija, a hidroliza saharoze osigurava reducirajuće šećere za Maillardove reakcije i na taj način se osigurava nastajanje boje gotovog proizvoda (Chevallier *i*

sur., 2002). Svjetlina medenjaka je opadala proporcionalno dodatku sladnog brašna, od 60,8 kod uzorka s 20% slada tipa PILSNER, do 20,9 kod uzorka s najvećim udjelom BLACK slada bez dodatka šećera. Vidljivo je da prženi slad BLACK daje čajna peciva izrazio tamne, gotovo crne boje. Kromatska komponenta a^* iznosila je 9,8 za kontrolni uzorak sa 100% šećera, a povećavala se dodatkom AMBER i CARA120 slada što ukazuje na veći udio crvene boje dok je dodatak prženog tamnog BLACK slada i PILSNER slada značajno smanjio vrijednosti a^* . Najveću b^* vrijednost imali su uzorci od pšeničnog brašna i uzorci s dodatkom slada tipa PILS (28,5-31,7). Veća b^* vrijednost pokazatelj je jačeg intenziteta žute boje, što u kombinaciji s visokim vrijednostima crvene boje u konačnici rezultira poželjnom smeđom bojom površine medenjaka. Dodatkom prženog slada BLACK b^* vrijednosti su se smanjivale (7,9-2,2) zbog izrazito tamne boje uzoraka.

Rezultati senzorskog ocjenjivanja medenjaka prikazani su na **Slikama 15-20**. Članovi senzorskog panela su kao najpoželjniju ocijenili boju uzoraka od pšeničnog brašna sa 100% šećera (9,2), s 40% PILSNER slada (8,3) i 33,3% šećera te svih uzoraka s mješavinom slada i 66,6% šećera (7,4-7,5). Isti uzorci su imali najbolje ocjene i za površinu i oblik, strukturu i okus. Medenjaci s dodatkom BLACK sladnog brašna najslabije su ocijenjeni u svim kategorijama, a poglavito se to odnosi na nepoželjnu crnu boju proizvoda, preintenzivan miris i neprijatan gorak okus. Panelisti su istaknuli ugodnu slatkastu aromu medenjaka i puni okus svih uzoraka s PILSNER sladom. Ocjene za ukupni dojam bile su najveće za uzorke od pšeničnog brašna sa 100% šećera (9,1), s 40% PILSNER slada i 33,3% šećera (8,2) te uzorak s mješavinom AMBER i BLACK slada i 66,6% šećera (8,1).

6. ZAKLJUČCI

Smanjenje dodatka saharoze uzrokuje značajno povećanje vlage medenjaka kod uzoraka od čistog pšeničnog brašna, ali ne i u uzorcima medenjaka s dodatkom sladnog brašna jer sladna brašna sadrže dovoljne količine vlastitih šećera koje mogu nadomjestiti reduciranu količinu dodanog šećera.

Promjer i faktor širenja medenjaka se značajno smanjuju, a debljina povećava proporcionalno sa smanjenjem dodatka šećera za uzorke od pšeničnog brašna uslijed djelovanjem šećera na sprječavanje razvoja glutena pa se u uzorcima s reduciranom količinom šećera gluten prekomjerno razvija, što dovodi do skupljanja medenjaka i povećanja njegove debljine.

Dodatkom sladnog brašna promjer medenjaka se značajno ne mijenja dok se debljina i specifični volumen smanjuju, a faktor širenja povećava zbog prisutnosti vlastitih šećera u sladu, ali i činjenice da se povećanjem dodatka sladnog brašna smanjuje ukupna količina glutena u smjesi za proizvodnju medenjaka.

Najveći indeks lomljivosti imaju uzorci s 20% AMBER, CARA120 i PILSNER sladnog brašna, a najmanji uzorci s dodatkom prženog BLACK slada.

Svjetlina medenjaka opada proporcionalno dodatku sladnog brašna. Smanjenje dodatka šećera povećava svjetlinu medenjaka od pšeničnog brašna jer dodani šećeri sudjeluju u stvaranju boje proizvoda. Dodatak ječmenog slada BLACK rezultira izrazito tamnom, gotovo crnom površinom čajnog peciva.

Najveće ocjene senzorskih svojstva imali su uzorci od pšeničnog brašna sa 100% šećera, s 40% PILSNER slada i 33,3% šećera te medenjaci s mješavinom AMBER i BLACK slada i 66,6% šećera.

Medenjaci s dodatkom svjetlijih vrsta slada imaju ugodnu slatkastu aromu i puni okus te se ova sladna brašna mogu dodavati kao zamjena za pšenično brašno u količinama do 40% uz istovremeno smanjenje dodatka šećera za proizvodnju nutritivno poboljšanog i prihvatljivog proizvoda. Dodatak tamnog prženog slada uzrokuje preistaknutu gorčinu uzoraka te se upotreba ove vrste slada može preporučiti samo u količinama manjim do maksimalno 10%.

6. LITERATURA

AACC 44-15A, Moisture—Air-Oven Methods, Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists, 10th ed. AACC, St. Paul, 2000

AACC 10-50D, Baking Quality of Cookie Flour, Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists, 10th ed. AACC, St. Paul, 2000

Brooker BE: The stabilisation of air in cake batters-the role of fat. *Food Structure* 12(3): 285-296, 1993.

