

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
PREHRAMBENO–BIOTEHNOLOŠKI FAKULTET

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, srpanj 2020.

Iva Bogešić

1303/USH

**SENZORSKA SVOJSTVA KEKSA
BEZ ŠEĆERA I
BEZGLUTENSKOG KRUHA S
DODATKOM POSIJA PROSA I
KSILANAZE**

Rad je izrađen u Laboratoriju za kemiju i tehnologiju žitarica na Zavodu za prehrambeno-tehnološko inženjerstvo Prehrambeno-biotehnološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu pod mentorstvom izv. prof. dr. sc. Dubravke Novotni Prehrambeno-biotehnološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu te uz pomoć mag. ing. Kristine Radoš, mag. ing. Saše Drakula i Lidije Drobac, univ. bacc. ing.

Diplomski rad izrađen je u sklopu znanstveno-istraživačkog projekta Hrvatske zaklade za znanost: Od nusproizvoda u preradi žitarica i uljarica do funkcionalne hrane primjenom inovativnih procesa (IP-2016-06-3789).

ZAHVALA

Prije svega, zahvaljujem svojoj mentorici izv. prof. dr. sc. Dubravki Novotni koja mi je pomogla u svakom koraku izvršavanja i pisanja ovog rada, na njenoj dostupnosti i strpljivosti. Također, zahvaljujem i mag. ing. Kristini Radoš te Lidiji Drobac, univ. bacc. ing. koje su imale veliku ulogu u provođenju eksperimentalnog dijela rada.

Moji najveći navijači i podrška od trenutka upisivanja fakulteta do zadnjeg dana bili su moja obitelj i budući muž, koji su se veselili svakom položenom ispitu, proživjeli svaki osmijeh, svaku suzu, gurali me naprijed i čak i učili sa mnom, i zato im beskrajno hvala!

Hvala svim mojim prijateljima i kolegama koji su ovaj dio studentskog života učinili veselijim i lakšim!

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Diplomski rad

Sveučilište u Zagrebu
Prehrambeno-biotehnološki fakultet
Zavod za prehrambeno-tehnološko inženjerstvo
Laboratorij za kemiju i tehnologiju žitarica

Znanstveno područje: Biotehničke znanosti
Znanstveno polje: Prehrambena tehnologija

SENZORSKA SVOJSTVA KEKSA BEZ ŠEĆERA I BEZGLUTENSKOG KRUHA S DODATKOM POSIJA PROSA I KSILANAZE

Iva Bogešić, 1303/USH

Sažetak: *Proizvodi za posebne prehrambene potrebe, kao što su keksi i kruh za oboljele od dijabetesa i/ili celijakije, često imaju lošija senzorska svojstva u odnosu na konvencionalne proizvode. Kako bi takvi proizvodi istovremeno bili nutritivno vrijedni i senzorski prihvatljivi za potrošača, potrebno je provesti ispitivanje njihovih senzorskih svojstava. U ovom radu su ispitana senzorska svojstva keksa bez šećera i bezglutenskog kruha s dodatkom posija prosa i ksilanaze primjenom testova deskriptivne i hedonističke analize te nizanja po preferenciji. Proso je iznimno vrijedna žitarica čije se posije koriste za obogaćivanje hrane, jer ne sadrži gluten i djeluje hipoglikemijski. Najveći nedostatak posija prosa je to što daje proizvodu nepoželjan gorak okus i time smanjuje njegovu prihvatljivost. Enzim ksilanaza se koristi u pekarstvu jer poboljšava obradivost i stabilnost tijesta. Rezultati deskriptivne analize bezglutenskog kruha i keksa bez šećera pokazali su da su posije prosa uzrokovale pojavu tamnije boje, povećanje gorkog i naknadnog gorkog okusa te smanjenje tvrdoće. Nepoželjni gorki okus smanjen je kod uzoraka s ksilanazom tretiranim posijama prosa. Hedonistička analiza pokazala je porast prihvatljivosti kruha s dodatkom ksilanazom tretiranih posija prosa u odnosu na kruh s netretiranim posijama te je testom nizanja po preferenciji zauzeo prvo mjesto. Kod keksa bez šećera hedonističkom analizom i testom nizanja po preferenciji pokazalo se da najbolje ocijenjen sveukupni doživljaj ima kontrolni uzorak, a keks s dodanim posijama je bio u kategoriji 'neznatno mi se sviđa'.*

Ključne riječi: bezglutenski kruh, keksi bez šećera, ksilanaza, posije prosa, senzorska svojstva

Rad sadrži: 43 stranice, 14 slika, 3 tablice, 52 literaturna navoda

Jezik izvornika: hrvatski

Rad je u tiskanom i elektroničkom (pdf format) obliku pohranjen u: Knjižnica Prehrambeno-biotehnološkog fakulteta, Kačićeva 23, Zagreb

Mentor: izv. prof. dr. sc. Dubravka Novotni

Pomoć pri izradi: Lidija Drobac, bacc. ing. agr., Kristina Radoš, mag. ing.

Stručno povjerenstvo za ocjenu i obranu:

1. Doc. dr. sc. *Nikolina Čukelj*
2. Izv. prof. dr. sc. *Marina Krpan*
3. Izv. prof. dr. sc. *Dubravka Novotni*
4. Izv. prof. dr. sc. *Ksenija Marković*

Datum obrane: 16. srpnja 2020.

BASIC DOCUMENTATION CARD

Graduate Thesis

University of Zagreb
Faculty of Food Technology and Biotechnology
Department of Food Engineering
Laboratory for Cereal Chemistry and Technology

Scientific area: Biotechnical Sciences

Scientific field: Food Technology

SENSORY PROPERTIES OF SUGAR-FREE BISCUITS AND GLUTEN-FREE BREAD WITH MILLET BRAN AND XYLANASE

Iva Bogešić, 1303/USH

Abstract: *Products for special dietary needs, such as biscuits and bread for people with diabetes and / or celiac disease, often have poorer sensory properties compared to conventional products. In order for such products to be both nutritionally valuable and sensory-acceptable to the consumer, it is necessary to conduct a test of their sensory properties. In this research, the sensory properties of sugar-free biscuits and gluten-free bread with the addition of millet bran and xylanase were tested using descriptive and hedonistic analysis and a sequencing by preference. Millet is an extremely valuable cereal whose bran is used to enrich food because it does not contain gluten and has a hypoglycemic effect. The biggest disadvantage of millet bran is that it gives the product an undesirable bitter taste and thus reduces its acceptability. The enzyme xylanase is used in baking because it improves the workability and stability of the dough. The results of a descriptive analysis of gluten-free bread and sugar-free biscuits showed that addition of millet bran caused a darker color of the product, increased bitter and subsequent bitter taste, and decreased hardness. Undesirable bitter taste was reduced in the sample with xylanase-treated millet bran. Hedonistic analysis shows an increase in the acceptability of bread with the addition of enzym treated millet bran compared to bread with untreated bran, and it took first place in the sequence test by preference. Hedonistic analysis and sequencing by preference of sugar-free biscuits showed that a control sample had the best rated overall experience, while the biscuit with bran was rated as 'slightly liked'.*

Keywords: gluten-free bread, millet bran, sensory properties, sugar-free biscuits, xylanase

Thesis contains: 43 pages, 14 figures, 3 tables, 52 references

Original in: Croatian

Graduate Thesis in printed and electronic (pdf format) version is deposited in: Library of the Faculty of Food Technology and Biotechnology, Kačićeva 23, Zagreb.

Mentor: *PhD., Dubravka Novotni, Associate professor*

Technical support and assistance: *Lidija Drobac, univ. bacc. ing., Kristina Radoš, univ. mag. ing.*

Reviewers:

1. PhD. *Nikolina Čukelj*, Assistant professor
2. PhD. *Marina Krpan*, Associate professor
3. PhD. *Dubravka Novotni*, Associate professor
4. PhD. *Ksenija Marković*, Associate professor (substitute)

Thesis defended: July 16, 2020

Sadržaj:

| | |
|--|----|
| 1. UVOD | 1 |
| 2. TEORIJSKI DIO | 2 |
| 2.1. Razvoj hrane za posebne prehrambene potrebe | 2 |
| 2.1.1. Hrana za oboljele od dijabetesa | 2 |
| 2.1.2. Višestruka uloga šećera u razvoju proizvoda | 3 |
| 2.1.3. Formuliranje hrane sa smanjenim udjelom saharoze | 4 |
| 2.1.3.1. Okus, boja, tekstura | 4 |
| 2.1.4. Alternativa saharozu - sladila | 5 |
| 2.1.5. Tehnološka rješenja u proizvodnji keksa i čajnih peciva | 7 |
| 2.2. Hrana bez glutena za oboljele od celijakije | 7 |
| 2.2.1. Izazovi tijekom proizvodnje bezglutenske hrane | 8 |
| 2.2.2. Formulacija pekarskih proizvoda bez glutena..... | 9 |
| 2.3. Mogućnosti upotrebe prosa i prosenih posija za proizvodnju hrane za posebne prehrambene potrebe | 10 |
| 2.4. Ksilanaza | 12 |
| 2.5. Senzorske metode kod razvoja hrane | 14 |
| 2.5.1. Pregled testova u senzorskim analizama | 14 |
| 2.5.2. Protokoli senzorskih testova | 16 |
| 3. EKSPERIMENTALNI DIO | 18 |
| 3.1. Materijali | 18 |
| 3.1.1. Sirovine | 18 |
| 3.1.2. Uzorci | 18 |
| 3.2. Metode rada | 19 |
| 3.2.1. Postupak izrade kruha | 19 |
| 3.2.1.1. Senzorska analiza kruha | 21 |
| 3.2.2. Postupak izrade keksa | 23 |
| 3.2.2.1. Senzorska analiza keksa | 25 |
| 4. REZULTATI I RASPRAVA | 28 |

| | |
|--|-----------|
| 4.1. Senzorska svojstva bezglutenskog kruha..... | 28 |
| 4.2. Svojstva keksa bez šećera | 33 |
| 5. ZAKLJUČCI | 38 |
| 6. LITERATURA | 39 |

1. UVOD

Loše prehrambene navike današnje populacije dovele su do pojave različitih metaboličkih poremećaja među ljudima. Celijakija, odnosno intolerancija na gluten, i dijabetes, odnosno poremećaj razine glukoze u krvi, neke su od bolesti koje su sve češće prisutne, a povezane su s istraživanjima provedenim u ovom radu. Za obje bolesti, ključna je odgovarajuća i prilagođena prehrana kako bi se držale pod kontrolom i kako bi se smanjio njihov negativan učinak na organizam. Osim toga, sve je veći broj ljudi koji prati trend modernog načina života uz koji ide i „pravilna prehrana“.

