

# Utjecaj dodatka različitih hidrokoloida na kvalitetu krekeru bez glutena

---

Cvetko, Dijana

Master's thesis / Diplomski rad

2023

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:109:692013>

Rights / Prava: [Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](#) / [Imenovanje-Nekomercijalno-Dijeli pod istim uvjetima 4.0 međunarodna](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-02**

REPOZITORIJ

PTF OS

PREHRAMBENO-TEHNOLOŠKI FAKULTET OSIJEK

dabar  
DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJ

Repository / Repozitorij:

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



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

**Dijana Cvetko**

**UTJECAJ DODATAKA RAZLIČITIH HIDROKOLOIDA NA KVALITETU  
KREKERA BEZ GLUTENA**

DIPLOMSKI RAD

Osijek, studeni, 2023.

## TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

DIPLOMSKI RAD

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

### Diplomski sveučilišni studij Prehrambeno inženjerstvo

**Znanstveno područje:** Biotehničke znanosti

**Znanstveno polje:** Prehrambena tehnologija

**Nastavni predmet:** Tehnologija proizvodnje i prerade brašna

**Tema rada** je prihvaćena na VIII. (osmoj) redovitoj sjednici Fakultetskog vijeća Prehrambeno-tehnološkog fakulteta Osijek u akademskoj godini 2022./2023. održanoj 22. svibnja 2023.

**Mentor:** prof. dr. sc. Daliborka Koceva Komlenić

**Pomoć pri izradi:** dr. sc. Gordana Šelo i Ana Šušak, dipl. ing., stručna suradnica

### Utjecaj dodatka različitih hidrokoloida na kvalitetu krekeru bez glutena

Dijana Cvetko, 0113146209

#### Sažetak:

Najznačajnija sirovina u proizvodnji bezglutenskih pekarskih i finih pekarskih proizvoda su hidrokoloidi koji se dodaju u recepturu kako bi oponašali reološka svojstva glutena te na taj način poboljšali svojstva i strukturu proizvoda. Stoga je zadatak ovog diplomskog rada ispitati utjecaj dodatka različitih hidrokoloida na kvalitetu krekeru bez glutena. Uzorci krekeru bez glutena od rižinog brašna pripremili su se dvostupanjskim postupkom s masnim predtjestom i probnim pečenjem u laboratorijskim uvjetima s dodatkom različitih udjela ksantan gume (0, 1, 2, 3 i 4 %), guar gume (0, 1, 2, 3 i 4 %) i psyllium praha (0, 2, 4, 6 i 8 %). U uzorcima krekeru pratilo se sadržaj vlage i aktivitet vode, zatim boja u CIELab sustavu, promjene dimenzija uzoraka (širina i visina) i specifični volumen, čvrstoća i senzorska svojstva krekeru. Rezultati istraživanja pokazali su da se povećanjem udjela hidrokoloida povećava udio i aktivitet vode te visina, čvrstoća i ukupna promjena boje krekeru. Senzorska analiza pokazala je da su najbolje ocijenjeni krekeri s dodatkom ksantan gume, dok su najlošije ocijenjeni krekeri s dodatkom psylliuma u prahu.

**Cljučne riječi:** Hidrokoloidi, gluten, kreker, rižino brašno

**Rad sadrži:** 40 stranica  
22 slika  
4 tablica  
0 priloga  
33 literaturnih referenci

**Jezik izvornika:** hrvatski

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

- |  |               |
|--|---------------|
| 1. prof. dr. sc. Mirela Planinić           | predsjednik   |
| 2. prof. dr. sc. Daliborka Koceva Komlenić | član-mentor   |
| 3. prof. dr. sc. Marko Jukić               | član          |
| 4. prof. dr. sc. Ana Bucić-Kojic           | zamjena člana |

**Datum obrane:** 16. studenog 2023.

**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 Cereal technology**  
Franje Kuhača 20, HR-31000 Osijek, Croatia

### Graduate program Food Engineering

**Scientific area:** Biotechnical sciences  
**Scientific field:** Food technology  
**Course title:** Technology of Flour Production and Processing  
**Thesis subject** was approved by the Faculty of Food Technology Osijek Council at its session no. VIII. held on May 22, 2023  
**Mentor:** Daliborka Koceva Komlenić, PhD, prof.  
**Technical assistance:** Gordana Šelo, PhD and Ana Sušak, B.Sc

### The Influence of the Addition of Different Hydrocolloids on the Quality of Gluten-Free Crackers

Dijana Cvetko, 0113146209

#### Summary:

The main raw materials in the production of gluten-free bread, baked goods products, biscuits and crackers are hydrocolloids, which are added to the recipe to imitate the rheological properties of gluten and thus improve the properties and structure of the product. The aim of this study is to analyse the influence of the addition of different hydrocolloids on the quality of gluten-free crackers. Samples of gluten-free crackers made from rice flour were produced in a two-stage process with a fat-containing pre-dough and a test bake under laboratory conditions with the addition of different proportions of xanthan gum (0, 1, 2, 3 and 4 %), guar gum (0, 1, 2, 3 and 4 %) and psyllium powder (0, 2, 4, 6 and 8 %). The moisture content and water activity of the cracker samples were monitored, followed by colour in the CIELab system, changes in sample dimensions (width and height) and specific volume, firmness and sensory properties of the cracker. The results of the research showed that increasing the proportion of hydrocolloids increased the proportion and activity of water as well as the height, firmness and overall colour change of the cracker. The sensory analysis showed that crackers with the addition of xanthan gum were rated the best, while crackers with the addition of psyllium powder were rated worst.

**Key words:** Hydrocolloids, gluten, cracker, rice flour

**Thesis contains:** 40 pages  
22 figures  
4 tables  
0 supplements  
33 references

**Original in:** Croatian

#### Defense committee:

- |  |              |
|--|--------------|
| 1. Mirela Planinić, PhD, prof.           | chair person |
| 2. Daliborka Koceva Komlenić, PhD, prof. | supervisor   |
| 3. Marko Jukić, PhD, prof.               | member       |
| 4. Ana Bucić-Kojić, PhD, prof.           | stand-in     |

**Defense date:** November 16, 2023

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

# Sadržaj

<b>1. UVOD</b> .....	<b>1</b>
<b>2. TEORIJSKI DIO</b> .....	<b>3</b>
<b>2.1. GLUTEN</b> .....	<b>4</b>
2.1.1. Celijakija .....	4
2.1.2. Necelijakijska osjetljivost na gluten .....	5
<b>2.2. HIDROKOLOIDI</b> .....	<b>5</b>
2.2.2. Ksantan guma .....	6
2.2.3. Guar guma .....	6
2.2.4. Psyllium prah .....	7
<b>2.3. KREKERI</b> .....	<b>8</b>
2.3.2. Sirovine za proizvodnju krekeri .....	8
2.3.2.1 Brašno .....	8
2.3.2.2 Voda .....	8
2.3.2.3 Šećer .....	9
2.3.2.4 Masnoće .....	9
2.3.2.5 Kuhinjska sol .....	9
2.3.2.6 Sredstva za narastanje .....	9
2.3.3. Tehnološki proces proizvodnje krekeri .....	10
<b>3. EKSPERIMENTALNI DIO</b> .....	<b>11</b>
<b>3.1. ZADATAK</b> .....	<b>12</b>
<b>3.2. MATERIJALI</b> .....	<b>12</b>
<b>3.3. METODE</b> .....	<b>14</b>
3.3.2. Određivanje dužine i visine .....	15
3.3.3. Određivanje boje .....	16
3.3.4. Određivanje udjela vlage .....	17
3.3.5. Određivanje aktiviteta vode .....	18
3.3.6. Senzorsko ocjenjivanje gotovih krekeri .....	18
3.3.7. Statistička analiza .....	18
<b>4. REZULTATI I RASPRAVA</b> .....	<b>19</b>
<b>4.1. UDIO I AKTIVITET VODE</b> .....	<b>20</b>
<b>4.2. DIMENZIJE KREKERA BEZ GLUTENA</b> .....	<b>22</b>
<b>4.3. PARAMETRI BOJE KREKERA BEZ GLUTENA</b> .....	<b>24</b>
<b>4.4. TEKSTURA KREKERA BEZ GLUTENA</b> .....	<b>28</b>
<b>4.5. SENZORSKA ANALIZA KREKERA BEZ GLUTENA</b> .....	<b>29</b>
<b>5. ZAKLJUČCI</b> .....	<b>35</b>
<b>6. LITERATURA</b> .....	<b>37</b>

## **1. UVOD**

Pravilnikom o žitaricama i proizvodima od žitarica, kreker se definira kao proizvod dobiven pečenjem tijesta, karakteristične lisnate/hrskave strukture, a koji sadrži najmanje 10 % masnoće, računato na gotov proizvod s najviše 5 % vode (Pravilnik NN 101/2022). Glavne sirovine u proizvodnji krekeru su brašno žitarica, voda, sredstva za narastanje, sol, šećer te masnoće. Gluten je proteinski kompleks koji je prisutan u pšenici, raži, ječmu i sastoji se od proteinskih frakcija prolamina i glutelina (Cohen i sur., 2019.). Gluten ima važnu ulogu u postizanju karakteristične strukture pekarskih i keksarskih proizvoda, međutim sve je više oboljelih od celijakije, odnosno alergije na gluten pa se zbog toga u proizvodnji krekeru često koriste brašna bez glutena kao što je rižino brašno (Salehi, 2019). Proizvodi sa bezglutenkim brašnima ne mogu stvarati glutensku mrežu koja je odgovorna za karakterističnu strukturu proizvoda te kao posljedica toga nastaju proizvodi slabije kvalitete. Kako bi poboljšala kvaliteta proizvoda bez glutena, u proizvode se dodaju tvari koje imaju slična svojstva kao i gluten, a to su najčešće hidrokoloidi (Zoghi i sur., 2020.).

Cilj ovog rada bio je provesti probna pečenja te usporediti kvalitativna svojstva krekeru od rižinog brašna s dodatkom različitih hidrokoloida (ksantan gume, guar gume i psyllium praha) u različitim udjelima.

## **2. TEORIJSKI DIO**



## 2.1. GLUTEN

Gluten je naziv za proteinski kompleks koji se nalazi u pšenici i srodnim žitaricama kao što su raž i ječam. Sastoji se od dvije proteinske frakcije, prolamina i gutelina. Prolamini su složena skupina proteina topljivih u alkoholu i čine glavne proteine u žitaricama, a uključuju glijadin u pšenici, hordein u raži i sekalin u ječmu (Cohen i sur., 2019.). Hidratizirani glutenin je gumasta i rastezljiva masa koja je elastična i otporna na deformaciju, dok je hidratizirani glijadin sirupasta neelastična masa, vrlo rastezljiva i ljepljiva. Vlažni gluten objedinjuje svojstva glijadina i glutenina. Osim glijadina i glutenina, u vlažnom glutenu se u malim koncentracijama nalaze i albumini i globulini, škrob te šećeri i masti (Delcour, 2012). Gluten ima vrlo važnu ulogu za postizanje određene strukture u proizvodnji pekarskih proizvoda jer utječe na svojstva elastičnosti tijesta te karakterističan izgled konačnog proizvoda (Salehi, 2019). Kombinacijom proteina glijadina i glutenina uz prisutstvo vode i mehaničkim radom dolazi do nastajanja glutenske mreže (Rai i sur., 2018). Proizvodi kod kojih se koriste brašna koja ne sadrže gluten postoji problem jer njihovi proteini ne mogu formirati mrežu poput glutena i finalni proizvodi su slabije kvalitete, malog volumena, suhe i mrvičaste strukture te daju loš okus u ustima. Kako bi poboljšala kvaliteta proizvoda bez glutena, potrebno je zamijeniti gluten drugim sastojcima koji imaju svojstva slična glutenu, a najčešće se u tu svrhu koriste hidrokoloide (Zoghi i sur., 2020). Gluten može uzrokovati različite poremećaje koji mogu biti alergijski, nealergijski i autoimuni. Vrlo je važno točno dijagnosticirati o kojem se poremećaju povezanim s glutenom radi jer je liječenje svakog od njih različito (Pozderac i Mijandrušić Sinčić, 2019.).