Batinić K, Palinić, D: *Priručnik o medu*. Agronomski i prehrambeno-tehnički fakultet Sveučilišta u Mostaru, Federalni agromediteranski zavod Mostar, Mostar 2014

Briggs DE: *Barley*. Chapman and Hall Ltd., London, 1978.

Charun E, Abecassis J, Contamine A, Roulland TM, Vergnes B, Morel MH: Effects of temperature and mechanical input on semisweet biscuit (cookie) quality and dough characteristics 1. *Cereal Chemistry* 77(3): 265-271, 2000.

Chevallier S., Colonna P, Della Valle G, Lourdin D: Contribution of major ingredients during baking of biscuit dough systems. *Journal of Cereal Science* 31(3):241-252, 2000.

Chevallier S, Della Valle G, Colonna P, Broyart B, Trystram G: Structural and chemical modification of short dough during baking. *Journal of Cereal Science* 35:1-10, 2002.

Hesso N, Marti A, Le-Bail P, Loisel C, Chevallier S, Le-Bail A, Seetharaman K: Conformational changes of polymers in model batter systems. *Food Hydrocolloids* 51:101-107, 2015.

Čehajić R., Šakić N: *Njegovo veličanstvo pivo*, Minex doo, Zenica, 2005.

Gavrilović M: *Tehnologija konditorskih proizvoda*. Zavod za izdavanje udžbenika Novi Sad, Novi Sad, 2003.

Gavrilović M: *Tehnologija konditorskih proizvoda*. Zavod za izdavanje udžbenika Novi Sad, Novi Sad, 2011.

Hoseney RC: *Principles of cereal science and technology*. American Association of Cereal Chemists, St. Paul Minnesota, 1994.

web izvor: http://studenti.ptfos.hr/Diplomski_studij/Tjestenicarstvo_Keksarstvo/Keks_2_2017_18.pdf (23.6.2019.)

Ikuomola DS, Otutu OL, Oluniran DD: Quality assessment of cookies produced from wheat flour and malted barley (*Hordeum vulgare*) bran blends. *Cogent Food & Agriculture*, 3(1): 1-12, 2017.

Kweon M, Slade L, Levine H, Gannon D: Cookie-versus cracker-baking—what's the difference? Flour functionality requirements explored by src and alveography. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 54(1):115-138, 2014.

Krell R: *Value-added products from beekiping*, Ch 2, FAO Agricultural Services Bulletin No 124, 1996.

Kljusurić S: *Uvod u tehnologiju mljevenja pšenice*. Prehrambeno-tehnološki fakultet Sveučilišta J.J. Strossmayer, Osijek, 2000.

Koceva Komlenić D, Jukić M: *Materijali s predavanja na kolegiju „Tehnologija proizvodnje tjestenine i keksarskih proizvoda“*. Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek, Osijek, 2019.

Leskošek-Čukalović I: *Tehnologija piva*. Poljoprivredni fakultet Beograd, Beograd, 2002.

Mujić I, Alibabić V, Travljanin D; *Prerada meda i drugih pčelinjih proizvoda*, Veleučilište u Rijeci, Rijeka, 2014

Manley D: *Biscuit packaging and storage*. Woodhead Publishing Ltd, Cambridge, 1998.

Manley D: *Biscuit, cracker and cookie recipes for the food industry*. Woodhead publishing Limited, 2000.

Marić V: Proizvodnja ječmenog slada. U *Biotehnologija i Sirovine*. V. Marić (ur.), Stručna i poslovna knjiga d.o.o., Zagreb, str. 155-180, 2000.

Misra NN, Tiwari BK: Biscuits. U *Bakery products science and technology*, 2nd ed. 585–601, John Wiley & Sons, West Sussex, 2014

Ministarstvo poljoprivrede: *Pravilnik o pivu*. Narodne novine 141/13.

Ministarstvo poljoprivrede: *Pravilnik o žitaricama i proizvodima od žitarica*. Narodne novine 81/2016.

Mohaček M: *Pivovarstvo-priručnik za izobrazbu stručnih kadrova*, Nakladni zavod Hrvatske, Zagreb, 1948.

Pareyt B., Delcour JA: The role of wheat flour constituents, sugar, and fat in low moisture cereal based products: A review on sugar-snap cookies. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 48 (9): 824-839, 2008.

Pareyt B, Brijs K, Delcour JA: Sugar-snap cookie dough setting: The impact of sucrose on gluten functionality. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 57(17):7814-7818, 2009.

Sharma S, Chopra R: Nutritional, sensory and textural analysis of biscuits supplemented with malted barley (*hordeum vulgare*). *International Journal of Food and Nutritional Sciences*. 4. 97-101, 2015.

Šimić G.: Utjecaj genotipa i okolišnih uvjeta na parametre sladarske kakvoće ozimog ječma (*Hordeum vulgare* L.). Doktorski rad. Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek, Osijek, 2009.

Ugarčić- Hardi Ž: *Tehnologija tjestenine i keksa*. Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek, Osijek, 1999.