Činjenica je da je potražnja za takvom hranom, što radi zdravlja, što radi trenda, sve veća. Međutim, takvi proizvodi obično svojim senzorskim karakteristikama ne zadovoljavaju potrošače, a uz to javlja se i nedostatak prehrambenih vlakana, mineralnih tvari i vitamina.

Proso je žitarica koja, osim što ima agronomske prednosti kao što su podnošenje visokih i niskih temperatura, ne zahtijeva veliku količinu vode, otporna je na insekte i bolesti, ne sadrži gluten i djeluje hipoglikemijski. Ima i nutritivno poželjan i bioaktivan profil. Posije prosa su nusproizvod koji nastaje ljuštenjem zrna. Mogu se primijeniti u proizvodnji funkcionalne hrane za smanjenje rizika pojave kroničnih bolesti ili se koristiti kao funkcionalni sastojak u proizvodnji pekarskih proizvoda za oboljele od dijabetesa i/ili celijakije. Njihov negativni utjecaj na proizvod potrebno je minimizirati što se može postići upotrebom enzima. Vanjski izgled, boja, miris, aroma, okus i tekstura proizvoda znatno se mijenjaju kao posljedica promjene u formulaciji te su ključni u određivanju prihvatljivosti proizvoda.

Utvrdjivanje njihove prihvatljivosti zahtijeva brojne testove i istraživanja. Upravo iz tog razloga, u ovom radu će se ispitati senzorska svojstva i utjecaj enzima ksilanaze u bezglutenskom kruhu i keksima sa sladilima obogaćenim posijama prosa namijenjenih potrošačima s posebnim prehrambenim potrebama.

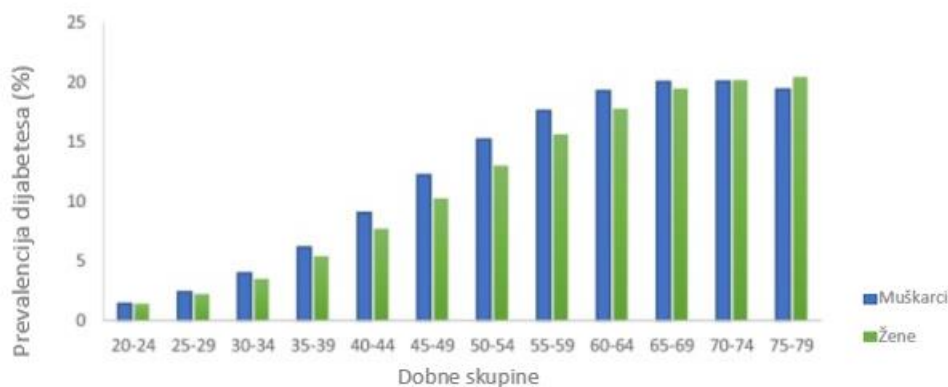
2. TEORIJSKI DIO

2.1. RAZVOJ HRANE ZA POSEBNE PREHRAMBENE POTREBE

2.1.1. Hrana za oboljele od dijabetesa

Dijabetes (šećerna bolest ili *diabetes mellitus*) je kronična progresivna bolest koja se javlja kada gušterača više ne može stvarati inzulin ili kada tijelo ne može dobro iskoristiti inzulin koji proizvodi. Inzulin je esencijalan hormon kojeg proizvodi gušterača, a koji djeluje poput ključa koji propušta glukozu, unesenu u organizam putem hrane, da prelazi iz krvotoka u stanice kako bi se u tijelu proizvela energija. Nemogućnost proizvodnje inzulina ili nemogućnost stanice za odgovor dovodi do povišene razine glukoze u krvi (poznate kao hiperglikemija). Dugoročno gledano, visoke razine glukoze u krvi mogu dovesti do nastanka oštećenja organizma i zatajenja različitih organa i tkiva (IDF, 2020).

Šećerna bolest smatra se globalnim problemom i jedan je od vodećih javnozdravstvenih problema. Prema podacima International Diabetes Federation (IDF) za 2015. godinu, 415 milijuna ljudi u svijetu boluje od šećerne bolesti, odnosno svaka 11-a odrasla osoba. Također, u IDF Diabetes Atlasu 9. izdanje iz 2019. navodi se kako raste incidencija i prevalencija oboljelih od šećerne bolesti u svijetu, kao što je i prikazano na grafu (slika 1). Većina otpada na siromašnije zemlje, odnosno niskog i srednjeg prihoda.



Slika 1. Prikaz prevalencije dijabetesa kod muškaraca i žena određenih dobih skupina (IDF, 2020)

Postoje tri osnovna tipa dijabetesa: dijabetes tipa 1, dijabetes tipa 2 i gestacijski dijabetes. Dijabetes tipa 1 može se razviti u bilo kojoj dobi, ali se najčešće javlja kod djece i adolescenata, pri čemu samo 10 % od ukupno oboljelih od dijabetesa boluje od ovog tipa. Dijabetes tipa 2

češće se javlja kod odraslih osoba i čini oko 90 % svih slučajeva dijabetesa. Kod dijabetesa tipa 2, događa se da tijelo ne iskorištava inzulin koji proizvodi na odgovarajući način radi inzulinske rezistencije i progresivnog defekta njegovog izlučivanja. Gestacijski dijabetes (GDM) je vrsta dijabetesa koja uzrokuje visoku razinu glukoze u krvi tijekom trudnoće i povezana je s nastankom mogućih komplikacija majke i djeteta te majke imaju povećan rizik od razvoja dijabetesa tipa 2 kasnije u životu (IDF, 2020).

World Health Organization (WHO, 2020) preporučuje i kod zdravih odraslih i kod djece smanjenje unosa slobodnih šećera (monosaharidi i disaharidi dodani hrani od strane proizvođača i potrošača te šećeri prirodno prisutni u medu, sirupu, voćnim sokovima i voćnim koncentratima), osobito unosa slobodnih šećera koji ne bi smio premašiti 10 % ukupne energije.

2.1.2. Višestruka uloga šećera u razvoju proizvoda

Razvoj proizvoda s niskim udjelom šećera ili bez šećera mora rezultirati dobrim okusom i zadovoljiti zahtjeve i očekivanja potrošača. Taj proces veliki je izazov te se moraju uzeti u obzir različite uloge šećera u određenoj hrani ili piću (Osborn i Morley, 2016): slatkoća, suzbijanje kiselosti, tvorba boje, tekstura, supstrat za fermentaciju, produljenje roka trajanja, promjena točke smrzavanja, poboljšanje izgleda.

Saharoza kao prirodni konzervans ima ključnu ulogu u održavanju i produljenju roka trajanja proizvoda. Čak i najmanje promjene u količini ili vrsti šećera kod formiranja proizvoda, mogu dovesti do nastanka neočekivanih problema u stabilnosti i sigurnosti. Doprinosi očuvanju hrane tako što smanjuje vodu dostupnu mikroorganizmima za njihov rast (smanjuje aktivnost vode), radi čega mikroorganizmi postaju dehidrirani. Ako se brzina rasta dodatno uspori, smanjenjem pH ili inhibitornim sredstvima poput nitrita i polifosfata, tada rast može biti potpuno inhibiran i hrana postaje stabilna i prikladna za stavljanje na police (Komitopoulou i Gibbs, 2012).

2.1.3. Formuliranje hrane sa smanjenim udjelom saharoze

2.1.3.1. Okus, boja, tekstura

Interakcija između saharoze i drugih sastojaka hrane odvija se na mnogo različitih načina. Glavna funkcija saharoze je zaslađivanje hrane. Nadalje, pojačava cjelokupni okus hrane ili pića, potiskuje gorke, slane i kisele note, što ovisi o njenoj koncentraciji, i utječe na kvalitetu hrane. Smanjenje udjela saharoze utječe na ravnotežu kiselog i gorkog, i tada je kiselost obično izraženija te se stoga mora prilagoditi korištenjem različitih kiselina ili regulatora kiselosti. Stoga je prilikom razvoja hrane sa smanjenim udjelom saharoze, potrebno paziti kako bi se postigla odgovarajuća ravnoteža okusa (Osborn i Morley, 2016).

Prilikom formuliranja proizvoda sa smanjenim udjelom saharoze potrebno je uzeti u obzir boju. Saharoza je prvenstveno uključena u proces karamelizacije, što dovodi do nastajanja poželjne boje i okusa, naročito u pekarskim proizvodima, kavi, piću i pivu. Karamelizacija predstavlja proces neenzimskog posmeđivanja hrane koji uključuje formiranje različitih produkta razgradnje ugljikohidrata, bez prisustva amina. Do karamelizacije dolazi kad se površina proizvoda jako zagrijava kao što je slučaj tijekom pečenja i prženja hrane, npr. finih pekarskih proizvoda, ili tijekom obrade hrane koja sadrži puno šećera (džemovi i određeni voćni sokovi) ili u proizvodnji vina (Hui i sur., 2006.).

Reakcija karamelizacije također utječe na formiranje okusa. Diacetil je važna okusna komponenta, nastala tijekom prve faze karamelizacije (Hodge, 1953). Diacetil daje okus po maslacu. Osim diacetila, nastaju i brojni drugi spojevi kao što su hidroksimetilfurfural i hidroksiacetilfuran, hidroksimetilfuranon i dihidroksidimetilfuranon (Kroh, 1994).

Saharoza uvelike utječe na teksturu prehrambenih proizvoda. U čvrstim namirnicama, kao što su pečeni proizvodi, jedna od njenih uloga je apsorpcija vode, što za posljedicu ima odgađanje želatinizacije škroba i denaturaciju proteina, stoga omogućuje da se pekarski proizvodi kao što su kolači dignu prije potpunog formiranja strukture (Yang, 2010). U proizvodnji kruha, saharoza predstavlja hranu kvascima koji uzrokuju stvaranje ugljičnog dioksida i proširivanja strukture tijesta. Također, poboljšava kvalitetu kruha vezanjem slobodne vode, produljuje mekoću kruha i odgađa početak stvaranja plijesni.