### 2.1.1. Celijakija

Celijakija je kronična bolest tankog crijeva nastala kao posljedica reakcije imunološkog sustava na gluten iz pšenice, raži i ječma. Bolest karakterizira oštećenje sluznice tankog crijeva koja gubi resičast izgled, a istovremeno dolazi do povećanja broja tkivnih limfocita i epitelnih stanica. Time se smanjuje apsorpcijska moć zadebljane sluznice i posljedično dolazi do malapsorpcije hranjivih tvari, vitamina, minerala, ali i masti i ugljikohidrata (Barbarić, 2008.). Klasična klinička slika celijakije se javlja u dječjoj dobi nakon prestanka dojenja i uvođenja žitarica u prehranu, međutim danas se bolest sve češće dijagnosticira kod starije djece i odraslih te se manifestira neklasičnom kliničkom slikom. Celijakija ima vrlo širok klinički spektar koji uključuje klasične crijevne i neklasične crijevne i izvancrijevne simptome. Klasični

simptomi celijakije su uglavnom proljev, abdominalna bol, nadutost, povraćanje, gubitak na masi, anoreksija i teška malapsorpcija. Izvancrijevni simptomi uključuju umor, hipoplazija zubne cakline, zaostajanje u rastu, zakašnjeli pubertet, spontani pobačaji, neplodnost, urtikarija, psorijaza, osteoporoza, artritis, idiopatska epilepsija, depresija, tjeskoba, halucinacije i dr. (Pozderac i Mijandrušić Sinčić, 2019.). Jedini učinkoviti način „liječenja“ celijakije je promjena prehrambenih navika koja uključuje potpuno izbacivanje glutena iz prehrane. Pravilnikom o hrani bez glutena propisuje se sastav i označavanje hrane bez glutena, namijenjene osobama intolerantnim na gluten (Pravilnik NN 83/2010). Pridržavanjem bezglutenske dijete uvelike se smanjuje mogućnost razvoja kasnih komplikacija bolesti. Posljednjih godina broj oboljelih od celijakije raste, a procjenjuje se da danas u Europi i u Hrvatskoj od celijakije boluje oko 1 % ljudi što je dovelo do povećane potražnje za bezglutenskim proizvodima (Ćurić i sur., 2007).

### **2.1.2. Necelijakijska osjetljivost na gluten**

Necelijakijska osjetljivost na gluten je poremećaj kojeg karakteriziraju crijevni i izvancrijevni simptomi koji se javljaju nakon probave hrane koja u svom sastavu sadrži gluten ili druge proteine iz pšenice, a osoba ne pati od celijakije niti ima alergiju na pšenicu (Catassi i sur., 2015). Simptomi su slični simptomima celijakije, a uključuju abdominalnu bol, flatulenciju, proljev, kronični umor, glavobolja, artritis, depresija, tjeskoba, atopijski dermatitis i osip. Za razliku od celijakije, necelijakijska osjetljivost je uglavnom javlja u odraslo dobi, a rjeđe kod djece. Prevalencija iznosi oko 0.6 – 6 %, pri čemu omjer oboljelih između žena i muškaraca iznosi 5:1 (Pozderac i Mijandrušić Sinčić, 2019).

## **2.2. HIDROKOLOIDI**

Hidrokoloidi su kemijski spojevi, po strukturi polisaharidi koji su topljivi u vodi, a sadrže dugolančane hidrofilne molekule velike molekulske mase (Salehi, 2019). Često se koriste kao zgušnjivači i humektanti koji mogu pomoći kod bubrenja, želatinizacije i stabilizacije. Mogu biti biljnog podrijetla, kemijski sintetizirani te hidrokoloidi nastali sintezom pomoću mikroorganizama. Najpoznatiji hidrokoloidi biljnog podrijetla su agar-agar, karagen, pektin, arapska guma, guma od rogača i guar guma. Karboksimetilceluloza (CMC), hidroksipropil metilceluloza (HPMC) i metil celuloza su kemijski sintetizirani hidrokoloidi, dok je ksantan najpoznatiji hidrokoloid sintetiziran od strane mikroorganizama (Gao i sur., 2018.).

Hidrokoloidi se često koriste kao dodatak proizvodima bez glutena na bazi žitarica zbog svojstva koja oponašaju glutensku mrežu. Djeluju na poboljšanje strukture, teksture, volumena te ukupnu kvalitetu konačnog proizvoda te na produljenje roka trajanja. Hidrokoloidi se primjenjuju ovisno o njihovim svojstvima koja uključuju sposobnost vezanja vode, viskoznost, brzinu hidratacije i utjecaja temperature kod hidratacije, jer većini hidrokoloida se viskozitet smanjuje s povećanjem temperature (Culetu i sur., 2021.).

### 2.2.2. Ksantan guma

Ksantan guma je egzopolisaharid kojeg proizvodi mikroorganizam iz roda *Xanthomonas*, najčešće soj *Xanthomonas campestris* (de Monaco Lopes i sur., 2015). To su gram-negativne štapičaste bakterije, koje često inficiraju biljne usjeve uzrokujući široku paletu bolesti biljaka (Thieme i sur., 2005.). Ksantan guma ima visoku topljivost u hladnoj i vrućoj vodi te fosfornoj, octenoj, sumpornoj i dušičnoj kiselini te u natrijevom hidroksidu, ali se slabo otapa u organskim otapalima. Ima visoku viskoznost i pri niskim koncentracijama, a već pri 1 % djeluje gotovo kao gel. Osim toga, ksantan guma ima izrazitu sposobnost emulgiranja, suspendiranja i stabilizacije te je vrlo kompatibilan hidrokoloid s drugim zgušnjivačima poput škroba, pektina, dekstrina, karagena, želatina i alginata. Ksantan guma u otopini djeluje pseudoplastično tj. viskoznost je obrnuto proporcionalna brzini smicanja otopine ksantana. Ksantan guma ima nisku kalorijsku vrijednost, a kao i druge gume nije probavljiva za ljude (Chaturvedi i sur., 2021). Ksantan guma se koristi u proizvodnji pekarskih te finih pekarskih i srodnih proizvoda jer ima sposobnost zadržavanja vode tijekom pečenja i skladištenja, a učinkovito produljuje rok trajanja prehrambenih proizvoda. Često se dodaje u bezglutenske proizvode kao zamjena za gluten jer ima sposobnost poboljšanja volumena i teksture te doprinosi glatkoći i prozračnosti gotovog proizvoda (Palaniraj i Jayaraman, 2011.).

### 2.2.3. Guar guma

Guar guma je polisaharid, poznatiji i pod nazivom guaran, a dobiva se iz endosperma sjemena jednogodišnje biljke *Cyamopsis tetragonolobus* ili *C. psoraloides*. Bez mirisa je, a boja se kreće od prljavobijele do svijetložute. Zbog izrazito jakih intra i inter vodikovih veza, guar guma je topljiva u vrućoj i hladnoj vodi, međutim netopljiva je u većini organskih otapala (Tripathy i Das, 2013.). Guar guma je jedan od najjeftinijih i često upotrebljivanih hidrokoloida u prehrambenoj industriji. Posjeduje jedinstvena svojstva kao što su zadržavanje

vode, smanjenje brzine isparavanja, regulacija reoloških svojstva, promjena brzine smrzavanja i modifikacija kristala leda. Koristi se kao sredstvo za želiranje, zgušnjavanje, kao vezivno sredstvo te za emulgiranje i stabilizaciju. U proizvodima na bazi brašna dodaje se u svrhu poboljšanja teksture, smanjenja ljepljivosti tijesta te produljenja roka trajanja. Poželjno je uz guar gumu koristiti i druge gume kao što su ksantan guma, tragant guma, karaja guma i druge celulozne gume radi postizanja sinergijskog djelovanja na viskozitet (Gowda i Manjunath, 2016).

### 2.2.4. Psyllium prah

Psyllium prah se danas često koristi umjesto klasičnih hidrokoloida, a dobiva se mljevenjem omotača sjemena indijskog trputca (*Plantago psyllium* L.). Omotač sjemena je bogat arabinoksilanom pa se često psyllium ljuskice koriste kao dijetalno vlakno, za sniženje LDL kolesterola, za zgušnjavanje obroka, ali i za poboljšanje reoloških osobina. Psyllium se često koristi u proizvodnji bezglutenskih proizvoda jer ima sposobnost vezanja vode, želiranja, povećanja viskoznosti, povećanja zadržavanja plinova tijekom pečenja te pozitivno utječe na volumen. Osim toga, dodatkom psylliuma utječe se na poboljšanje strukture i teksture te na produljenje roka trajanja proizvoda (Fratelli i sur., 2021).

## 2.3. KREKERI

Prema Pravilniku o žitaricama i proizvodima od žitarica, kreker se definira kao proizvod dobiven pečenjem tijesta, karakteristične lisnate/hrskave strukture, a sadrži najmanje 10 % masnoće, računato na gotov proizvod s najviše 5 % vode (Pravilnik NN 101/2022). Glavna specifikacija krekerica je tanko i suho pečeno tijesto hrskave teksture koje tijekom konzumiranja stvara karakterističan zvuk pucanja ili pucketanja, a proizvode se u različitim oblicima. Široko su rasprostranjeni na tržištu, najčešći su slani krekeri, krekeri od sode te krekeri s različitim dodacima i slatki krekeri (Gavrilović, 2003).

### 2.3.2. Sirovine za proizvodnju krekerica

Sirovine koje se koriste u procesu proizvodnje krekerica mogu se podijeliti na osnovne i dodatne sirovine. U skupinu osnovnih sirovina ubrajaju se brašno, voda, sredstva za narastanje, sol, šećer i masnoće, a u skupinu dodatnih sirovina ubrajaju se razne arome i začini.

#### 2.3.2.1 Brašno

Najčešće korišteno brašno u proizvodnji bezglutenskih proizvoda je rižino brašno. Riža (*Oryza sativa* L.) je žitarica koja čini temelj prehrane za oko 50 % svjetske populacije. U svom sastavu riža ne sadrži proteine glutena, već sadrži uglavnom hidrofobne i netopljive proteine. Netopljivi proteini u rižinom brašnu ne dopuštaju stvaranje viskoelastičnog tijesta koje zarobljava plin tijekom fermentacije, što rezultira proizvodima s malim volumenom i visokim stupnjem starenja proizvoda (Rathnayake i sur., 2022.).

#### 2.3.2.2 Voda

U proizvodnji hrane, voda treba biti zdravstveno ispravna. Prema Pravilniku o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće, voda za piće jest sva voda koja je u svojem izvornom stanju ili nakon obrade namijenjena za piće, kuhanje, pripremu hrane ili druge kućanske namjene. Zdravstveno ispravnom vodom za piće smatra se voda koja ne sadrži mikroorganizme, parazite i njihove razvojne oblike u broju koji predstavlja opasnost za zdravlje ljudi, te ne sadrži tvari u koncentracijama koje same ili zajedno s drugim tvarima predstavljaju opasnost za zdravlje ljudi (Pravilnik NN 47/2008).

### 2.3.2.3 Šećer

Šećer koji se najčešće koristi u proizvodnji krekeri je saharoza. Najvažniju funkciju ima kod proizvodnje krekeri od fermentiranog tijesta jer služi kao hrana kvascima te utječe na sposobnost stvaranja plinova u tijestu. Isto tako, šećer djeluje i na povećanje temperature želatinizacije škroba što omogućuje tijestu tijekom procesa pečenja da duže raste prije potpune želatinizacije škroba što za posljedicu daje i veći volumen proizvoda te bolju teksturu (Sykes i Davidson, 2020.).

### 2.3.2.4 Masnoće

U proizvodnji krekeri, dodatak masnoća osigurava odgovarajuću teksturu gotovom proizvodu, ali omogućuju lakše rukovanje tijestom. Koriste se masnoće biljnog i životinjskog podrijetla, najčešće biljna mast, maslac i margarin (Mamat i Hill, 2012.). Kod laminiranih tijesta se masnoće dodaju u proizvod valjanjem i preklapanjem slojeva tijesta i masti kako bi se postigla slojevita struktura krekeri (Zhou i Hui, 2014.).

### 2.3.2.5 Kuhinjska sol

Kuhinjska sol, odnosno natrijev klorid ima važnu ulogu u proizvodnji krekeri, ne samo zato što utječe na poboljšanje okusa, već ima i tehnološke značajke. Pozitivno utječe na fermentaciju, jačanje tijesta, produljenje vremena miješanja tijesta te poboljšanje strukture gotovog proizvoda. Kuhinjska sol osim što daje slan okus jelima, povećava slatkoću te maskira gorke, metalne i druge neugodne okuse (Miller i Hosney, 2008.).

### 2.3.2.6 Sredstva za narastanje

Sredstva za narastanje se koriste u svrhu dobivanja proizvoda s većim volumenom, a ovisno o vrsti tijesta od kojeg se izrađuju krekeri, koriste se kemijska sredstva za narastanje ili biološka sredstva kao što je kvasac. Za proizvodnju krekeri od nefermentiranog tijesta koriste se kemijska sredstva za narastanje čija je uloga, osim povećanja volumena, i promjena pH vrijednosti tijesta te sprječavanje ljepljivosti tijesta. Najčešće korištena kemijska sredstva za narastanje su amonijev hidrogenkarbonat te natrijev hidrogenkarbonat. Kemijska sredstva za narastanje se razlažu na povišenim temperaturama prilikom pečenja oblikovanog tijesta te stvaraju plinove koji sudjeluju u formiranju oblika, volumena i strukture proizvoda. Natrijev hidrogenkarbonat ( $\text{NaHCO}_3$ ) se prilikom pečenja tijesta razlaže na natrijev karbonat, vodu i ugljikov dioksid prema sljedećoj jednačini (Gavrilović, 2003.):



Ako se krekeri prave od fermentiranog tijesta, tada se kao sredstvo za narastanje koristi pekarski kvasac koji predstavlja aktivnu biomasu dehidriranih stanica jednog ili više sojeva gljivice *Saccharomyces cerevisiae* (Ali i sur., 2012.). Osim što povećava volumen, kvasac doprinosi boljoj strukturi i željenoj aromi proizvoda.

### 2.3.3. Tehnološki proces proizvodnje krekeri

Proizvodnja krekeri može se odviti na dva načina: izrada krekeri od fermentiranog tijesta i izrada krekeri od nefermentiranog tijesta. Oba načina započinju pripremom sirovina. Ako se krekeri proizvode od fermentiranog tijesta, tada se sve sirovine (brašno, kvasac, voda, sol, šećer i masnoće) istovremeno zamijese u mijesilici. Zamješeno tijesto ide na postupak fermentacije tijekom 4-16 sati. Kada fermentacija završi, tijesto se premijesi i laminira kako bi se stanjilo. U procesu laminiranja, glavnom tijestu se dodaje masno tijesto koje se sastoji od masnoća, soli, brašna te sredstva za narastanje. Nakon što se tijesto stanjilo u laminatoru, slijedi oblikovanje krekeri. U slučaju proizvodnje krekeri od nefermentiranog tijesta se najprije u mijesilici pomiješaju sol, šećer, masnoće, voda, sladni ekstrakt te proteolitički enzimi. Kada se smjesa sjedini, dodaju se brašno i sredstva za narastanje. Kao i kod prvog slučaja, zamješeno tijesto se laminira te nakon toga oblikuje u željeni oblik. Nakon oblikovanja, slijedi pečenje tijesta u prethodno zagrijanoj pećnici između 3 do 7 minuta. Nakon pečenja, krekeri se hlade prirodno, umjetno ili kombinirano (Manley, 2000.).

### **3. EKSPERIMENTALNI DIO**



### 3.1. ZADATAK

Zadatak rada bio je proizvesti krekere bez glutena od rižinog brašna, dvostupanjskim postupkom s masnim predtjestom i probnim pečenjem u laboratorijskim uvjetima s dodatkom različitih udjela ksantan gume (0, 1, 2, 3 i 4 %), guar gume (0, 1, 2, 3 i 4 %) i psyllium praha (0, 2, 4, 6 i 8 %).

### 3.2. MATERIJALI

Sirovine koje su se koristile za izradu krekerja su rižino brašno (Nutrigold), protein – sirutka (WPC 80, SFD Nutrition), ksantan guma (Nutrimedica), psyllium (Nutrigold), guar guma (Nutrigold), margarin (Zvijezda), šećer (Viro), kuhinjska sol, prašak za pecivo (Dr.Oetker) i voda.



Slika 1. Sirovine za izradu krekerja bez glutena

Tablica 1. Receptura osnovnog tijesta za izradu bezglutenskih krekerja uz dodatak guar gume

	OSNOVNO TIJESTO (g)				
	standard	1 % guar guma	2 % guar guma	3 % guar guma	4 % guar guma
Rižino brašno	90	90	90	90	90
Protein sirutka	10	10	10	10	10
Guar guma	0	1	2	3	4
Margarin	15	15	15	15	15

Šećer	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
Sol	1	1	1	1	1
Prašak za pecivo	1,87	1,87	1,87	1,87	1,87
Voda	40	45	50	55	60

**Tablica 2.** Receptura osnovnog tijesta za izradu bezglutenskih krepera uz dodatak ksantan gume

OSNOVNO TIJESTO (g)				
	1 % ksantan guma	2 % ksantan guma	3 % ksantan guma	4 % ksantan guma
Rižino brašno	90	90	90	90
Protein sirutka	10	10	10	10
Ksantan guma	1	2	3	4
Margarin	15	15	15	15
Šećer	1,25	1,25	1,25	1,25
Sol	1	1	1	1
Prašak za pecivo	1,87	1,87	1,87	1,87
Voda	45	50	55	60

**Tablica 3.** Receptura osnovnog tijesta za izradu bezglutenskih krepera uz dodatak psyllium praha

OSNOVNO TIJESTO (g)				
	2 % psyllium prah	4 % psyllium prah	6 % psyllium prah	8 % psyllium prah
Rižino brašno	90	90	90	90
Protein sirutka	10	10	10	10
Psyllium prah	1	2	3	4
Margarin	15	15	15	15
Šećer	1,25	1,25	1,25	1,25
Sol	1	1	1	1
Prašak za pecivo	1,87	1,87	1,87	1,87

Voda	45	50	55	60
------	----	----	----	----

**Tablica 4.** Receptura masnog tijesta za izradu krepera

MASNO TIJESTO (g)	
Rižino brašno	22,5
Protein sirutka	2,5
Hidrokoloid	-
Margarin	15
Šećer	-
Sol	2
Prašak za pecivo	1,87
Voda	-

### 3.3. METODE

Kod izrade krepera, najprije je potrebno napraviti zamjes osnovnog i masnog tijesta. Zamjes osnovnog tijesta provodi se na način da se najprije izvažu sve sirovine prema recepturi i dodaju se u posudu električne miješalice. Najprije se u posudu dodaju margarin, sol i šećer te se miješaju drugom brzinom otprilike 30 sekundi, nakon čega se u zamjes dodaje brašno te se smjesa ponovno mijesi oko jedne minute. Na kraju se u zamjes dodaju ostali izvagani sastojci (određeni hidrokoloid u zadanom udjelu, protein, prašak za pecivo i voda) te se mijesi otprilike minutu i pol. Dobiveni zamjes potrebno je ručno premijesiti i oblikovati te staviti u foliju. Iduće se radi masno tijesto na način da se najprije izvažu sirovine prema recepturi te se u električnu mijesilicu najprije dodaju margarin i sol te se miješaju kratko vrijeme kako bi čestice masnoće što efikasnije obavile čestice brašna te da se u konačnici dobije što homogenija smjesa. U smjesu margarina i soli doda se brašno te se sve zajedno mijesi još dvije do tri minute. Dobiveno tijesto potrebno je dodatno ručno premijesiti te oblikovati i staviti u hladnjak do upotrebe. Osnovno tijesto se razvalja te se na polovicu razvaljanog tijesta stavi masno tijesto i preklopi se. Spojena i preklopljena tijesta se stavljaju i puštaju kroz laminator. Postupak laminiranja se provodi tako da se najprije tijesto postupno stanji do stupnja 7 i nakon toga se preklopi. Postupak se ponovi tri puta te se nakon toga stanjuje do stupnja 5. Dobiveno

stanjeno tijesto se oblikuje pomoću kalupa i izbodu se rupice na tijestu koje povezuju slojeve i sprječavaju njihovo razdvajanje.



**Slika 2.** Laminiranje tijesta

Oblikovano tijesto se peče tijekom 6 min pri temperaturi od 190 °C.



**Slika 3.** Pečenje krekeri

### 3.3.2. Određivanje dužine i visine

Dužina krekeri određuje se prema AACC standardnoj metodi 10-50.05. (AACC, 2010) tako da se uzme 6 krekeri koji se stave jedan pored drugoga na ravnu plohu i izmjeri se dužina pomoću ravnala. Zatim se svaki od šest krekeri rotira za 90° i ponovno se izmjeri dužina. Visina se određuje tako što se istih šest uzoraka poslože jedan na drugoga i pomoću ravnala se izmjeri visina. Uzorci se nakon toga nasumično pomiješaju i ponovno se izmjeri visina.

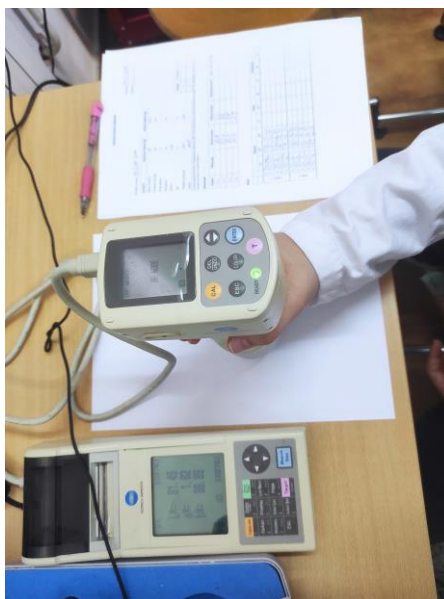


Slika 4.

Određivanje dužine krekeri

### 3.3.3. Određivanje boje

Određivanje boje krekeri provedeno je pomoću kolorimetra (CR-400, Konica Minolta, Japan) kojeg čini senzor i jednostavan procesor za obradu podataka. Uređaj je prije svakog mjerenja potrebno kalibrirati pomoću standardne bijele keramičke pločice (CR-A43). Princip rada uređaja je mjerenje količine reflektirane svjetlosti sa površine osvijetljenog uzorka. Uzorak koji se ispituje se stavi na mjerni otvor sonde te ga obasjava svjetlost određene valne duljine. Određeni dio spektra uzorak apsorbira, a ostatak se reflektira i očitava na senzoru. Kolorimetar prikazuje rezultate mjerenja reflektirane količine svjetlosti kao  $L^*$ ,  $a^*$  i  $b^*$  komponente CIEL\*a\*b sustava boja.  $L^*$  je akromatska komponenta koja se još naziva i svjetlina. Vrijednosti komponente  $L^*$  se kreću u rasponu od 0 do 100, pri čemu vrijednost 0 označava crnu boju, dok vrijednost 100 označava bijelu boju. Kromatska komponenta  $a^*$  označava zeleno-crvene boje, kreće se u rasponu od -127 do +127, pri čemu negativne vrijednosti označavaju zelenu boju, a pozitivne crvenu boju.  $b^*$  isto kao i  $a^*$  čini kromatsku komponentu, označava plavo-žute boje, a kreće se u rasponu od -127 do +127, pri čemu negativne vrijednosti označavaju plavu boju, a pozitivne označavaju žutu boju (Lukinac Čačić, 2012.). Mjerenje boje provodi se za oblikovano tijesto krekeri, za pečeni kreker te za pečeni usitnjeni uzorak krekeri. Svako mjerenje provodi se na dva uzorka.



Slika 5. Određivanje boje krekeri

### 3.3.4. Određivanje udjela vlage

Udio vlage u krekerima se određuju pomoću halogenog analizatora vlage. Uzorak krekeri se prije analize treba dobro usitniti te se na posudicu od aluminijske folije izvaže 2 g uzorka i rasporedi se po posudici u tankom sloju. Poklopac uređaja se spusti i pritiskom na tipku, uređaj počinje mjeriti vlagu. U samom uređaju ugrađena je vaga koja tokom cijelog mjerenja vlage mjeri masu koja se smanjuje zbog zagrijavanja i sušenja i u konačnici uređaj udio vlage izračuna iz razlike u masi prije i nakon sušenja. Uređaj zvučnim signalom ukazuje na završeno mjerenje te se s uređaja očitava dobiveni podatak za udio vlage u uzorku.



Slika 6. Određivanje udjela vlage u krekerima

### 3.3.5. Određivanje aktiviteta vode

Za određivanje aktiviteta vode korišten je uređaj Hygropalm AW1 (New York, SAD). Uzorak je najprije potrebno dobro usitniti, nakon čega se usitnjeni uzorak stavlja u posudicu koja se stavlja u ležište uređaja kojim se određuje aktivitet vode i pokreće se mjerenje. Mjerenje traje 10 minuta, nakon čega se očita rezultat o aktivitetu vode u uzorku.



Slika 7. Uređaj za određivanje aktiviteta vode

### 3.3.6. Senzorsko ocjenjivanje gotovih krekeri

U senzorskom ocjenivanju sudjelovalo se 8 ispitivača. Ocjenjivali su se sljedeći uzorci krekeri: krekeri s dodatkom ksantan gume u udjelima 1, 2, 3 i 4 %, s dodatkom guar gume u udjelima 1, 2, 3 i 4 % te krekeri s dodatkom psyllium ljuskica u udjelima 2, 4, 6 i 8 %. Prilikom senzorskog ocjenivanja ocjenivali su se vanjski izgled (oblik), boja, tekstura, miris, okus i ukupni dojam krekeri. Parametri su se bodovali ocjenama od 1 do 9, pri čemu ocjena 1 označava naročito nepoželjnim, a ocjena 9 označava da je proizvod visoko poželjan.