Šećeri su i glavni sastojak u proizvodnji keksa. Pored slatkoće koju im daju, to su tvari koje imaju važnu ulogu u formiranju strukture i poboljšanju okusa. Saharoza se u tijestu otapa ili djelomično otapa, ovisno o količini vode koja je prisutna, a zatim se prekrystalizira ili tvori

amorfno staklo nakon pečenja. Na taj način snažno utječe na teksturu pečenog keksa. Veličina kristala i brzina njihovog otapanja u procesu pečenja, utječe na širenje tijesta tijekom pečenja te njegov konačni izgled i hrskavost. Kako se saharoza otapa tako doprinosi tekućoj fazi tijesta što znači da, do točke gdje je otopina saharoze zasićena, količina saharoze smanjuje količinu vode potrebne u tijestu. Saharozu pomiče točku želatinizacije škroba na višu temperaturu i time omogućava tijestu da se dulje vrijeme diže u peći. Pokazalo se kako ima ulogu antioksidansa u keksima te tako doprinosi i produljenju roka trajanja. Koncentracija saharoze utječe i na aktivnost vode, a time i na sprječavanje rasta mikroorganizama (Manley, 2000).

2.1.4. Alternativa saharozi - sladila

Zamjene za šećer dijele se na 4 skupine: Umjetni zaslađivači, šećerni alkoholi, prirodni zaslađivači i „novi“ zaslađivači (Krtanjek, 2014).

Umjetni zaslađivači:

- 1) Saharin je do sada najjeftinije i najraširenije umjetno sladilo na svijetu, 300 - 700 puta slađi od šećera. Često se koristi u kombinaciji s ostalim umjetnim sladilima te nema nikakvu energijsku vrijednost. Nedostatak je naknadni metalni okus koji se javlja u ustima, te se razgrađuje na visokim temperaturama.
- 2) Ciklamat je samo 30 puta slađi od šećera te također ima nedostatke naknadnog metalnog okusa i razgradnje pri visokim temperaturama.
- 3) Aspartam je 200 puta slađi od šećera, nema kalorijsku vrijednost, nalazimo ga u gotovo svim proizvodima s natpisom „bez šećera“.
- 4) Acesulfam je 200 puta slađi od šećera.
- 5) Neotame je 7 000 - 13 000 puta slađi od šećera, postoji nepovjerenje prema njemu zbog strukture slične aspartamu.
- 6) Sukraloza je 600 - 1 000 puta slađa od šećera, koristi se u gumama za žvakanje i proizvodima za pečenje, te je stabilna na visokim temperaturama za razliku od većine umjetnih zaslađivača (Krtanjek, 2014).

Šećerni alkoholi:

- 1) Ksilitol, šećerni alkohol dobiven iz ksiloze, jednako je sladak kao saharoza. Ima kalorijsku vrijednost za oko 40 % nižu od šećera, sporije se apsorbira u krvi i ne uzrokuje nagle hiperglikemije i skokove inzulina, zbog čega je prikladan za dijabetičare.
- 2) Manitol se dobiva izolacijom iz voća poput višnja, šljiva, jabuka ili enzimatskom fermentacijom iz manoze. S obzirom na to da ne povisuje razinu glukoze u krvi smiju ga konzumirati dijabetičari. Sposobnost zaslađivanja manitola je gotovo dvostruko slabija od šećera.
- 3) Sorbitol je zaslađivač slađi od saharoze za 60 %, podnosi visoke temperature te se sporo apsorbira (Krtanjek, 2014).

Prirodni zaslađivači:

- 1) Agavin sirup kojeg često zovu i „medena vodica“, rjeđi je, ali slađi od meda. Idealan je za dijabetičare jer ima nizak glikemijski indeks i gotovo ne utječe na razinu šećera u krvi.
- 2) Med proizvode medonosne pčele, a karakteristike meda ovise o cvjetnom nektaru iz kojeg je dobiven. Od ukupno 82 % šećera koji se nalazi u medu, 41 % čini fruktoza, a 36 % glukoza, dok ostatak čine saharoza, maltoza i dekstrin.
- 3) Javorov sirup sadrži mnoge ljekovite spojeve, a sastoji se od invertnog šećera i saharoze (Krtanjek, 2014).

Novi zaslađivači prirodnog su podrijetla, a specifični su po načinu proizvodnje i kemijskoj strukturi koja se razlikuje od ostalih zaslađivača. U ovu skupinu ubrajaju se:

- 1) Stevija - dobivena od biljke zelenog lišća *Stevia rebaudiana*, vrlo je slatkog okusa čak 300 puta slađa od običnog šećera.
- 2) Trehaloza se prirodno nalazi u gljivama, morskoj travi, škampima i jastogu, a sintetski se dobiva iz kukuruznog brašna. Dvostruko je manje slatka od šećera, te se sastoji od dvije molekule glukoze.
- 3) Tagatoza je slatka kao i šećer, prirodno se nalazi u mliječnim proizvodima, dok se sintetski dobiva iz laktoze (Krtanjek, 2014).

2.1.5. Tehnološka rješenja u proizvodnji keksa i čajnih peciva

Kao zamjena za saharozu, u proizvodnji keksa i čajnih peciva, koriste se i reducirajući šećeri i sirupi. Sirupi su otopina šećera, najčešće reducirajućih šećera ili kombinacije različitih vrsta šećera. Koriste se u relativno malim udjelima u keksima zbog njihovog karakterističnog okusa. Koriste se i kao tvari koje sprječavaju gubitak vode iz hrane, a time smanjuju i nastajanje tvrde ili krhke teksture keksa (Manley, 2000). Visoko fruktozni kukuruzni sirup ili glukozno-fruktozni sirup (HFCS) je sladilo koje se često primjenjuje kao zamjena za saharozu. Osim što je jeftiniji i slađi od običnog šećera, produljuje rok trajnosti i prisutan je u skoro svim industrijskim prerađevinama (Anonymous 1, 2015).

Polioli ili šećerni alkoholi (maltitol, manitol, sorbitol i ksilitol) prirodno se nalaze u pojedinom voću i povrću, manje su slatki od šećera te je njihov utjecaj podizanja razine glukoze u krvi manji od utjecaja saharoze. Upravo zato se često koriste u dijetetskim pripravcima. Maltitol izgleda poput bijelog praha. U ljudskom tijelu se dijeli na molekule sorbitola i glukoze. Ima nisku kalorijsku vrijednost i relativno niski glikemijski indeks, no viši od ksilitola ili sorbitola (Anonymous 2, 2020).

Daljnja tehnološka rješenja uključuju: nano sprej za sušenje šećera, pri čemu se pokazalo da su proizvodi osušeni sprejom s česticama nano veličine slađi od onih koji sadrže istu količinu standardnog šećera; rekristalizacija otopljenog šećera koja uključuje otapanje saharoze u otapalima poput alkohola, zatim prekrizalizaciju, pri čemu se stvaraju fine niti šećera s pojačanim ukusom, teksturom i slatkoćom; prekrivanje inertnih čestica poput kalcijevog karbonata sa šećerima omogućava prekrizalizaciju šećera, kako bi se zatim stvorio izuzetno tanak premaz na česticama kalcijevog karbonata (Sweetman, 2014).

2.2. HRANA BEZ GLUTENA ZA OBOLJELE OD CELIJAKIJE

Broj ljudi, osobito djece, koji su intolerantni ili osjetljivi na određenu hranu je rastući. Jedna od ozbiljnijih bolesti intolerancije na hranu je celijakija, koja se ne smatra alergijom na hranu. Celijakija je autoimuna enteropatija potaknuta konzumiranjem zrna koje sadrže gluten (pšenica, ječam, raž i eventualno zob), kod genetski osjetljivih osoba (Fasano i Catassi, 2001). Konzumiranjem glutena mogu nastati trajna oštećenja sluznice, čime se narušava sposobnost tijela da apsorbira hranjive tvari iz hrane, te može doći do pojave ozbiljnih zdravstvenih problema kao što je osteoporoza, usporavanje rasta, neplodnost, pobačaj i karcinom crijeva

(Rosén i sur., 2014). Hrana koja sadrži gluten može potaknuti pojavu različitih simptoma kao što je dijareja, nadutost, bolovi u trbuhu i gubitak težine (Tack i sur., 2010). Celijakija je bolest koja se pojavljuje kod 1-2 % populacije. Zabilježeni slučajevi celijakije su 2 - 3 puta veći kod žena nego muškaraca te se mogu razviti u bilo kojoj životnoj dobi.

Nažalost, za ljude oboljele od celijakije, bez dostupnog lijeka, upravljanje rizikom zahtijeva njihovo strogo pridržavanje bezglutenske prehrane. Problem je u tome što je gluten tehnološki ključan proteinski kompleks koji se prirodno pojavljuje u pšenici, raži, ječmu i slično. Shodno tome, izbjegavanje glutena dovodi do eliminacije mnogih svakodnevnih namirnica, kao što su kruh, tjestenina, žitarice za doručak, kolači, neki umaci i određena gotova jela (Osborn i Morley, 2016).

2.2.1. Izazovi tijekom proizvodnje bezglutenske hrane

Gluten je krut i vrlo ljepljivi proteinski koncentrat, koji se može odvojiti od brašna iz specifičnih žitarica (npr. škroba) ispiranjem vodom. Glutenski proteini mogu se podijeliti u dvije glavne frakcije prema njihovoj topljivosti u alkoholu: topivi glijadini i netopljivi glutenini. Glijadini imaju manju molekulsku masu (28 - 55 kDa) od glutenina (2000 kDa). Svi glutenski proteini pretežito sadrže hidrofobne aminokiseline, posebno glutamin koji ima snažnu tendenciju stvaranja vodikovih veza između proteinskih lanaca - što je glavni faktor karakterističnog ponašanja glutena i njegove strukture. Pored toga, podjedinice gluteninskog lanca sadrže tiolne skupine iz aminokiseline cistein, koje tvore disulfidne mostove, koji drže gluteninski polimer i glutenski kompleks zajedno (Wieser, 2007). Kao rezultat toga, glutenin stvara grubu, gumenu masu kad je potpuno hidriran, dok glijadin rezultira nastajanjem viskozne, tekuće mase nakon hidratacije. Gluten, dakle pokazuje kohezivna, elastična i viskozna svojstva koja su kombinacija tih dviju pojava. Svojstva tijesta (rastezljivost, otpornost na istezanje, tolerancija na miješanje, sposobnost zadržavanja plinova) ovise o glutenskoj matrici. Formiranje glutena vrlo je kritično glede volumena, teksture i izgleda pečenog proizvoda iako različiti proizvodi zahtijevaju različit stupanj stvaranja mreže glutena (na primjer, manje glutena je poželjno u kolačima i čajnim pecivima, a velika količina jakog glutena potrebna je za talijanske ciabate). Kada su proteini u brašnu hidrirani i tijesto je umiješeno, formiranjem glutenskih veza tvori se i struktura i elastičnost tijesta. Kako se miješanje nastavlja, a struktura glutena razvija, sposobnosti zadržavanja plinova se povećava. Tijekom pečenja, škrob apsorbira vlagu i želatinizira, pridonoseći teksturi gotovog proizvoda.

Zbog strukturnih svojstava glutena, njegova odsutnost u brašnu može rezultirati stvaranjem tekućeg tijesta, što neminovno dovodi do nastanka kruha niske kvalitete (mrvljiva tekstura, loša struktura, blijeda boja). Zbog toga se gluten često naziva „kamen temeljac“ pečenja (Osborn i Morley, 2016).

Proizvodnja bezglutenske hrane od žitarica rezultira velikim tehnološkim problemima. Zapravo, neki proizvodi bez glutena dostupni na tržištu (kruh, tjestenina, itd.) često su loše kvalitete, malog volumena, loše boje, mrvljivi, te velike razlike u hranjivoj vrijednosti, s malim udjelom proteina i visokim udjelom masti (Matos i Rosell, 2011)

2.2.2. Formulacija pekarskih proizvoda bez glutena

Vođeni potražnjom na tržištu, provedena su opsežna istraživanja za razvoj proizvoda od žitarica bez glutena, posebno pekarskih proizvoda, čiji je cilj poboljšati njihovu strukturu, osjećaj u ustima, prihvatljivost, rok trajanja i kvalitetu. Razvoj proizvoda koncentriran je na stvaranje nadomjestaka postojećih proizvoda na bazi pšenice, poput kruha i kolača, a za različite proizvode potrebna je različita strategija. Kruh i tjestenina dobivaju se iz tijesta u kojem je razvijena kontinuirana mreža glutena, a dobivanje istog proizvoda bez glutena vrlo je zahtjevan proces. Zamjena za gluten je gotovo uvijek hidrokolid te je potrebno nekoliko dodatnih sastojaka (ili aditiva) kako bi se postigla prava ravnoteža za dobivanje odgovarajućeg volumena/visine, teksture/mekoće i prozračnosti. Proizvodi poput kolača, dobivaju se iz tijesta za koje je stvaranje glutenske mreže nepoželjno, te je potrebno manje aditiva i poboljšavača za preradu u stvaranju alternative odnosno zamjene za gluten (Osborn i Morley, 2016).

Do sada su proučavane različite vrste brašna i škroba, iz različitih izvora, koja bi se mogla koristiti u ovim formulacijama. Kad se pšenično brašno zamijeni bezglutenskim brašnom, treba uzeti u obzir senzorski učinak koje ono može imati, obzirom na boju i okus koji različita brašna posjeduju. Rižino brašno obično ima neutralan okus i blijedu boju, što ga čini sličnim pšeničnom brašnu; kukuruzno brašno ima jači okus i prilično je žućkasto. Varijacije brašna i u pogledu opće dostupnosti na tržištu i u svojstvima (veličina čestica, svojstva lijepljenja, vlakna, sadržaj proteina itd.) dovodi do nastajanja proizvoda različite kvalitete (Osborn i Morley, 2016).

Tradicionalno, većina bezglutenskih proizvoda izrađena je od nativnog i modificiranog škroba, pomiješanog s različitim hidrokolidima zbog sposobnosti stvaranja strukture i vezanja vode.

Obično se koristi rižino i kukuruzno brašno, no ispitana su brašna pseudožitarica, osobito amaranta, kvinoje i heljde te sojino brašno (Gimenez-Bastida i sur., 2015; Miñarro i sur., 2012; Sanchez i sur., 2002; Sciarini i sur., 2010) i brašno rogača (Tsatsaragkou i sur., 2014), u kombinaciji sa škrobom (kukuruz, krumpir, kasava, riža, grah), (Hathorn i sur., 2008; Onyango i sur., 2011), mliječnim sastojcima (kazeinat, obrano mlijeko u prahu, suho mlijeko, sirutka) (Krupa-Kozak i sur., 2013), hidrokolidima i polisaharidima (ksantan guma, alginat, karagenan, HPCM, CMC) (Lazaridou i sur., 2007; Sabanis i sur., 2009), emulgatorima (diacetil ester vinske kiseline mono- i diglicerida, natrijev stearoil laktat, sojin lecitin) (Nunes i sur., 2009), ostalim proteinima bez glutena (mliječne bjelančevine, bjelančevine jaja, mahunarke: soja i grašak) (Gallagher i sur., 2004; Minarro i sur., 2012), enzimima (ciklodekstrin glikoziltransferaze, transglutaminaza, proteaze, laktat, glukoza oksidaze) (Renzetti i Arendt, 2009; Onyango i sur., 2009; Kawamura-Konishi i sur., 2013) i prebioticima (inulin) (Krupa-Kozak i sur., 2013) ili njihovom kombinacijom; kao alternativa glutenu, za poboljšanje strukture, osjećaja u ustima, prihvatljivosti i roka trajnosti pekarskih proizvoda bez glutena. Produljenje roka trajanja uzrokovano visokim udjelom škroba istraženo je korištenjem dodatnih aditiva i pomagala za obradu poput alfa-amilaze, emulgatora, kiselog tijesta i preželatiniziranog brašna (Gujral i sur., 2003; Matos i Rosell, 2015). Općenito, kruh koji sadrži pseudožitarice ima znatno nježniju teksturu sredine, što se pripisuje prisutnosti prirodnih emulgatora u takvim brašnima. Škrob poput kukuruznog, krumpirovog, rižinog i grahovog obično se dodaje kako bi se poboljšala funkcionalna svojstva gela, dok se gume i zgušnjivači koriste za geliranje i zgušnjavanje, za zadržavanje vode i poboljšanje teksture koja nalikuje pšeničnom proizvodu. Proizvode se iz različitih izvora (sjeme, plodovi, biljni ekstrakti, morske alge i mikroorganizmi) i obično su polisaharidi ili proteini. Takvi hidrokolidi za izradu kruha bez glutena uključuju hidroksipropilmetilcelulozu (HPMC), metilcelulozu (MC), karboksimetilcelulozu (CMC), psilijum gumu, gumu iz sjemenki rogača, guar gumu i ksantan gumu (Osborn i Morley, 2016).

2.3. MOGUĆNOSTI UPOTREBE PROSA I PROSENIH POSIJA ZA PROIZVODNJU HRANE ZA POSEBNE PREHRAMBENE POTREBE

Posije (mekinje) su nusproizvodi nastali prilikom mljevenja zrna žitarica, a čine ih perikarp, omotač sjemena, aleuronski sloj smješten u endospermu i dio klice. Ovisno o vrsti žitarice, posije mogu sačinjavati 3 - 30 % ukupne mase zrna. Visoka prehrambena vrijednost posija

dovela je do toga da se one, osim kao stočna hrana, koriste i u prehrani ljudi (10 % od ukupno proizvedenih posija), u obliku integralnih pšeničnih proizvoda te za obogaćivanje žitarica za doručak, snack proizvoda, keksa i kolača, fermentiranih mliječnih proizvoda, dječje hrane i drugih.

Proso je jedna od najstarijih žitarica koja se koristi za ljudsku prehranu. Proso ne sadrži gluten i dobro se prilagođava na visoke temperature okoliša i suše te je otporan na insekte i bolesti, sporo se probavlja i djeluje hipoglikemijski. Vrste prosa razlikuju se po veličini i boji (bijela, svijetlo ili tamno žuta, crvena, smeđa, siva ili crna). Za sušna tropska područja Azije i Afrike karakterističan je biserni proso, dok se u zemljama Europe, Azije, SAD i Australije uzgaja obično proso (*Panicum miliaceum*). Kako bi se poboljšao okus prosa, prije prerade provodi se ljuštenje, tokom kojeg se uklanjaju vanjski dijelovi zrna radi poboljšanja okusa, biološke iskoristivosti i produljene trajnosti. Nakon procesa ljuštenja, dobivene posije prosa sastoje se od perikarpa, zrnenog omotača, embrija, aleuronskog sloja, klice i dijelova endosperma (Ćurić i sur., 2019).

U sve većoj potražnji bezglutenskih proizvoda koji često imaju manjak prehrambenih vlakana, minerala i vitamina, proso i posije prosa izvrsno su rješenje za njihovo obogaćivanje. Posije prosa mogu naći primjenu u proizvodnji funkcionalne hrane za smanjenje rizika pojave kroničnih bolesti ili se koristiti kao funkcionalni sastojak hrane bez glutena (Devisetti i sur., 2014). Posije prosa bogate su većinom netopljivim prehrambenim vlaknima (oko 40 g na 100 g posija), od kojih više od 50 % čine arabinoksilani (AX) (Zhu i sur., 2018). Prema istraživanjima provedenim na štakoru, pokazalo se da prehrambena vlakna iz prosa snižavaju koncentraciju triglicerida, ukupnog kolesterola, kolesterol-lipoproteina visoke gustoće i lipoproteina male gustoće. Zatim, istraživanja provedena na miševima, pokazala su da unos AX vlakana iz prstastog prosa prevenira debljanje, promjenu tolerancije na glukozu, promjenu profila serumskih lipida, akumulaciju lipida u jetri i upale uzrokovane masnom prehranom, što se i pozitivno odražava na ekspresiju gena jetre i bijelog masnog tkiva. Također, AX vlakna poboljšavaju zdravlje tankog i debelog crijeva, preveniraju metagenomske promjene u cekumu i općenito metaboličku endotoksemiju.

U različitim vrstama prosa identificirano je preko 50 različitih fenolnih spojeva koje čine fenolne kiseline i njihovi derivati, dehidrodiferulati i dehidrotriferulati, flavan-3-ol monomeri i dimeri, flavonoli, flavoni i flavanonoli, a neke vrste sadrže i flavonoide (Ćurić i sur., 2019). Tanini, kojih najviše ima u prstastom prosu smeđe boje (*Eleusine coracana*), smatraju se

antinutrijentima jer ometaju probavljivost proteina i biološku raspoloživost mineralnih tvari. S druge strane, njihov unos povezan je sa smanjenom učestalosti pretilosti, prevencijom pojave dijabetesa tipa 2 i metaboličkog sindroma (Ćurić i sur., 2019). Antinutrijentima smatraju se i fitati, koji se nalaze u vanjskim slojevima zrna prosa, jer keliraju mineralne tvari, no djeluju i kao antioksidansi i antikancerogene tvari (Devisetti i sur., 2014).