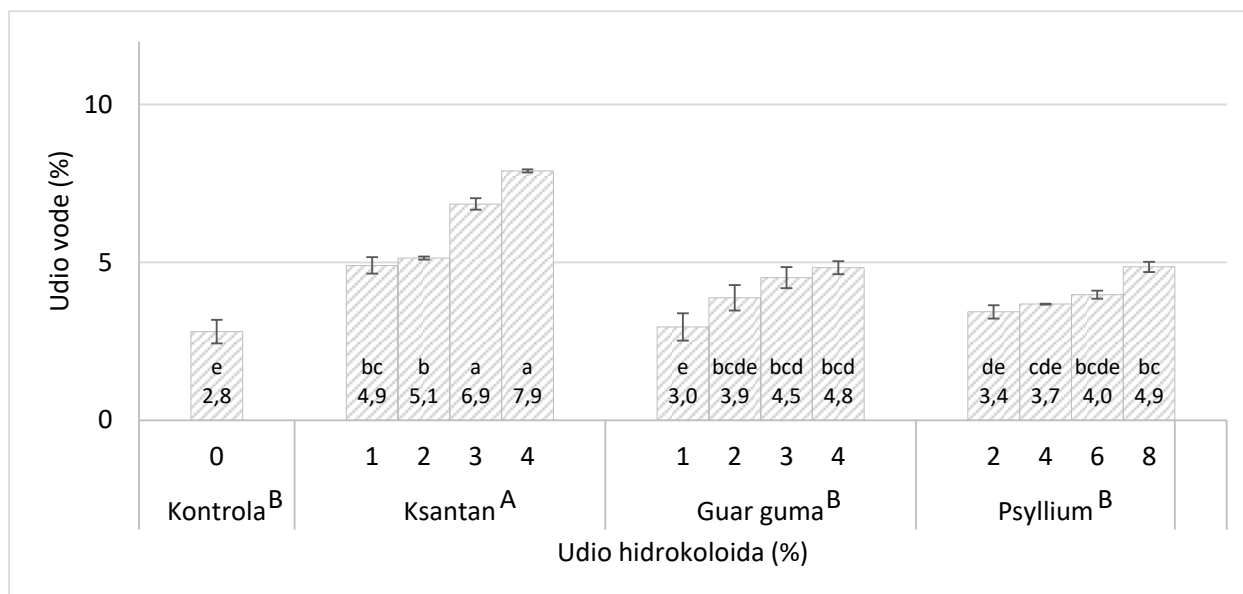
### 3.3.7. Statistička analiza

Eksperimentalni podaci analizirani su analizom varijance (ANOVA), a razlike između uzoraka ispitane su Tukey-evim HSD (honestly significant difference) testom ( $p < 0,05$ ). Statistička analiza provedena je pomoću softvera XLSTAT (Addinsoft, New York, SAD).

## **4. REZULTATI I RASPRAVA**

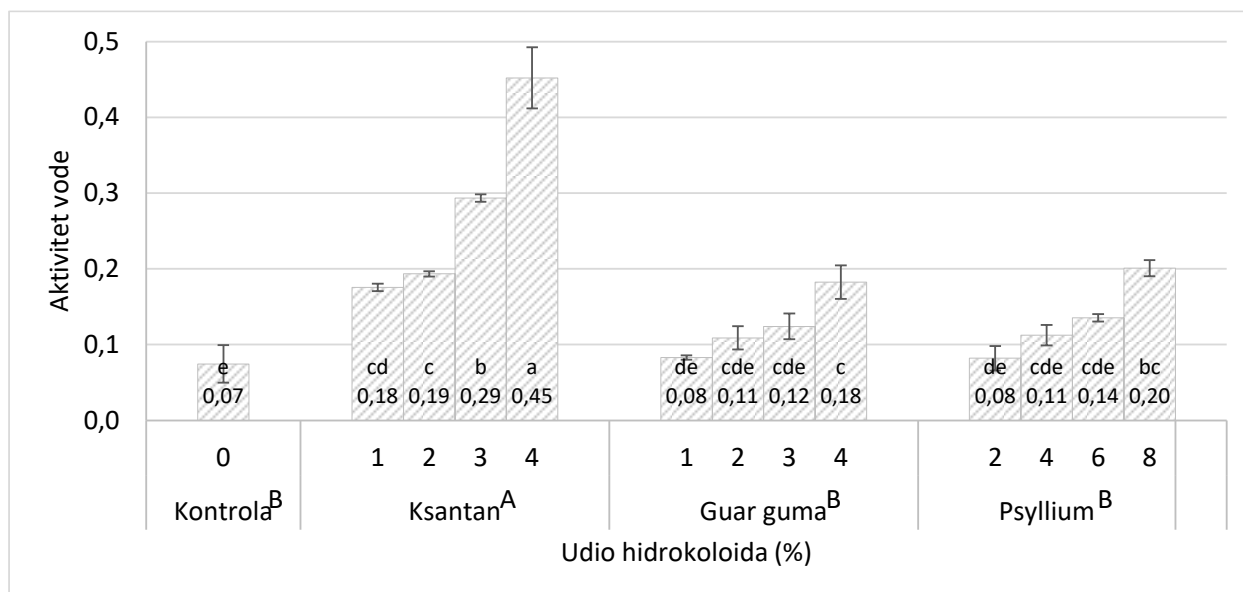


## 4.1. UDIO I AKTIVITET VODE



**Slika 8.** Udio vode u krekerima bez glutena s dodatkom različitih hidrokoloida u različitim udjelima (prikazane su srednje vrijednosti  $\pm$  standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovom nisu statistički značajno različite ( $p < 0,05$ ) prema Tukey-evom HSD testu; mala su razlikovna slova između različitih koncentracija svakog hidrokoloida tj. između svakog pojedinog uzorka, a velika tiskana su razlikovna slova između hidrokoloida kao i između kontrolnog uzorka i hidrokoloida)

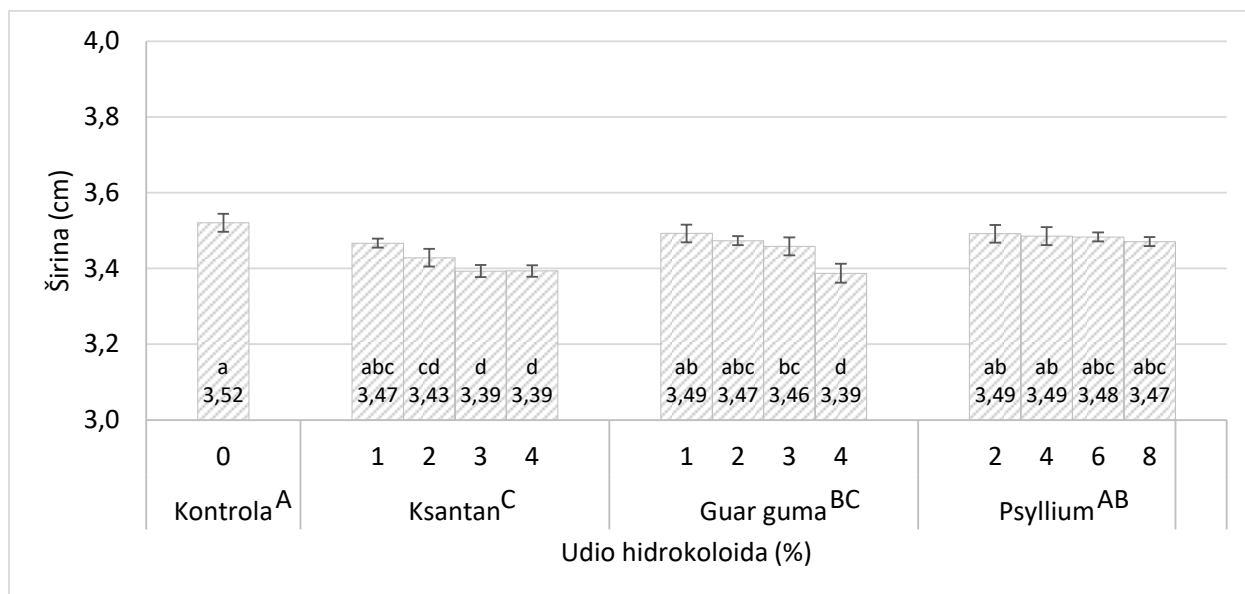
Na temelju dobivenih rezultata mjerenja, očekivano, udio vode se povećava s povećanjem udjela dodanog hidrokoloida. Uzorci s dodatkom guar gume i psyllium praha, prema Tukey-jevom HSD testu, ne pokazuju značajnu razliku s kontrolnim uzorkom bez dodanog hidrokoloida. Najveći udio vode imaju uzorci krekeri s dodatkom ksantan gume, pri čemu nema značajne razlike između uzoraka s dodatkom 3 i 4 % ksantana. Dodatak ksantan gume u udjelu 1 i 2 % ne pokazuje značajnu razliku s uzorcima krekeri s dodatkom 2, 3 i 4 % guar gume te 6 i 8 % psylliuma. Kontrolni uzorak se prema udjelu vode značajno ne razlikuje s uzorkom od 1 % guar gume kao ni s uzorcima s dodatkom 2, 4 i 6 % psylliuma. Slične rezultate dobili su u svojim istraživanjima Nammakuna i sur. (2009) koji su istraživali utjecaj dodatka ksantan gume, karboksimetilceluloze i hidroksipropil metilceluloze na kvalitetu krekeri od mješavine rižinog i pšeničnog brašna te utvrdili da povećanjem udjela hidrokoloida dolazi do značajnog povećanja udjela vode u krekerima.



**Slika 9.** Aktivitet vode u krekerima bez glutena s dodatkom različitih hidrokoloida u različitim udjelima (prikazane su srednje vrijednosti  $\pm$  standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovom nisu statistički značajno različite ( $p < 0,05$ ) prema Tukey-evom HSD testu; mala su razlikovna slova između različitih koncentracija svakog hidrokoloida tj. između svakog pojedinog uzorka, a velika tiskana su razlikovna slova između hidrokoloida kao i između kontrolnog uzorka i hidrokoloida)

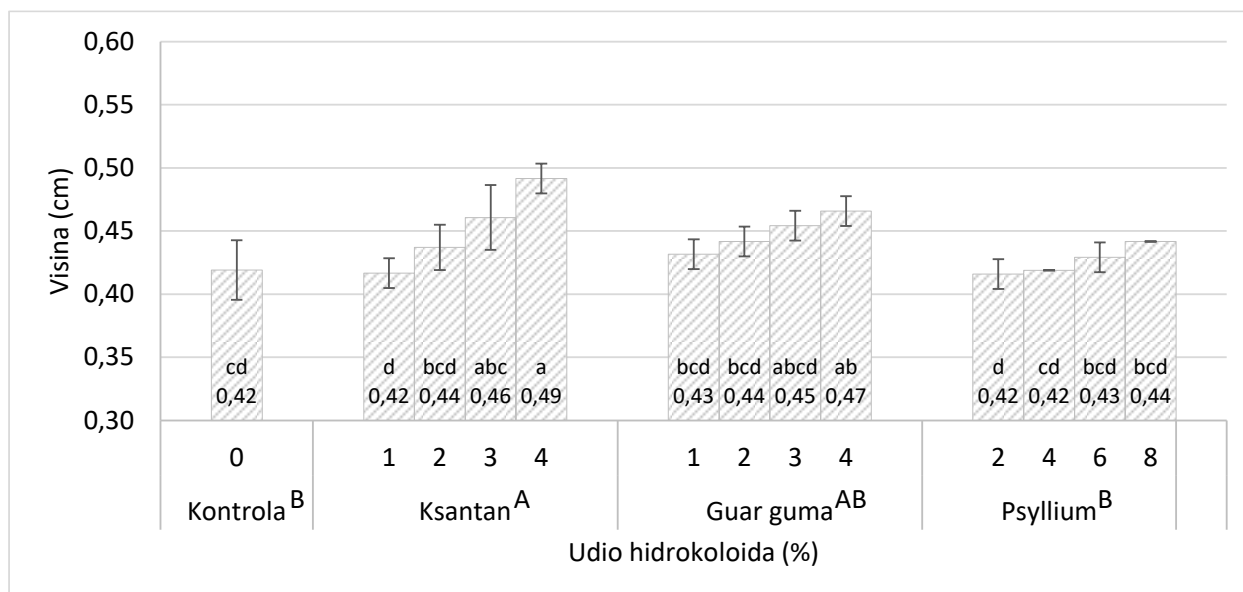
Određivanjem aktiviteta vode u uzorcima krekerica, došlo je do povećanja aktiviteta vode s porastom udjela dodanog hidrokoloida, kao što je bilo i očekivano. Kontrolni uzorak bez dodanog hidrokoloida, prema Tukeyjevom HSD testu, ne pokazuje značajnu razliku s uzorcima s dodatkom guar gume i psyllium praha, dok se značajno razlikuje od uzoraka s dodatkom ksantana. Najveći aktivitet vode imaju uzorci s dodatkom ksantana gume. Uzorci s dodatkom 1 i 2 % ksantana te 2-4 % guar gume kao i oni s 4-8 % psyllium praha ne pokazuju značajnu razliku u aktivitetu vode. Aktivitet vode u bezglutenskim krekerima od rižinog brašna rastao je s porastom udjela ksantana i prema rezultatima u radu Nammakuna i sur. (2015).