U mješavini brašna, za proizvodnju keksa, dokazana je funkcionalnost posija prstastog prosa (Krishnan i sur., 2011). Keksi proizvedeni s 10 % posija prosa, imali su veći udio proteina i prehrambenih vlakana, manje ugljikohidrata, veći udio Ca, Fe i Zn i više polifenola te su bili senzorski prihvatljiviji. Prema istraživanjima, pokazalo se da sitnije posije (slika 2) daju tamniju ali jednoličniju boju sredini kruha, dok je okus u ustima manje zrnat od kruha s krupnijim posijama i smatra se kako posije srednje veličine čestica najmanje narušavaju kvalitetu pekarskih proizvoda (Coda i sur., 2014). Mikronizacija, tj ultra-fino mljevenje posija prosa (slika 3) povoljno djeluje na njihova fizikalna svojstva, poput moći upijanja vode (Zhu i sur., 2018).



Slika 2. Prosene posije
(Ćurić i sur., 2019)



Slika 3. Mikronizirane prosene posije
(Ćurić i sur., 2019)

2.4. KSILANAZA

Ksilanaza ili pentozanaza, enzimi poznati pod nazivom hemicelulaze, već se duže vrijeme koriste za kondicioniranje tijesta, posebno za Europski tip kruha. Kada su prisutni u optimalnoj količini, poboljšavaju obradivost i stabilnost tijesta, te povećavaju volumen kruha i strukturu sredine kruha. Prekomjerne količine pentozana i ksilanaze moguće su radi pretjerane degradacije pentozana iz pšenice što dovodi do onemogućavanja pentozana da veže vodu.

Rezultat toga je nastanak ljepljivog tijesta. Stoga, optimalna doza definira se kao doza koja daje maksimalno poboljšanje svojstava tijesta i kruha, a ovisi i o tipu brašna (Vaclavik, 2008).

Ksilanaze (endo-1,2- β -D-ksilanaza, EC 3.2.1.8) se mogu klasificirati na najmanje tri načina. Prvi se temelji na molekulskoj težini i izoelektričnoj točki (pI) (Wong i sur., 1988). Drugi se temelji na kristalnoj strukturi. Endo-beta-1,4-ksilanaze uglavnom se svrstavaju u obitelji 5, 8, 10 (nekada obitelj F), 11 (obitelj G), 16, 26 i 43 (AFMB-CNRS, 1999). Međutim, većina pripada obiteljima 10 i 11 i smatra se da često imaju obrnutu vezu između njihovog pI i molekulske težine. Obitelj 10 je uglavnom veća i složenija od obitelji 11. Treća klasifikacija temelji se na kinetičkim svojstvima, specifičnosti supstrata ili proizvodima (Biely i sur., 1997; Jeffries, 1996; Whitehurst i Oort, 2010).

Mehanizam djelovanja ksilanaze u pripremi kruha još uvijek nije u potpunosti razjašnjen. Hemicelulaze proizvode se mikrobnom fermentacijom koristeći različite mikroorganizme kao izvore enzima. Mnogi od tih enzima proizvode se genetski modificiranim mikroorganizmima. Primjeri komercijalnih ksilanaza su ksilanaze iz *Bacillus* sp., *Trichoderma* sp., *Humicola* sp. i *Aspergillus* sp. Razlika u selektivnosti supstrata važan je parametar u razvoju i odabiru ispravnih ksilanaza. Usporedba selektivnosti i aktivnosti *Bacillus* ksilanaza i *Aspergillus* ksilanaza pokazala je da enzim *Bacillus* ima jasnu sklonost prema arabinoksilanu koji se ne može ekstrahirati vodom (WU-AX (engl. *water unextractable arabinoxylan*)), dok *Aspergillus* lakše hidrolizira arabinoksilan koji se može ekstrahirati vodom (WE-AX (engl. *water extractable arabinoxylan*)). Ipak, oba enzima imaju određeni pozitivan učinak na proces proizvodnje kruha, te je hidroliziranje WE-AX i WU-AX poželjno (Whitehurst i Oort, 2010).

Ksilanaza se upotrebljava u proizvodnji kruha na način da, ovisno o primjeni, postoji odgovarajuća ksilanaza ili mješavina različitih ksilanaza koja daje željene učinke na svojstva nastalog tijesta. Potrebno optimirati vrste, tipove i upotrebu ksilanaze. Unatoč svim istraživanjima koja su provedena, još uvijek ne postoji potpuno razumijevanje mehanizma i učinaka različitih ksilanaza (Whitehurst i Oort, 2010).

2.5. SENZORSKE METODE KOD RAZVOJA HRANE

2.5.1. Pregled testova u senzorskim analizama

Testovi u senzorskim analizama dijele se na: testove razlika (opći testovi razlika, testovi razlika u obilježjima), testove sklonosti (testovi preferenci, testovi prihvaćanja) i deskriptivnu (opisna) analizu (Lawless i Heymann, 2010).

Opći testovi razlike primjenjuju se kod određivanja razlika u proizvodu uslijed promjene sastojaka, procesa proizvodnje pakiranja ili skladištenja; određivanja da li sveopća razlika postoji, kada nije određen parametar po kojem će se ona gledati; selekcije i treninga panelista te promatranja njihovih sposobnosti da uoče razlike između uzoraka. U opće testove razlika ubrajaju se triangl test, duo-trio test, test „dva od pet“, jednostavni test razlika, test „A“-„ne A“, test „razlika od kontrolnog“, sekvencijalni testovi i testovi sličnosti. Testovi razlika u obilježjima služe za određivanje stupnja razlike između uzoraka i postoji li uopće razlika u jednoj određenoj karakteristici. Panelisti moraju biti pažljivo trenirani da prepoznaju odabrano obilježje, ne zahtijeva se da se uzorci vizualno ne razlikuju već samo u odabranom obilježju. U ovu skupinu testova spadaju test upoređenja u paru, test nizanja parova, test višestrukog upoređenja u paru, jednostavni test nizanja, test svrstavanja nekoliko uzoraka i test razlika na više uzoraka (Lawless i Heymann, 2010).

Testovi sklonosti dijele se na kvalitativne i kvantitativne. Kvalitativni testovi mjere subjektivni odgovor potrošača putem pojedinačnih razgovora, koriste se u procjeni potrošačke inicijalne reakcije te u studiji potrošačke terminologije za opisivanje novog proizvoda. Tipovi kvalitativnih testova: fokus grupe, fokus paneli, intervjui. Kvantitativni testovi sklonosti prikupljaju pojedinačne odgovore velike grupe potrošača na pitanja preferencije i senzorskih obilježja, te se koriste u određivanju sveukupne preferencije ili dopadanja proizvoda potrošaču. Kvantitativni testovi sklonosti dijele se na testove preferenci i testove prihvaćanja. Testovi prihvaćanja koriste se za određivanje sklonosti potrošača prema proizvodu, uz pomoć raznih hedonističkih ljestvica kojima se najbolje izražava stupanj neprihvatljivosti ili prihvatljivosti (Meilgaard i sur., 2007).

Deskriptivna analiza je analiza koja uključuje detekciju i opis svih kvalitativnih i kvantitativnih gledišta od strane panelista. Koristi se u razvoju novih proizvoda, za kontrolu kakvoće i osiguranje kakvoće, određivanja promjena tijekom skladištenja, itd. Kvalitativni elementi deskriptivne analize su vanjski izgled (boja, površina, veličina, oblik), karakteristike arome,

okusa, tekstura u ustima, karakteristike koje se osjete dodirrom i mjere intenzitet navedenih kvalitativnih elemenata (Lawless i Heymann, 2010).

Deskriptivna metoda

Metoda opisnih specifikacija poznata je još kao opsežna opisna metoda (Muñoz, 2002) i metoda deskriptivne analize (Lawless i Heymann, 1999). Temelj ove metode je razvoj senzornih specifikacija za gotove proizvode koje su ključni dio osiguranja kvalitete proizvoda. Specifikacije precizno prikazuju kako proizvod treba izgledati, mirisati i kakav okus treba imati te se lako mogu proširiti na određivanje teksture ako je to potrebno. Metoda je vrlo objektivna jer ne zahtijeva subjektivne prosudbe panelista o kvaliteti proizvoda te daje učinkovite rezultate koji se mogu povezati i s instrumentalnim i s potrošačkim mjerenjima (Kilcast, 2010). Može se provesti s prilično jednostavnim glasačkim listićem ili pomoću standardnog senzornog softvera (Kilcast, 2010).

Metoda može biti polukvantitativna ili kvantitativna. U kvantitativnoj metodi, ako mjerenja atributa nisu specificirana, senzorski analitičar proizvod smatra neprihvatljivim. Panelisti nisu svjesni razine intenziteta atributa ugrađene u specifikacije i stoga ne donose prosudbu o kvaliteti proizvoda. Oni djeluju kao instrument, a podaci koje dobivaju koriste kako bi se utvrdilo ispunjava li proizvod specifikacije. U polukvantitativnoj metodi panelist provjerava je li svaki atribut prisutan na ispravnoj razini. Podaci svakog panelista prosljeđuju se senzorskom analitičaru da odluči ispunjava li proizvod specifikacije (Kilcast, 2010).

Test nizanja (rangiranje)

Test nizanja ili rangiranja vrlo je jednostavan za postavljanje, panelistima je potrebno malo treninga i analiza je jednostavna, ali u pogledu procjene kvalitete nije posebno popularna metoda zbog načina na koji je senzorno pitanje postavljeno u ovom testu. Od panelista se traži da uzorke poredaju u odnosu na neki atribut/karakteristiku (BSI, 1989). Na primjer, od njih se može tražiti da ocjenjuju uzorke prema slatkoći ili kremoznosti. Budući da potencijalni problemi vezani za kvalitetu mogu biti usko vezani uz određene attribute, to može ograničiti korisnost ovog testa. Panelistima su prezentirana četiri ili pet uzorka nasumičnim redoslijedom te su ih oni dužni rangirati prema navedenom atributu. Za metode kvalitete jedan od uzoraka

mora biti provjerena kontrola, a u određenim prilikama može biti korisno imati i skrivenu kontrolu (Kilcast, 2010).

2.5.2. Protokoli senzorskih testova

Jasno definirani postupci i protokoli testiranja pomažu u održavanju konzistentne senzorske kvalitete. Pritom se mora pažljivo razmotriti područje ocjenjivanja, broj procjenitelja, učestalost ocjenjivanja, postupci uzorkovanja proizvoda, veličina uzorka, prezentacija uzorka, obrada uzorka, analiza podataka (Kilcast, 2010).

Okruženje u kojem se provodi senzorsko ispitivanje ima utjecaj ne samo na percepciju proizvoda, već i na psihološki način ukazuje na važnost ispitivanja. Korištenje istog namjenskog prostora za sve testove omogućava i konzistentne rezultate; soba utječe na prezentaciju proizvoda i izgled njegovih vizualnih karakteristika te može biti ugodna procjeniteljima (Kilcast, 2010).

U obzir treba uzeti brojne utjecaje okoline (ISO 8589, 1988), kao što su a) dosljedna rasvjeta tj umjetno svjetlo i iste vrste svjetala u sobi, u idealnom slučaju umjetno dnevno / sjeverno svjetlo fluorescentno, b) buka koja može odvratiti pozornost procjenitelja i utjecati na performanse, c) mirisi koji dolaze iz proizvodnog ili pripremnog prostora trebaju se svesti na minimum, d) dekoracija prostorije može utjecati na percepciju vizualnog izgleda pa se preporučuju neutralne boje (mat sivo bijele ili svijetlo neutralne sive), e) pojedinačne kabine za testiranje radi ograničavanja ometanja i izbjegavanja komunikacije između ocjenjivača, f) prostor za pripremu i skladištenje koji je dovoljan za potrebna ispitivanja da bi se uzorci na odgovarajući način prezentirali, a prostor za ispitivanje trebao bi biti lako dostupan.

U ocjenjivanju proizvoda mogu sudjelovati provjereni i osposobljeni ocjenitelji. Voditelji panela trebali bi voditi evidenciju o osjetljivosti ocjenjivača. Posebno bi se pokazali rezultati osjetljivosti za sve potencijalne onečišćujuće materijale u slučaju da bi se tijekom evaluacije utvrdila zabilješka. Ocjenjivači ne smiju jesti, piti ili pušiti prije sesije ocjenjivanja, upotrebljavati jake mirise ili imati jaku prehladu. Također, svaki ocjenjivač različito reagira na ispitne proizvode, što ovisi o osjetljivosti, preference, raspoloženju, poznavanju proizvoda, doba dana i slično. Obuka će pomoći u uspostavljanju objektivnijeg načina ocjenjivanja proizvoda (Kilcast, 2010).

Predstavljanje uzoraka treba biti dosljedno; koristeći dosljedne metode pripreme za isporuku istog volumena uzoraka, na istoj temperaturi i na isti način tijekom svake evaluacije

Ocjenjivači bi trebali postupati s uzorcima na isti način tijekom svakog ispitivanja. Postupci ispitivanja za uzorkovanje proizvoda trebaju biti dokumentirani. Unutar jednog testa, bilo bi idealno da ista osoba priprema uzorke. Količina testiranih uzoraka trebala bi biti minimalna, posebno uzorci s jakim okusima ili kiseli proizvodi. Također, treba uzeti u obzir vrijeme koje će ocjenjivač izdvojiti za ispitivanje. Za osvježavanje nepca ocjenjivač između svakog uzorka treba koristiti odgovarajuće proizvode za čišćenje nepca (keksi, kruh ili limunov sok za masne proizvode, krastavac ili jogurt za začinjene proizvode, mlijeko za kisele proizvode i mrkvu za proizvode meke teksture). Nakon sredstva za čišćenje nepca ocjenjivač treba popiti vodu (Kilcast, 2010).

3. EKSPERIMENTALNI DIO

3.1. MATERIJALI

3.1.1. Sirovine

Sirovine korištene za pečenje bezglutenskog kruha su sljedeće: bijelo rižino brašno (Naše Klasje, Hrvatska), posije prosa sorte Sonček (Mlinopek, Slovenija), maslac (Dukat, Hrvatska), sitna kuhinjska sol (Paška solana, Hrvatska), šećer (Viro d.o.o., Hrvatska), suhi pekarski kvasac di-go (Kvasac d.o.o., Hrvatska), vodovodna voda te ksilanaza (BIO-CAT, Virginia, SAD). Korištene posije prosa, iz uroda 2018. godine, rezultat su industrijskog procesa ljuštenja i prosijavanja na situ otvora 0,5 mm te su dodatno usitnjene na ciklomlinu čime je dobivena „srednja“ veličina čestica. Ksilanaza je porijeklom iz *Trichoderma longibrachiatum*, aktivnosti 1000 XU g⁻¹.

Sirovine korištene za pečenje keksa pogodnih za osobe oboljele od dijabetesa su: integralno pšenično brašno (Farina, Granolio, Hrvatska), maltitol (Sweet pearl P200, Roquette, Francuska), prašak za pecivo (Podravka, Hrvatska), maslac (Dukat, Hrvatska), posije običnog prosa (frakcija veličine čestica <500 µm) (Mlinopek, Slovenija, sorta Sonček, godina 2017), ljuske heljde (veličina čestica <56 µm) (Mlin Pukanić, Hrvatska; *F. esculentum*, sorta Ljiljana, godina 2017), fungalna ksilanaza VERON XL (AB Enzymes, Njemačka). Tablica 1 prikazuje kemijski sastav brašna i posija.

Tablica 1. Kemijski sastav korištenih brašna i posija (gram na 100 grama suhe tvari, srednja vrijednost ± standardna devijacija)

| | Integralno pšenično brašno | Rižino brašno | Posije prosa | Ljuske heljde (veličina čestica <56 µm) |
|-----------------------|----------------------------|---------------|--------------|---|
| <i>Masti</i> | 1,84±0,02 | - | 8,96±0,05 | 0,42±0,03 |
| <i>Ugljikohidrati</i> | 69,81±0,18 | - | 26,33±0,43 | - |
| <i>Proteini</i> | 12,64±0,03 | 9 | 13,90±0,04 | 3,56±0,03 |
| <i>Pepeo</i> | 1,20±0,01 | 0,33 | 5,77±0,01 | 2,00±0,02 |
| <i>Vlakna</i> | 14,51±0,18 | - | 36,20±0,24 | 89,64±0,06 |

3.1.2. Uzorci

U ovom diplomskom radu analizirano je 5 vrsta keksa namijenjenih oboljelima od dijabetesa i 3 vrste bezglutenskog kruha. Keksi su se razlikovali po vrsti dodanog brašna, ksilanazom tretiranih ili ne tretiranih posija prosa te veličini čestica posija prosa. Keksi pod oznakom „0“

dobiveni su od integralnog pšeničnog brašna i dodatkom maltitola te su uspoređivani s keksima u kojima je u određenom udjelu zamijenjeno integralno pšenično brašno te s dodatkom tretiranih ili ne tretiranih posija prosa. Nadalje, keksi pod oznakom „PN“ u kojima je 10 % integralnog pšeničnog brašna zamijenjeno ciklomljevenim posijama prosa namakanim bez dodatka enzima te je 2 % brašna zamijenjeno ljuskama heljde. Zatim, uzorci s oznakom „PNE“ u kojima je 10 % brašna zamijenjeno ciklomljevenim posijama prosa namakanim uz dodatak enzima te je 2 % brašna zamijenjeno ljuskama heljde. U uzorcima pod oznakom „PK“ 10 % brašna zamijenjeno je kriomljevenim posijama prosa namakanim bez dodatka enzima i 2 % brašna zamijenjeno je ljuskama heljde, dok je kod uzoraka pod oznakom „PKE“ 10 % brašna zamijenjeno kriomljevenim posijama prosa namakanim uz dodatak enzima i 2 % brašna je zamijenjeno ljuskama heljde.

Vrste bezglutenskog kruha koje su analizirane bile su kruh od rižinog brašna (kontrolni), kruh od rižinog brašna s dodatkom posija prosa i kruh od rižinog brašna s dodatkom posija prosa i ksilanaze. Na osnovu rezultata iz diplomskog rada Štrkalj L. (2019) za pokuse usporedbe s kontrolnim rižinim kruhom odabrane su recepture s posijama srednje veličine čestica bez i s dodatkom ksilanaze, na osnovu najvećeg udjela vlakana i najboljih fizikalnih svojstava kvalitete uz produktivnost i ekonomičnost procesa mljevenja.

3.2. METODE RADA

3.2.1. Postupak izrade kruha

Prije početka izrade kruha, posije prosa (sa i bez dodatka ksilanaze) namočene su u vodi u omjeru 1:2,5 u plastičnoj posudici. Dobivena mješavina stavljena je u vodenu kupelj (SBS40, Stuart, UK), na temperaturu od 55 °C i vremenskom trajanju od 16 sati.

Izrada kruha započinje miješanjem rižinog brašna, posija (osim u kontrolnom kruhu) i vode u kuhinjskoj miješalici (EKM4000, Electrolux, Francuska). Nakon miješanja u trajanju od 20 minuta, pri brzini 5-6, dodani su šećer, suhi kvasac, maslac i sol te se miješanje nastavlja još 20 minuta, pri istoj brzini. Dobiveno tijesto podijeljeno je u 16 silikonskih kalupa, a odvaga je iznosila $110 \pm 0,5$ g po komadu. Slijedi fermentacija, provedena u fermentacijskoj komori (GS1 ED 60/40 0600_A-BJDBA, Wieshau, Njemačka) pri 40 °C / 85 % relativne vlažnosti u trajanju

od 40 minuta. Posljednji korak je pečenje pri temperaturi 200 °C gornjeg grijača i 190 °C donjeg grijača, u trajanju od 18 minuta.

Senzorske analize kruha i keksa provedene su u skladu s normama ISO 6658:2017 i ISO 8589:2007.

3.2.1.1. Senzorska analiza kruha

Provedene senzorske analize uključivale su deskriptivnu analizu, hedonističku analizu i test nizanja po preferenciji, na 16 ispitanika prema metodi Svensson (2012). Slike 4 i 5 prikazuju primjer testova, a slika 6 prikazuje na koji je način to provedeno u laboratoriju.