## 4.2. DIMENZIJE KREKERA BEZ GLUTENA



**Slika 10.** Širina krekeri bez glutena s dodatkom različitih hidrokoloida u različitim udjelima (prikazane su srednje vrijednosti  $\pm$  standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovom nisu statistički značajno različite ( $p < 0,05$ ) prema Tukey-evom HSD testu; mala su razlikovna slova između različitih koncentracija svakog hidrokoloida tj. između svakog pojedinog uzorka, a velika tiskana su razlikovna slova između hidrokoloida kao i između kontrolnog uzorka i hidrokoloida)

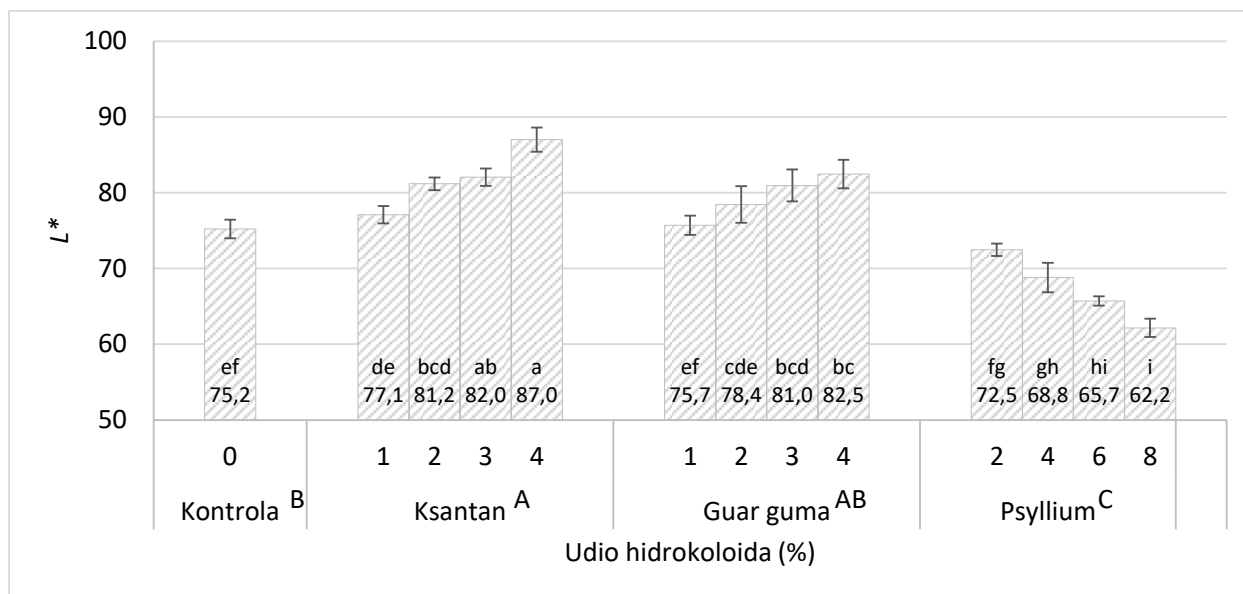
Rezultati mjerenja širine krekeri pokazuju da je najveću širinu imao kontrolni uzorak, dok u svim uzorcima s dodanim hidrokoloidom dolazi do smanjenja širine s povećanjem udjela hidrokoloida. Ovisno o vrsti hidrokoloida, svi uzorci pokazuju značajne razlike u širini, pri čemu je najmanja razlika vidljiva između uzorka s dodatkom guar gume i uzorka s dodatkom psylliuma. Uzorci s 2-4 % ksantana i 4 % guar gume ne razlikuju se u širini, isto kao i uzorci s 1 % ksantana, 1 i 2 % guar gume, 2-8 % psylliuma.



**Slika 11.** Visina krekeri bez glutena s dodatkom različitih hidrokoloidea u različitim udjelima (prikazane su srednje vrijednosti  $\pm$  standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovom nisu statistički značajno različite ( $p < 0,05$ ) prema Tukey-evom HSD testu; mala su razlikovna slova između različitih koncentracija svakog hidrokoloidea tj. između svakog pojedinog uzorka, a velika tiskana su razlikovna slova između hidrokoloidea kao i između kontrolnog uzorka i hidrokoloidea)

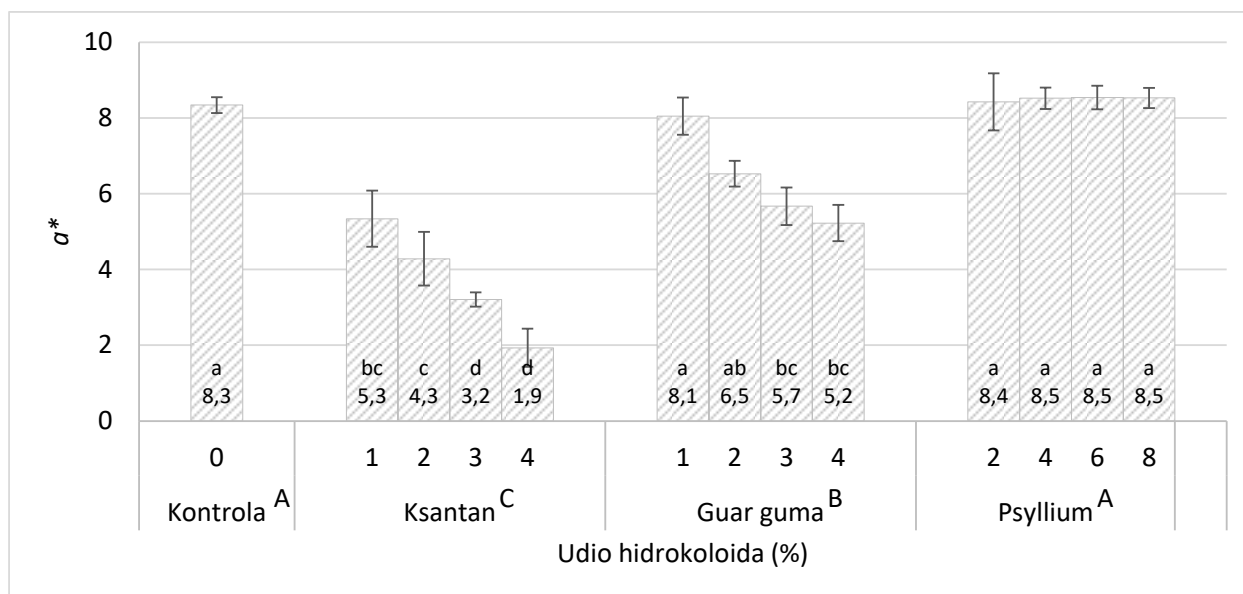
Visina krekeri u svim uzorcima se povećava kako raste udio dodanog hidrokoloidea u krekerima. Rezultati mjerenja visine kontrolnog uzorka i uzorka s dodatkom psyllium praha te guar gume ne pokazuju značajnu razliku prema Tukey-jevom HSD testu, a visina ovih uzoraka se kreće u rasponu od 0,42 do 0,47 cm. Najveću visinu ima uzorak krekeri s dodatkom 4 % ksantan gume koja iznosi 0,49 cm.

## 4.3. PARAMETRI BOJE KREKERA BEZ GLUTENA



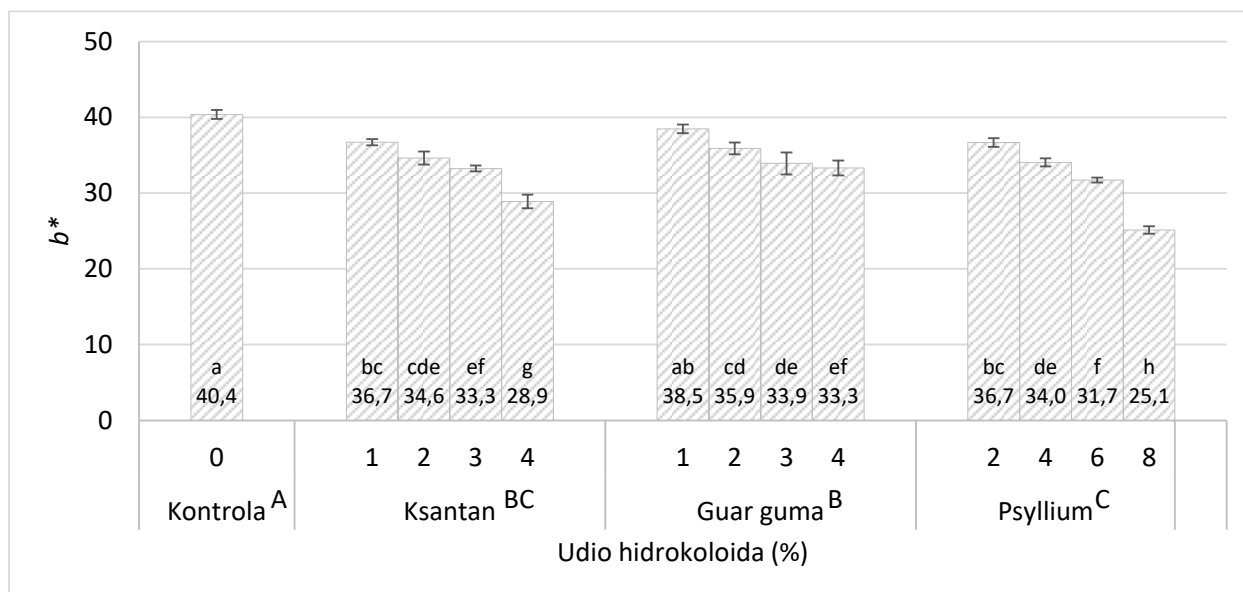
**Slika 12.** Svjetlina krekeri s dodatkom različitih hidrokoloida u različitim udjelima (prikazane su srednje vrijednosti  $\pm$  standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovom nisu statistički značajno različite ( $p < 0,05$ ) prema Tukey-evom HSD testu; mala su razlikovna slova između različitih koncentracija svakog hidrokoloida tj. između svakog pojedinog uzorka, a velika tiskana su razlikovna slova između hidrokoloida kao i između kontrolnog uzorka i hidrokoloida)

Parametar  $L^*$ , odnosno svjetlina krekeri u uzorcima s dodatkom ksantana gume i dodatkom guar gume se povećava s povećanjem udjela dodanog hidrokoloida, dok se u uzorcima s dodatkom psyllium praha smanjuje s povećanjem udjela psylliuma. Ovisno o vrsti hidrokoloida kontrolni uzorak se razlikuje od uzoraka krekeri s dodatkom ksantana i psylliuma. Krekeri s najvećim dodatkom psyllium praha koji imaju najniže vrijednosti parametra  $L^*$ , koji iznosi 62,2 što ukazuje na najtamniju boju od svih ispitivanih uzoraka te se taj uzorak značajno razlikuje u parametru boje  $L^*$  od svih ostalih ispitivanih uzoraka, osim od uzorka s dodatkom 6 % psylliuma. Povećanje svjetline krekeri s povećanjem udjela ksantana u svom radu dobili su i Nammakuna i sur. (2009) koji su, pored ostalog, istraživali i utjecaj dodatka 1,5, 3 i 4,5 % ksantana gume na kvalitetu krekeri od mješavine rižinog i pšeničnog brašna. Također, povećanje vrijednosti  $L^*$  parametra boje dodatkom 0,25, 0,5 i 0,75 % ksantana utvrđeno je i u radu Nammakuna i sur. (2015) u kojim je ispitan utjecaj hidrokoloida, proteina i proteinski-hidrokoloidnih kompleksa na kvalitetu rižinih krekeri.



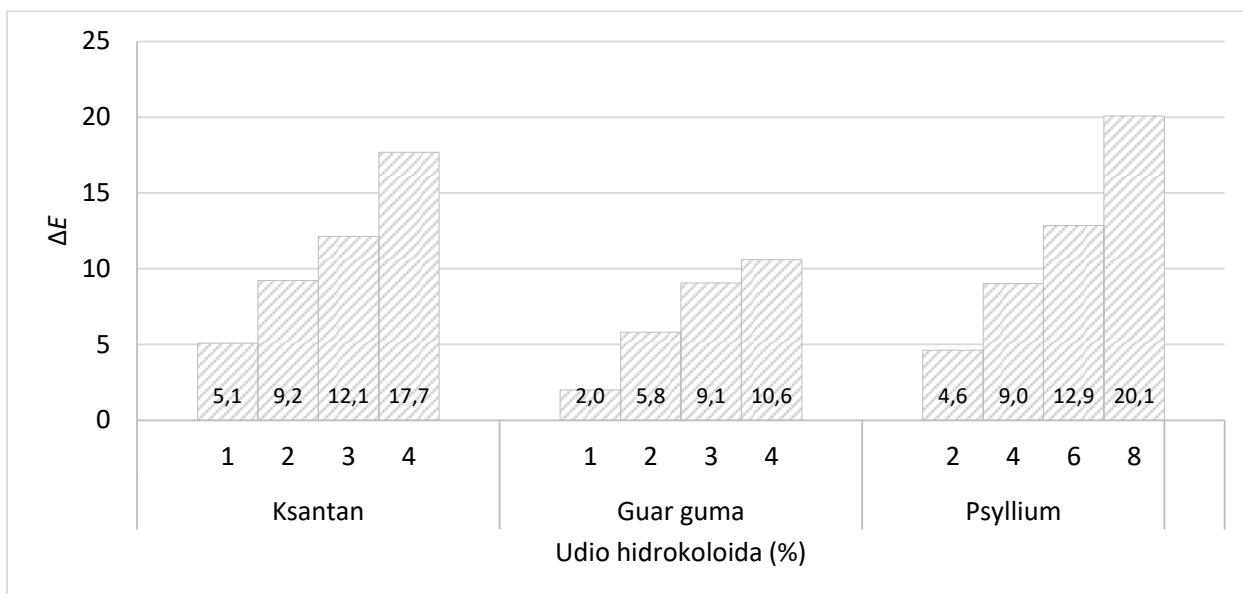
**Slika 13.** Parametar  $a^*$  krepera s dodatkom različitih hidrokoloida u različitim udjelima (prikazane su srednje vrijednosti  $\pm$  standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovom nisu statistički značajno različite ( $p < 0,05$ ) prema Tukey-evom HSD testu; mala su razlikovna slova između različitih koncentracija svakog hidrokoloida tj. između svakog pojedinog uzorka, a velika tiskana su razlikovna slova između hidrokoloida kao i između kontrolnog uzorka i hidrokoloida)

Određivanjem parametra  $a^*$  (kromatske komponente crveno-zelene boje), dobiveni su rezultati iz kojih je vidljivo kako između kontrolnog uzorka i uzorka s dodatkom psyllium praha nema značajne razlike. Kod uzorka s dodatkom psyllium praha s promjenom udjela dodanog psylliuma ne dolazi do značajne promjene vrijednosti kromatske komponente crveno-zelene boje. Uzorci s dodatkom ksantana i guar gume se značajno razlikuju od kontrolnog te uzorka s dodatkom psylliuma, ali i međusobno. Kod ovih uzorka dolazi do smanjenja vrijednosti parametra  $a^*$  s povećanjem udjela dodanog hidrokoloida. Dodatak 1 % guar gume ne pokazuje značajne razlike u vrijednosti parametra  $a^*$  s uzorcima koji sadrže psyllium i s kontrolnim uzorkom.



**Slika 14.** Parametar  $b^*$  krekeri s dodatkom različitih hidrokoloida u različitim udjelima (prikazane su srednje vrijednosti  $\pm$  standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovom nisu statistički značajno različite ( $p < 0,05$ ) prema Tukey-evom HSD testu; mala su razlikovna slova između različitih koncentracija svakog hidrokoloida tj. između svakog pojedinog uzorka, a velika tiskana su razlikovna slova između hidrokoloida kao i između kontrolnog uzorka i hidrokoloida)

Izmjerene vrijednosti parametra  $b^*$  (vrijednosti kromatske komponente žuto-plave boje) opadaju s povećanjem udjela hidrokoloida u krekerima. Prema Tukey-jevom HSD testu, izračunate su značajne razlike između kontrolnog uzorka i ostalih uzoraka s dodatkom hidrokoloida. Najveća vrijednost kromatske komponente žuto-plave boje izmjerena je kod kontrolnog uzorka bez dodanog hidrokoloida i iznosi 40,4, dok je najmanja vrijednost izmjerena u uzorku s dodanim psyllium prahom u udjelu od 8 % te iznosi 25,1. Vrijednosti kromatske komponente žuto-plave boje s povećanjem udjela ksantana opadala je i prema istraživanjima utjecaja dodatka hidrokoloida na krekeri od mješavine rižinog i pšeničnog brašna koja su proveli Nammakuna i sur. (2009), a koji su također u istom radu dokazali opadanje vrijednosti kromatske komponente žuto-plave boje s povećanjem udjela karboksimetilceluloze i hidroksipropil metilceluloze u krekerima.

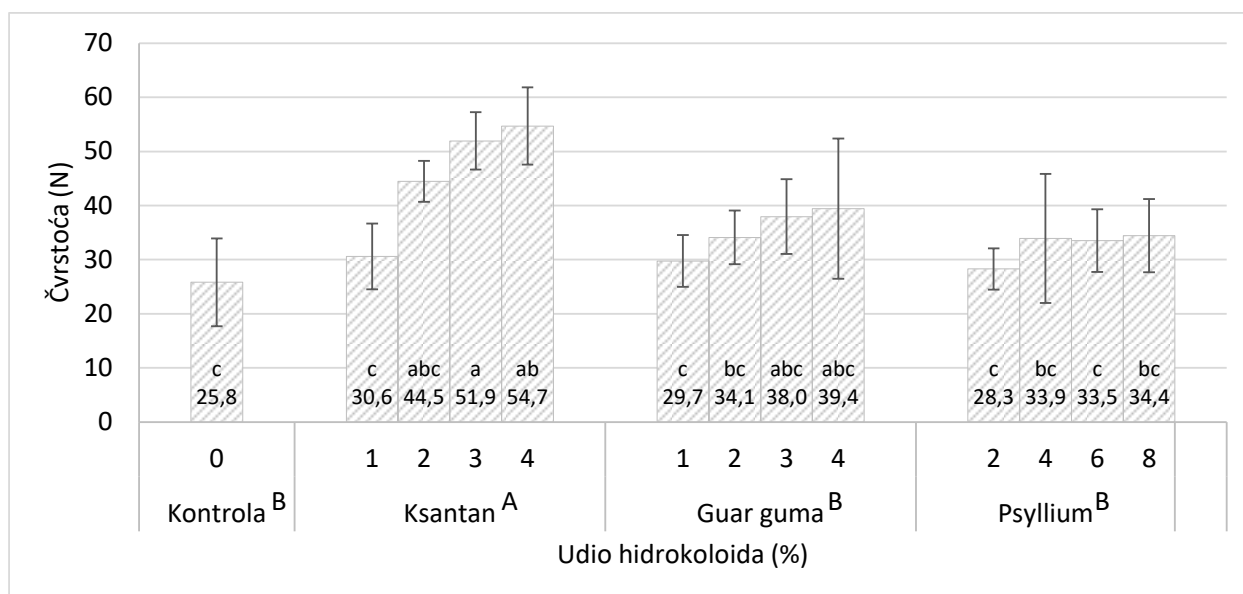


**Slika 15.** Ukupna promjena boje krekeru s dodatkom različitih hidrokoloida u različitim udjelima

Ukupna promjena boje kod svih ispitivanih uzoraka krekeru bez glutena s dodatkom hidrokoloida se povećava s povećanjem udjela dodanog hidrokoloida. Najizraženija promjena boje vidljiva je dodatkom 8 % psyllium praha te iznosi 20,1, dok je najmanja promjena boje vidljiva kod uzorka s dodatkom 1 % guar gume te iznosi desetak puta manje, 2,0. Dodatak guar gume kao hidrokoloida najmanje utječe na ukupnu promjenu boje krekeru.



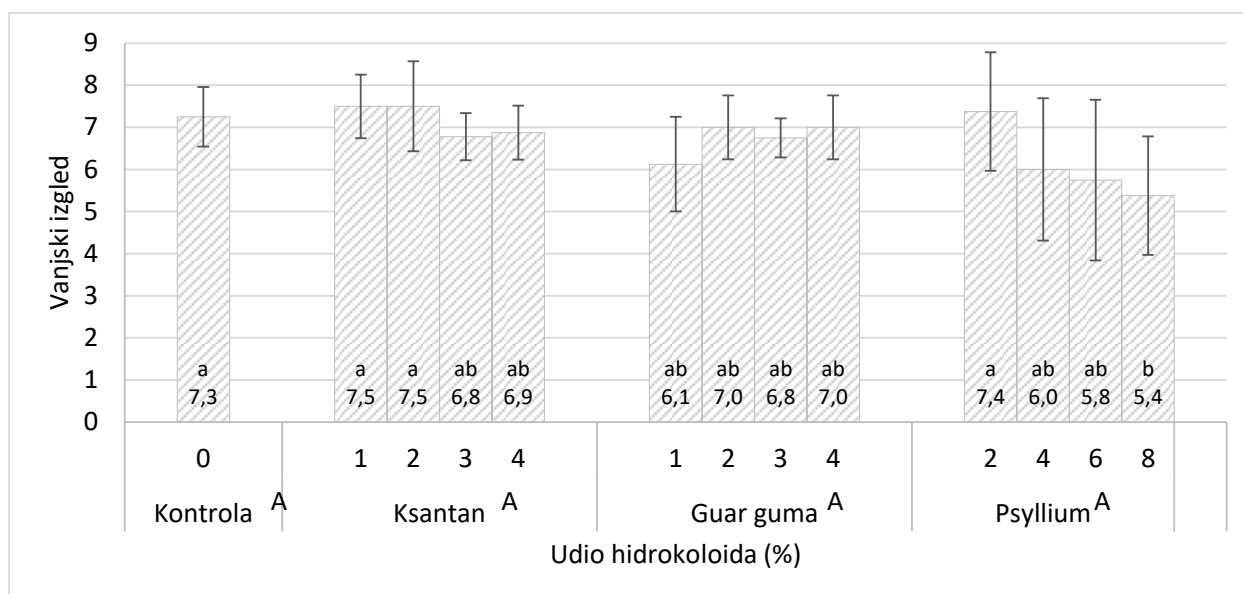
## 4.4. TEKSTURA KREKERA BEZ GLUTENA



**Slika 16.** Čvrstoća krekeri s dodatkom različitih hidrokoloidea u različitim udjelima (prikazane su srednje vrijednosti  $\pm$  standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovom nisu statistički značajno različite ( $p < 0,05$ ) prema Tukey-evom HSD testu; mala su razlikovna slova između različitih koncentracija svakog hidrokoloidea tj. između svakog pojedinog uzorka, a velika tiskana su razlikovna slova između hidrokoloidea kao i između kontrolnog uzorka i hidrokoloidea)

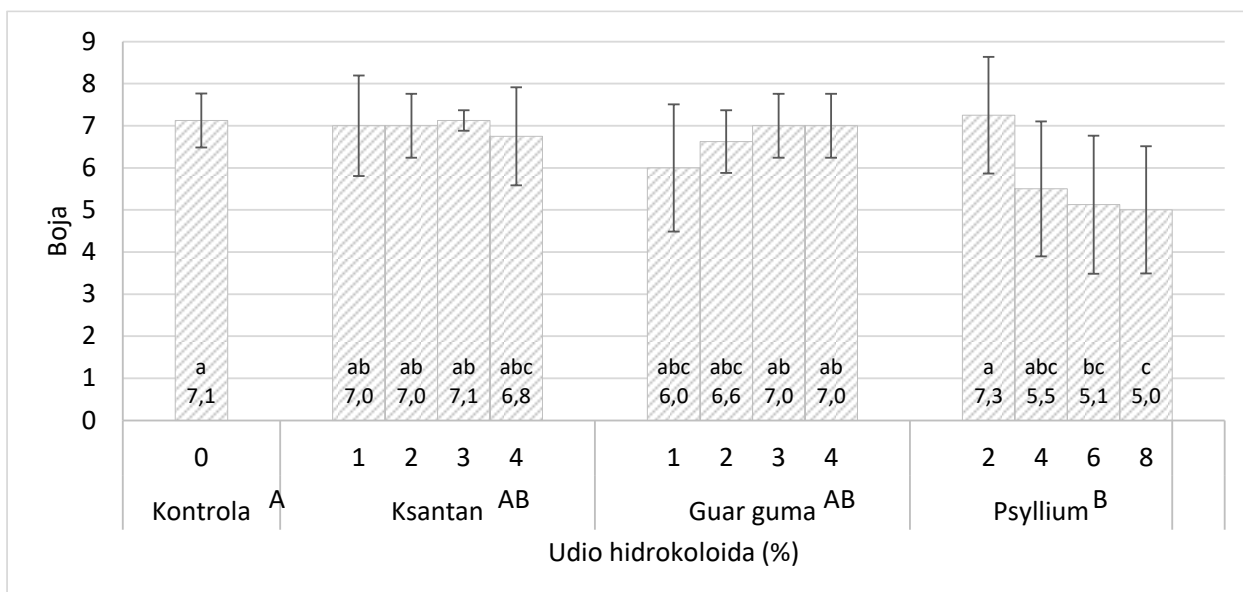
Na temelju dobivenih rezultata mjerenja, čvrstoća se uzorcima s dodatkom ksantana i guar gume povećava s povećanjem udjela dodanog hidrokoloidea. Uzorci s dodatkom guar gume i psyllium praha, prema Tukey-jevom HSD testu, ne pokazuju značajnu razliku s kontrolnim uzorkom bez dodanog hidrokoloidea. Najveća čvrstoća izmjerena je u uzorku s 4 % ksantana gume, dok je najmanja kod kontrolnog uzorka. Slične rezultate, samo za tvrdoću, kao parametar teksture dobili su i Nammakuna i sur. (2015). Prema njihovim rezultatima, tvrdoća je u bezglutenskim krekerima od rižinog brašna imala trend rasta kod uzoraka s dodatkom hidrokoloidea (ksantana, karboksimetilceluloze i hidroksipropil metilceluloze) u odnosu na kontrolni uzorak.