Ime i prezime: _____

Datum: _____

Odredite u svim uzorcima **intenzitet pojedinog senzorskog svojstva** na skali od **0 do 10**, gdje je:

- 0** – potpuno neizraženo
- 5** – srednje izraženo
- 10** – naročito visoko izraženo

| Svojstvo | | 885 | 256 | 114 |
|-----------------|--|-----|-----|-----|
| Izgled | Boja kore | | | |
| | Ispucalost kore | | | |
| | Boja sredine | | | |
| | Ujednačenost raspodjele pora | | | |
| Miris | Po sirovom tijestu | | | |
| | Po kuhanoj riži | | | |
| | Po vlažnim žitaricama | | | |
| | Po svježem kruhu | | | |
| Okus | Slatko | | | |
| | Slano | | | |
| | Kiselo | | | |
| | Gorko | | | |
| Aroma | Sirovo tijesto | | | |
| | Riža | | | |
| | Žitarice | | | |
| | Svježi kruh | | | |
| | Prašnjavo, zagušljivo | | | |
| Tekstura | Mrvljivost na dodir, količina mrvica nakon prelaska prstom 3 puta u istom smjeru po površini sredine | | | |
| | Vlažnost pri žvakanju | | | |
| | Tvrdoća sila potrebna za zagriz kroz sredinu s prednjim | | | |
| | Žvakljivost sila potrebna za pripremu zalogaja za gutanje | | | |
| | Ljepljivost sila potrebna za uklanjanje s nepca, zubiju i jezika | | | |
| | Zrnatost osjet veličine i oblika čestica koji zaostane nakon gutanja | | | |
| Naknadno | Naknadni gorki okus | | | |

Slika 4. Deskriptivni test za kruh (Heitmann i sur., 2017)

Ime i prezime:

Datum:

Hedonistička senzorska analiza sveukupnog doživljaja kruha

Na ljestvici od 1 do 9 ocijenite uzorak s obzirom na sveukupni doživljaj, pri čemu je značenje ocjena:

- 1 – izrazito mi se ne sviđa,
- 2 – veoma mi se ne sviđa,
- 3 – umjereno mi se ne sviđa,
- 4 – neznatno mi se ne sviđa,
- 5 – niti mi se sviđa, niti mi se ne sviđa,
- 6 – neznatno mi se sviđa,
- 7 – umjereno mi se sviđa,
- 8 – veoma mi se sviđa,
- 9 – izrazito mi se sviđa.

| Uzorak | 885 | 256 | 114 |
|-----------------|------------|------------|------------|
| Ocjena sviđanja | | | |

Test nizanja po preferenciji

Poredajte uzorke od onog kojeg sveobuhvatno najviše preferirate do najmanje poželjnog, pri čemu je:

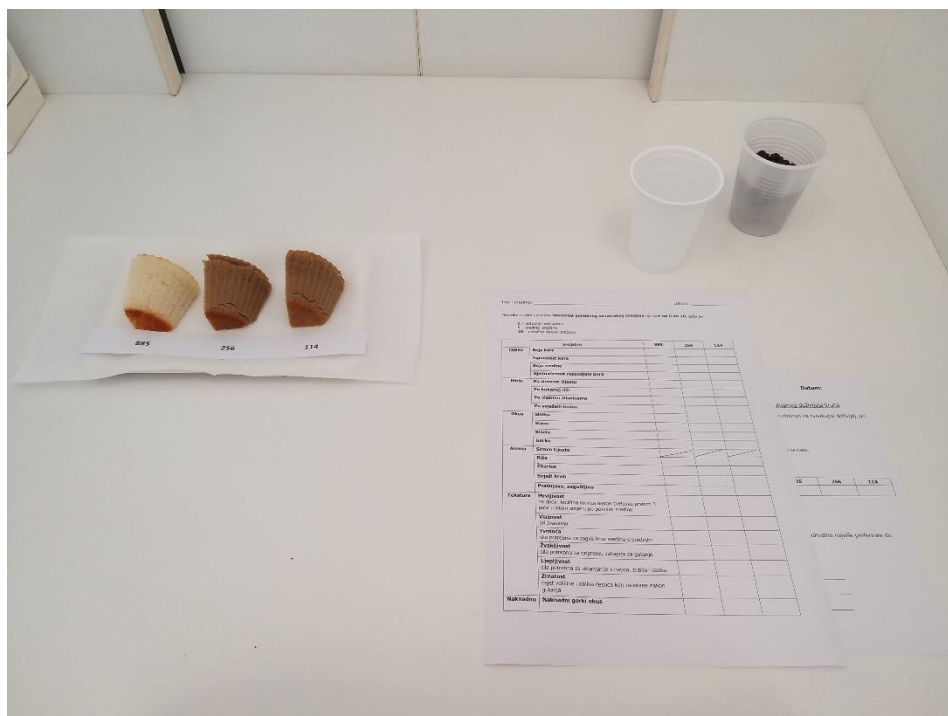
- 1 - najviše preferiram
- 3 - najmanje preferiram

885 _____

256 _____

114 _____

Slika 5. Hedonistički test i test nizanja po preferenciji za kruh (Hager i sur., 2012)



Slika 6. Primjer provedenih testova u laboratoriju (vlastita fotografija)

3.2.2. Postupak izrade kekxa

Prvi korak u pripremi sastojaka za zamjes, bio je prosijavanje krutih sastojaka (integralno brašno, maltitol, šećer u prahu, prašak za pecivo) kroz sito veličine pora $<500 \mu\text{m}$. Prosijavanjem posija prosa također je dobivena frakcija veličine čestica $<500 \mu\text{m}$. Radi smanjenja voluminoznosti, ljuske heljde samljevene su na ultracentrifugalnom mlinu, nakon čega su usitnjene na kriomlinu (Retsch, Austrija) u jednom ciklusu u trajanju od 4 min pri frekvenciji od 30 Hz uz automatsko prethlađenje. Nadalje, ljuskice heljde prosijane su na veličinu čestica $<56 \mu\text{m}$. S obzirom na to da je istraživanje pokazalo kako se na toj frakciji značajno povisio udio bioaktivnih komponenti, rutina i topljivih vlakana, ona je odabrana za korištenje u daljnjoj izradi kekxa.

Pokazalo se da se kriomljevenjem povećava udio topljivih vlakana i antioksidacijska vrijednost u posijama prosa (Habuš, 2018), stoga je druga faza istraživanja obuhvatila mljevenje prosijanih frakcija posija prosa na kriomlinu (Retsch, Austrija) u jednom ciklusu mljevenja, u trajanju od 8 minuta. Posije prosa namakane su u 2,5 puta većoj količini vode u odnosu na masu korištenih posija, bez/s dodatkom enzima ksilanaze. Zatim, namakane posije prosa hidrolizirane su u vodenoj kupelji uz trešnju, tijekom 24 sata pri temperaturi od $30 \text{ }^\circ\text{C}$. Tretiranje posija ksilanazom (dodana je fungalna ksilanaza u količini od 0,0005 grama na 1

gram posija prosa) provedeno je radi smanjenja njihove gorčine. Recepture keksa prikazane su u tablici 2.

Tablica 2. Sastav keksa

| Sastojak | Keks 0 | Keks PK/PN | Keks PKE/PNE |
|--|---------------|-----------------------|-------------------------|
| <i>Integralno pšenično brašno (g)</i> | 100 | 88 | 88 |
| <i>Pogača bučinih koštica (g)</i> | - | - | - |
| <i>Ljuske heljde</i> | - | 2 | 2 |
| <i>Posije običnog prosa – nativne (N) ili kriomljevene (K) (g)</i> | - | 10 | 10 |
| <i>Šećer u prahu (g)</i> | - | - | - |
| <i>Maltitol u prahu (g)</i> | 30 | 30 | 30 |
| <i>Maslac (g)</i> | 25 | 23,9 | 23,9 |
| <i>Prašak za pecivo (g)</i> | 2,4 | 2,4 | 2,4 |
| <i>Sol (g)</i> | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| <i>Voda (ml)</i> | 25 | 25 | 25 |
| <i>Ksilanaza</i> | | | 0,005 |

***KEKS 0** – integralni pšenični keks; **KEKS PN** - 10% brašna zamijenjeno ciklomljevenim posijama prosa namakanim bez dodatka enzima + 2 % brašna zamijenjeno ljuskama heljde; **KEKS PNE** - 10% brašna zamijenjeno ciklomljevenim posijama prosa namakanim uz dodatak enzima + 2 % brašna zamijenjeno ljuskama heljde; **KEKS PK** - 10% brašna zamijenjeno kriomljevenim posijama prosa namakanim bez dodatka enzima + 2 % brašna zamijenjeno ljuskama heljde; **KEKS PKE** - 10% brašna zamijenjeno kriomljevenim posijama prosa namakanim uz dodatak enzima + 2 % brašna zamijenjeno ljuskama heljde

U kuhinjskom mikseru (EKM4000, Electrolux, Švedska), prema modificiranoj AACCC metodi 10-50D, pripravljeno je tijesto za kekse. Prvi korak u pripremi tijesta bio je miješanje prosijanog maltitola i usitnjenog maslaca, u trajanju od 3 minute, na brzini 1 te uz struganje stijenki miksera svakih 30 sekundi. Nadalje, mješavini je dodana točno određena količina vode, po jednu minutu na brzini 1 i zatim na brzini 3, te su nakon toga dodani i ostali suhi sastojci uz miješanje na brzini 1, u trajanju od 2 minute. Dobiveni tjesteni komad ostavljen je u hladnjaku 30 minuta i potom razvaljan na debljinu 3 mm te izrezan kalupom promjera 6 cm. Pečenje keksiju trajalo je 8 minuta, na temperaturi 180 °C u konvektomatu (Bistrot 664, BEST FOR,

Italy), nakon čega su ohlađeni na sobnu temperaturu. Rezultat pečenja keksa prikazan je na slici 7. Konačno, keksi su zapakirani i čuvani na -18 °C do provođenja kemijskih analiza.



Slika 7. Izgled uzoraka keksa nakon pečenja

***KEKS 0** – integralni pšenični keks; **KEKS PN** - 10% brašna zamijenjeno ciklomljevenim posijama prosa namakanim bez dodatka enzima + 2 % brašna zamijenjeno ljuskama heljde; **KEKS PNE** - 10% brašna zamijenjeno ciklomljevenim posijama prosa namakanim uz dodatak enzima + 2 % brašna zamijenjeno ljuskama heljde; **KEKS PK** - 10% brašna zamijenjeno kriomljevenim posijama prosa namakanim bez dodatka enzima + 2 % brašna zamijenjeno ljuskama heljde; **KEKS PKE** - 10% brašna zamijenjeno kriomljevenim posijama prosa namakanim uz dodatak enzima + 2 % brašna zamijenjeno ljuskama heljde

3.2.2.1. Senzorska analiza keksa

Kao najpouzdanija metoda procjene prihvatljivosti određenog proizvoda, provedena je senzorska analiza s ciljem odabira recepture keksa bez šećera. U deskriptivnoj i hedonističkoj analizi sudjelovalo je 15 treniranih senzoričara, zaposlenika Prehrambeno-biotehnološkog fakulteta (13 žena i 2 muškarca) te su bili upoznati s informacijom da se radi o keksima od integralnog brašna. Keksi, označeni šiframa, bili su servirani na bijelom papiru, a uz njih je i

poslužena voda koja se koristila za ispiranje usta nakon svake konzumacije. Hedonistička analiza sadržavala je pojedine karakteristike keksa, koje su panelisti ocjenjivali prema skali od 1 do 9 gdje je: **1** – izrazito mi se ne sviđa, **2** – veoma mi se ne sviđa, **3** – umjereno mi se ne sviđa, **4** – neznatno mi se ne sviđa, **5** – niti mi se sviđa, niti mi se ne sviđa, **6** – neznatno mi se sviđa, **7** – umjereno mi se sviđa, **8** – veoma mi se sviđa, **9** – izrazito mi se sviđa. Ocjenjivane karakteristike keksa bile su: vanjski izgled, miris, okus i aroma, tekstura u ustima i sveukupni doživljaj. Kroz deskriptivnu senzorsku analizu ocjenjivan je intenzitet pojedinih karakteristika keksa, prikazanih u tablici 3, na skali od 0 do 10 gdje je: **0** – potpuno neizraženo svojstvo, **5** – srednje izraženo svojstvo, **10** – naročito visoko izraženo svojstvo.