## 4.5. SENZORSKA ANALIZA KREKERA BEZ GLUTENA



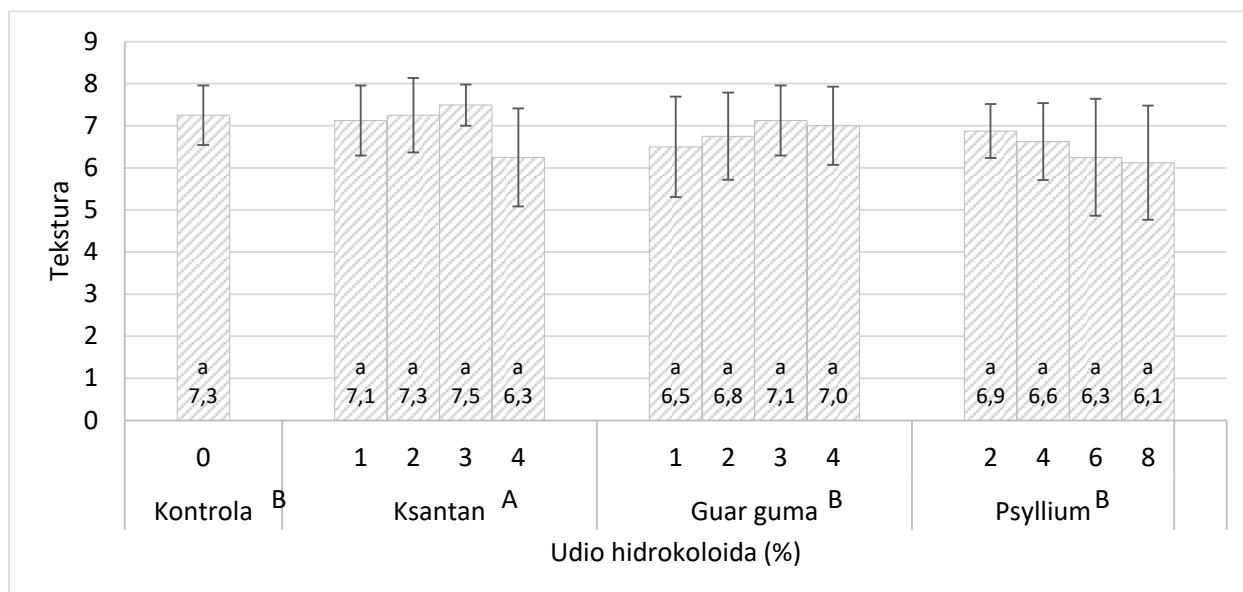
**Slika 17.** Senzorska ocjena vanjskog izgleda krekeri s dodatkom različitih hidrokoloida u različitim udjelima (prikazane su srednje vrijednosti  $\pm$  standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovom nisu statistički značajno različite ( $p < 0,05$ ) prema Tukey-evom HSD testu; mala su razlikovna slova između različitih koncentracija svakog hidrokoloida tj. između svakog pojedinog uzorka, a velika tiskana su razlikovna slova između hidrokoloida kao i između kontrolnog uzorka i hidrokoloida)

Senzorskom analizom vanjskog izgleda krekeri prema Tukey-jevom HSD testu nisu utvrđene značajne razlike između kontrolnog uzorka i uzoraka kojima je dodan jedan od hidrokoloida. S najvišom ocjenom vanjskog izgleda, ocijenjeni su uzorci s dodatkom 1 i 2 % ksantan gume, dok je najmanjom ocjenom ocijenjen uzorak s 8 % psyllium praha koji ujedno ima i najveću razliku u ocjeni između ocjena uzoraka s najmanjim i najvećim dodatkom psylliuma.



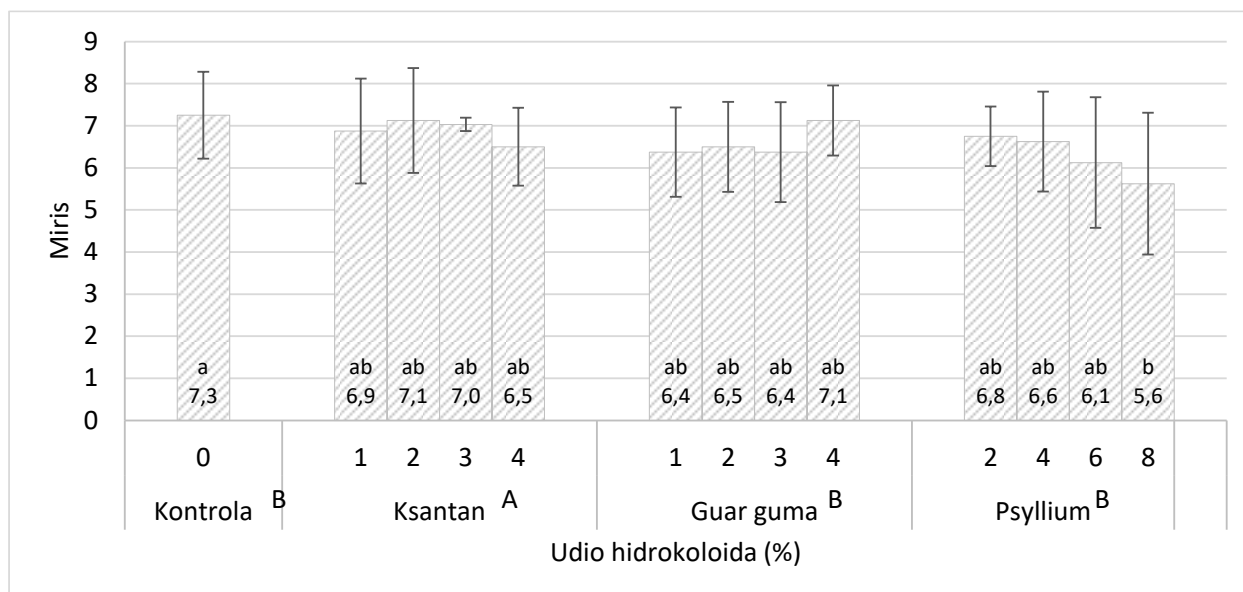
**Slika 18.** Senzorska ocjena boje krekeru s dodatkom različitih hidrokoloida u različitim udjelima (prikazane su srednje vrijednosti  $\pm$  standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovom nisu statistički značajno različite ( $p < 0,05$ ) prema Tukey-evom HSD testu; mala su razlikovna slova između različitih koncentracija svakog hidrokoloida tj. između svakog pojedinog uzorka, a velika tiskana su razlikovna slova između hidrokoloida kao i između kontrolnog uzorka i hidrokoloida)

Senzorskom ocjenom boje krekeru, između uzorka s dodatkom ksantana i uzorka s dodatkom guar gume te psylliuma prema Tukey-jevom testu nema značajne razlike u ocjenama. Najbolje ocijenjeni uzorak je uzorak s dodatkom 2 % psyllium praha koji je dobio ocjenu 7,3, dok je najlošiji uzorak s dodatkom 8 % psyllium praha s ocjenom 5,0. Međusobno između uzoraka s dodatkom različitih udjela ksantana, kao i između uzoraka s dodatkom različitih udjela guar gume nema značajne razlike u ocjeni.



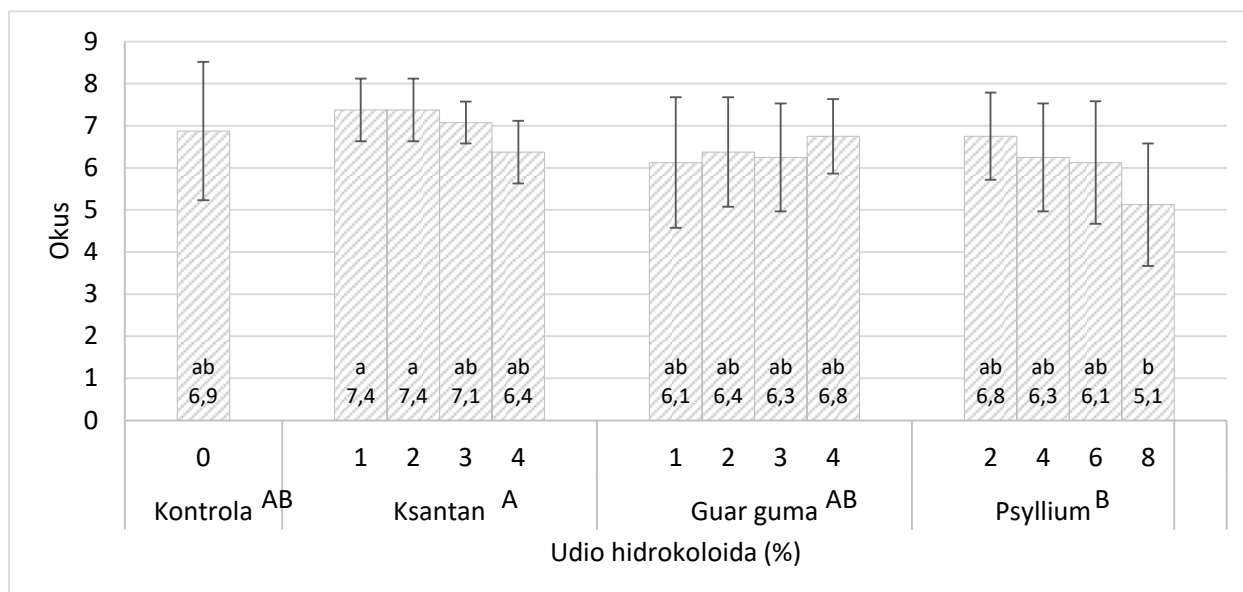
**Slika 19.** Senzorska ocjena teksture krepera s dodatkom različitih hidrokoloida u različitim udjelima (prikazane su srednje vrijednosti  $\pm$  standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovom nisu statistički značajno različite ( $p < 0,05$ ) prema Tukey-evom HSD testu; mala su razlikovna slova između različitih koncentracija svakog hidrokoloida tj. između svakog pojedinog uzorka, a velika tiskana su razlikovna slova između hidrokoloida kao i između kontrolnog uzorka i hidrokoloida)

Senzorskom analizom teksture krepera, između kontrolnog uzorka, uzorka s dodatkom guar gume i psyllium praha nema značajne razlike u dodijeljenim ocjenama. U uzorcima s dodatkom psyllium praha, ocjena teksture opada s povećanjem udjela hidrokoloida, a također je i uzorak s 8 % psyllium praha ocijenjen kao najlošiji od svih ispitivanih uzoraka. Najprihvatljiviji uzorak s najvećom ocjenom za teksturu je s 3 % ksantana. Promjena udjela pojedinog hidrokoloida nije pokazala značajnu razliku u ocjeni teksture.



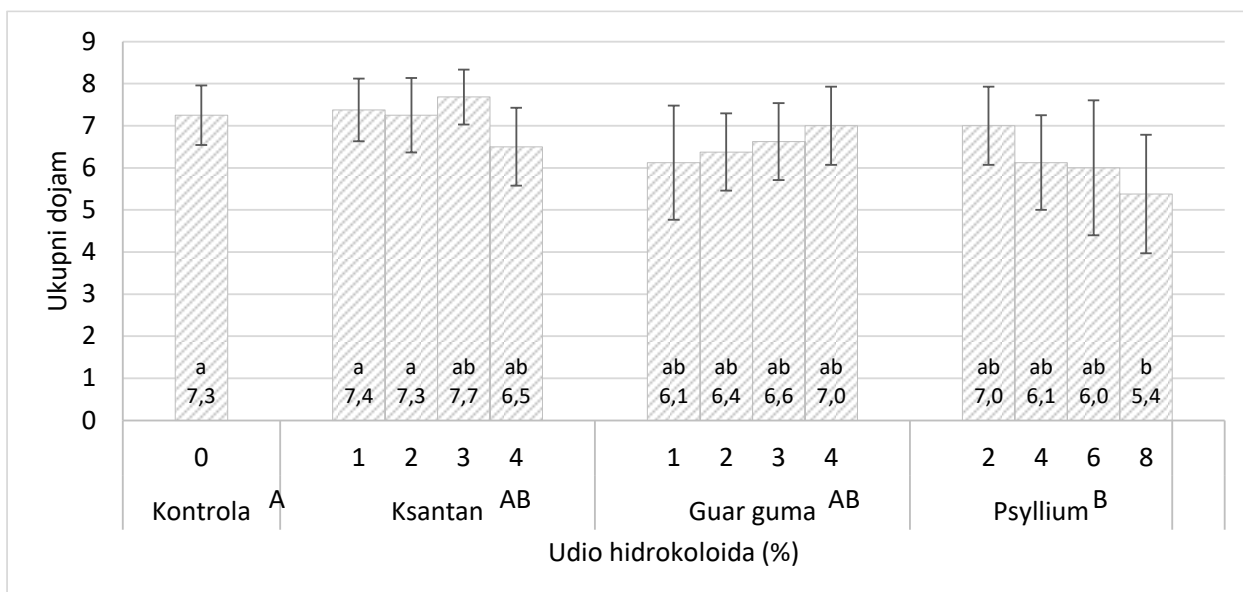
**Slika 20.** Senzorska ocjena mirisa krekeru s dodatkom različitih hidrokoloida u različitim udjelima (prikazane su srednje vrijednosti  $\pm$  standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovom nisu statistički značajno različite ( $p < 0,05$ ) prema Tukey-evom HSD testu; mala su razlikovna slova između različitih koncentracija svakog hidrokoloida tj. između svakog pojedinog uzorka, a velika tiskana su razlikovna slova između hidrokoloida kao i između kontrolnog uzorka i hidrokoloida)

Senzorskim ocjenjivanjem mirisa krekeru bez glutena te statističkom analizom varijance te Tukey-jevim HSD post-hoc testom, vidljivo je kako između kontrolnog uzorka, uzorka s dodatkom guar gume i psyllium praha nema značajnih razlika u ocjeni. Kontrolni uzorak ocijenjen je najvišom ocjenom sa 7,3, dok je uzorak s dodatkom 8 % psyllium praha ocijenjen kao uzorak najmanje poželjnog mirisa. Promjena udjela hidrokoloida u krekerima nije pokazala značajan utjecaj na miris krekeru.



**Slika 21.** Senzorska ocjena okusa krepera s dodatkom različitih hidrokoloida u različitim udjelima (prikazane su srednje vrijednosti ± standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovom nisu statistički značajno različite ( $p < 0,05$ ) prema Tukey-evom HSD testu; mala su razlikovna slova između različitih koncentracija svakog hidrokoloida tj. između svakog pojedinog uzorka, a velika tiskana su razlikovna slova između hidrokoloida kao i između kontrolnog uzorka i hidrokoloida)

Senzorskom analizom okusa krepera, između kontrolnog uzorka i uzorka s dodatkom ksantana i guar gume nema značajne razlike u dodijeljenim ocjenama. Krekeri najpoželjnijeg okusa su s dodatkom 1 i 2 % ksantana, dok je okus krepera s dodatkom 8 % psyllium praha ocijenjen kao najmanje poželjan. Uzorci s guar gumom međusobno, kao i uzorci s različitim udjelima ksantana ne pokazuju značajnu razliku u ocjeni okusa.



**Slika 22.** Senzorska ocjena ukupnog dojma krekeri s dodatkom različitih hidrokoloida u različitim udjelima (prikazane su srednje vrijednosti  $\pm$  standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovom nisu statistički značajno različite ( $p < 0,05$ ) prema Tukey-evom HSD testu; mala su razlikovna slova između različitih koncentracija svakog hidrokoloida tj. između svakog pojedinog uzorka, a velika tiskana su razlikovna slova između hidrokoloida kao i između kontrolnog uzorka i hidrokoloida)

Određivanjem ukupnog dojma, kontrolni uzorci krekeri i krekeri s dodatkom ksantana i guar gume nisu pokazali značajne razlike u dobivenim ocjenama. Ukupni dojam krekeri s dodatkom psyllium praha se smanjuje s povećanjem udjela hidrokoloida te je ujedno i uzorak s 8 % psyllium praha ocijenjen kao najmanje poželjan od svih ispitivanih uzoraka. S ocjenom 7,7, uzorak s 3 % ksantana je najpoželjniji.

## **5. ZAKLJUČCI**



Na osnovi rezultata istraživanja provedenih u ovom radu, mogu se izvesti sljedeći zaključci:

- Povećanjem udjela dodanog hidrokoloida, udio vode i aktivitet vode se povećavaju
- Širina krepera je najveća kod kontrolnog uzorka bez dodanog hidrokoloida, a dodatkom ksantan gume, guar gume ili psyllium praha se smanjuje s povećanjem udjela dodanog hidrokoloida
- Visina krepera povećava se s povećanjem udjela dodanog hidrokoloida
- Parametar  $L^*$ , odnosno svjetlina krepera u uzorcima s dodatkom ksantan gume i dodatkom guar gume se povećava s povećanjem udjela dodanog hidrokoloida, dok se u uzorcima s dodatkom psyllium praha smanjuje s povećanjem udjela psylliuma
- Kromatska komponenta crveno-zelene boje  $a^*$  se u uzorcima s dodatkom ksantan gume i guar gume smanjuje s povećanjem udjela dodanog hidrokoloida, dok kod uzoraka s psyllium prahom, udio psylliuma ne utječe na promjenu parametra  $a^*$
- Vrijednosti parametra kromatske komponente žuto-plave boje  $b^*$  opadaju s povećanjem udjela hidrokoloida u krekerima bez glutena
- Ukupna promjena boje se kod svih hidrokoloida povećava s povećanjem udjela dodanog hidrokoloida
- Čvrstoća krepera se povećava s povećanjem udjela hidrokoloida u krekerima
- Krekeri s dodatkom ksantan gume pokazuju najbolja svojstva na senzorskom ocjenjivanju
- Senzorska ocjena krepera s dodatkom guar gume raste s povećanjem udjela guar gume
- Krekeri s dodatkom psyllium praha ocijenjeni su kao najmanje poželjni.

## **6. LITERATURA**

- AACC Method 10-50.05, Approved Methods of Analysis, 11th Edition, Cereals & Grains Association; AACC International: St. Paul, MN, USA, 2010.
- Ali A., Shehzad A., Khan M. R., Shabbir M. A., Amjid M. R. Yeast, its types and role in fermentation during bread making process - A review *Pakistan Journal of Food Sciences* 22(3):171-179, 2012.
- Barbarić I. Coeliac disease – a retrospective and prospectiv view. *Medicina* 44(3-4):229-234, 2008.
- Catassi C., Elli L., Bonaz B., Bouma G., Carroccio A., Castillejo G., Cellier C., Cristofori F., de Magistris L., Dolinsek J., Dieterich W., Francavilla R., Hadjivassiliou M., Holtmeier W., Korner U., Leffler D. A., Lundin K. E. A., Mazzarella G., Mulder C. J., Pellegrini N., Rostami K., Sanders D., Skodje G. I., Schuppan D., Ullrich R., Volta U., Williams M., Zevallos V. F., Zopf Y., Fasano A. Diagnosis of Non-Celial Gluten Sensitivity (NCGS): The Salerno Expert's Criteria. *Nutrients* 7(6):4966-4977, 2015.
- Chaturvedi S., Kulshrestha S., Bhardwaj K., Jangir R. A Review on Properties and Applications of Xanthan Gum. *Microbial Polymers*: 87-107, 2021.
- Cohen I.S., Day A.S., Shaoul R. Gluten in celiac disease – More or less? *Rambam Maimonides Medical Journal* 10(1)
- Culetu A., Duta D. E., Papageorgiou M., Varzakas T. The Role of Hydrocolloids in Gluten-Free Bread and Pasta; Rheology, Characteristics, Staling and Glycemic Indeks. *Foods* 10(12):3121, 2021.
- Ćurić D., Novotni D., Tušak D., Bauman I., Gabrić D. Gluten-Free Bread Production by the Corn Meal and Soybean Flour Extruded Blend Usage. *Agriculturae Conspectus Scientificus* 72(3), 2007.
- de Monaco Lopes B., Lessa V. L., Silva B. M., Da Silva Carvalho M. A., Schnitzler E., Lacerda L. G. Xanthan gum: Properties, production conditions, quality and economic perspective. *Journal of Foos and Nutrition Research* 54(3):185-194, 2015.
- Delcour, J. A., Joye, I. J., Pareyt, B., Wilderjans, E., Brijs, K., & Lagrain, B. Wheat Gluten Functionality as a Quality Determinant in Cereal-Based Food Products. *Annual Review of Food Science and Technology*, 3(1), 469–492, 2012 (doi:10.1146/annurev-food-022811-101303)

- Fratelli C., Santos F. G., Muniz D. G., Habu S., Braga A. R. C., Capriles V. D. Psyllium Improves the Quality and Shelf Life of Gluten-Free Bread. *Foods* 10(5):954, 2021.
- Gavrilović M. Tehnologija konditorskih proizvoda. Univerzitet u Novom Sadu, Novi Sad, 2003.
- Gao Y., Janes M. E., Chaiya B., Brennan M.A., Brennan C.S., Prinyawiwatkul W. Gluten-free bakery and pasta products: prevalence and quality improvement. *International Journal of Food Science and Technology* 53(1):19–32, 2017.
- Gowda D. V., Manjunath K. M. Guar Gum and Its Pharmaceutical and Biomedical Applications. *Advanced Science, Engineering and Medicine* 8(8):1-14, 2016.
- Lukinac Čačić J. Matematičko modeliranje i optimiranje kinetike promjene boje kruha tijekom pečenja. Doktorska disertacija. Prehrambeno-tehnološki fakultet, Osijek, 2012.
- Mamat H., Hill S. E. Effect of fat types on the structural and textural properties of dough and semi-sweet biscuit. *Journal of Food Science and technology* 51(9):1998-2005, 2014.
- Manley, D. Technology of biscuits, crackers and cookies. Woodhead Publishing Limited and CRC Press LLC, Abington Hall and Corporate Blvd, New York, 2000.
- Miller R., Hosney R. Role of salt in baking. *Cereal Food World* 53(1):4-6, 2018.
- Nammakuna, N., Barringer, S. A., Ratanatriwong, P. The effects of protein isolates and hydrocolloids complexes on dough rheology, physicochemical properties and qualities of gluten-free crackers. *Food Science & Nutrition*, 4(2): 143–155, 2015.
- Nammakuna, N., Suwansri, S., Thanasukan, P. and Ratanatriwong, P. Effects of hydrocolloids on quality of rice crackers made with mixed-flour blend. *Asian Journal of Food and Agro-Industry*, 2(04), 780-787, 2009.
- Palaniraj A., Jayaraman V. Production, recovery and applications of xanthan gum by *Xanthomonas campestris*. *Journal of Food Engineering* 106(1):1-12, 2011.
- Pozderac I., Mijandrušić Sinčić B. Poremećaji povezani s glutenom. *Medicina* 55(1):53-58, 2019.
- Pravilnik NN 47/2008: Pravilnik o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće, Ministarstvo zdravstva i socijalne skrbi
- Pravilnik NN 83/2010: Pravilnik o hrani bez glutena, Ministarstvo zdravstva i socijalne skrbi
- Pravilnik NN 101/2022: Pravilnik o žitaricama i proizvodima od žitarica, Ministarstvo poljoprivrede

- 
- Rai S., Kaur A., Chopra C. S. Gluten-free products for celiac susceptible people. *Frontiers in Nutrition* 5, 2018.
- Rathnayake H. A, Navaratne S., Navaratne C. Effect of Process Variables on Rice Flour Functional Properties, and Porous Structure of Rice and Wheat-Based Leavened Food Products. *Food Technology and Biotechnology* 60(1):99-108, 2022.
- Salehi, F.: Improvement of gluten-free bread and cake properties using natural hydrocolloids: A review: *Food Science and Nutrition* 7(11):3391–3402, 2019.
- Sykes G. B., Davidson I. Technology of biscuits, crackers and cookies. Biscuit, Cookie and Cracker Process and Recipes: 1-226, 2020.
- Thieme F., Koebnik R., Bekel T., Berger C., Boch J., Buttner D., Caldana C., Gaigalat L., Goesmann A., Kay S., Kirchner O., Lanz C., Linke B., McHardy A. C., Meyer F., Mittenhuber G., Nies D. H., Niesbach-Klosgen U., Patschkowski T., Ruckert C., Rupp O., Schneiker S., Schuster S. C., Verholter F-J., Weber E., Puhler A., Bonas U., Bartels D., Kaiser O. Insights into Genome Plasticity and Pathogenicity of the Plant Pathogenic Bacterium *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* Revealed by the Complete Genome Sequence. *Journal of bacteriology* 187(21):7254-66, 2005.
- Tripathy S., Das M. K. Guar Gum: Present Status and Applications. *Journal of Pharmaceutical and Scientific Innovation* 4(4):24-28, 2013.
- Zhou W. Bakery products science and technology. John Wiley & Sons, Ltd, U.K., 2014.
- Zoghi A., Mirmahdi R. S., Mohammadi M. The role of hydrocolloids in the development of gluten-free cereal-based products for coeliac patients: a review. *International Journal of Food Science and Technology* 56(7):3138-3149, 2020.