Tablica 3. Deskriptivna senzorska analiza (keksi) (Milićević, 2018)

| | |
|-------------------|---|
| Vanjski izgled | Intenzitet smeđe boje |
| | Hrapavost površine |
| | Cijelo zrno žitarice |
| | Maslac |
| Miris | Užeglo |
| | Slatko |
| | Gorko |
| | Mliječno |
| Okus i aroma | Zemljano |
| | Užeglo |
| | Oporo |
| | Naknadni gorki okus |
| Tekstura u ustima | Tvrdoća Sila potrebna za pregristi keks prednjim zubima |
| | Hrskavost Zvuk koji nastaje tijekom žvakanja kutnjacima |
| | Zrnatost/granuliranost Osjet veličine i oblika čestica (veće čestice - veća zrnatost) |
| | Topljivost Potrebno žvakanje dok se keks ne raspadne (više žvakanja - manja topljivost) |
| | Oblaganje zuba Sila potrebna za uklanjanje keksa zalijepljenih na zube |

4. REZULTATI I RASPRAVA

Cilj ovog rada bio je ispitati senzorska svojstva bezglutenskog kruha i keksa bez šećera s dodatkom posija prosa i ksilanaze. Uzorci su se razlikovali po varijacijama kombinacije pojedinih sastojaka točnije za oba proizvoda napravljen je kontrolni uzorak bez dodatka posija prosa i ksilanaze, a ostali uzorci kao što je spomenuto u poglavlju 3.2.1. i 3.2.2. sadržavali su različiti udio ili vrstu pojedinih sastojaka.

Ovo poglavlje donosi prikaz rezultata koji su dobiveni provođenjem deskriptivne analize (boja kore/intenzitet boje, ispucalost/hrapavost, slatko/slano/kiselo/gorko, mrvljivost, prašnjavost, vlažnost, tvrdoća, ljepljivost, znatost, naknadni gorki okus, itd.), hedonističke analize (vanjski izgled, miris, okus i aroma, tekstura u ustima, sveukupni doživljaj) i testa nizanja po preferenciji ovisno o dodatku posija prosa i njihovom tretmanu ksilanazom.

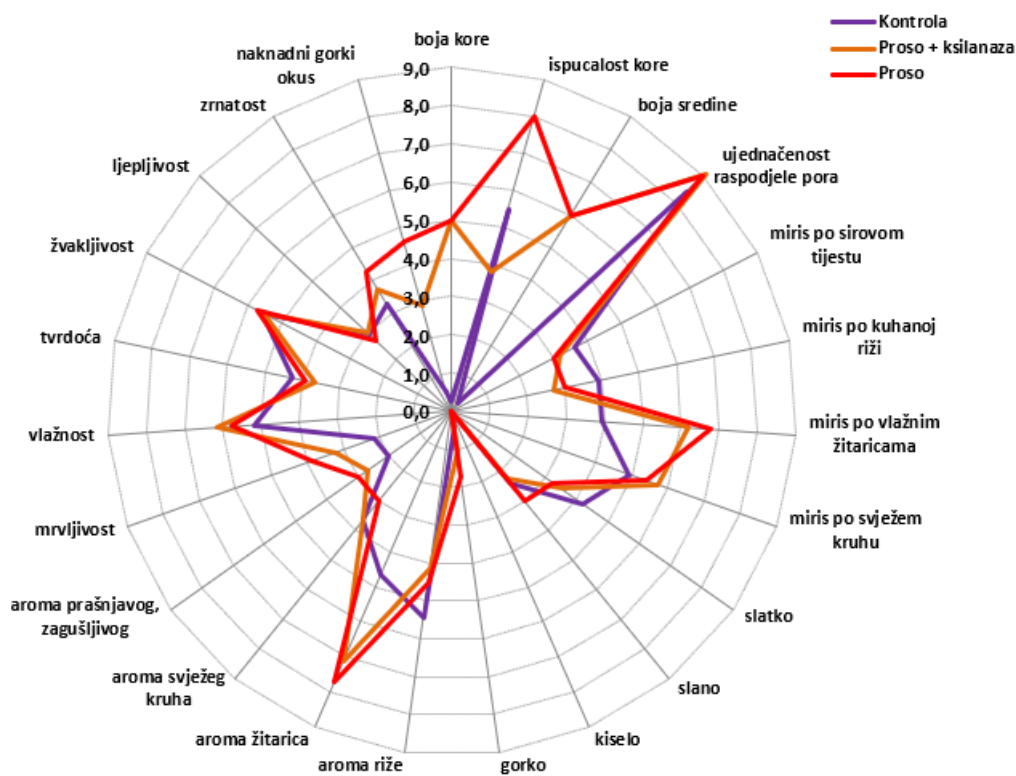
Rezultati istraživanja provedenih na bezglutenskom kruhu i keksima bez šećera s dodatkom drugih vrsta posija korišteni su u raspravi ovog diplomskog rada kako bi se njihovom usporedbom mogli donijeti jasniji zaključci.

4.1. SENZORSKA SVOJSTVA BEZGLUTENSKOG KRUHA

Općenito, jedan od glavnih izazova u proizvodnji bezglutenskih proizvoda s neuobičajenim sastojcima jest njihovo prihvaćanje od strane potrošača. Ta činjenica ne iznenađuje s obzirom na to da izgled proizvoda, aroma, okus i tekstura igraju ključnu ulogu u odabiru i kupnji istog (Rybicka i sur., 2019). Ocjene za bezglutenski kruh od strane potrošača koji su na bezglutenskoj prehrani bile su značajno veće od ocjena koje su davali potrošači koji konzumiraju gluten (Rybicka i sur., 2019). Najniži rezultati odnosili su se na boju kore, posebno za kontrolni uzorak. Najvišu ocjenu za okus imao je kruh s dodatkom kvinoje. Kao što su primijetili i Laureati i sur. (2012) na prihvaćanje konačnog proizvoda, za pojedince koji konzumiraju ili ne konzumiraju gluten, najviše je utjecao njegov okus i aroma s praktički zanemarivim učinkom poroznosti i debljine mrvica (Rybicka i sur., 2019).

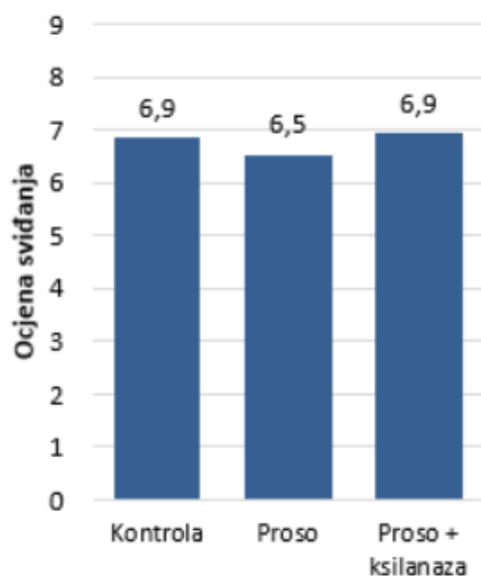
Prema rezultatima deskriptivne analize (slika 8), osim tamnije boje kore i sredine kruha, uzrokovane dodatkom posija prosa, neki od pozitivnih učinaka koje su imale utjecaj na kruh su sljedeće: ujednačenija raspodjela pora, povećanje intenziteta slanog okusa, manji intenzitet mirisa po sirovom tijestu i kuhanoj riži, a veći intenzitet mirisa po vlažnim žitaricama i svježem kruhu i arome žitarica. S druge strane, negativni učinci su bili veća ispucalost kore kruha,

zmanjenje intenziteta slatkog, a povećanje gorkog i naknadnog gorkog okusa, dok je utvrđen manji intenzitet arome riže i svježeg kruha, a veći intenzitet nepoželjne arome prašnjavog i zagušljivog. Također, dodatak posija prosa utjecao je i na teksturu kruha: tvrdoća sredine se smanjila, a povećala se mrvljivost, vlažnost i zrnatost.

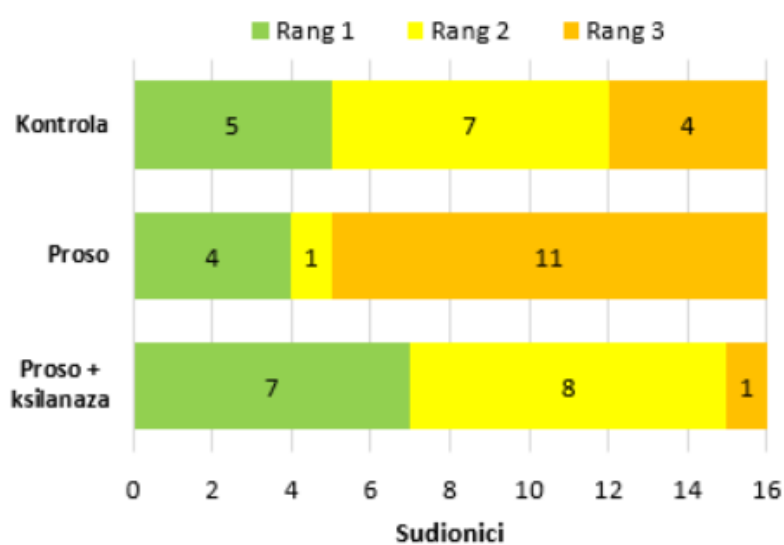


Slika 8. Deskriptivna analiza bezglutenskog kruha ovisno o dodatku posija prosa i tretmanu ksilanazom u odnosu na kontrolni bijeli rižin kruh (n = 16)

Rezultati hedonističke analize (slika 9) i testa nizanja po preferenciji (slika 10) pokazali su kako se s dodatkom posija prosa smanjila prihvatljivost bezglutenskog kruha.



Slika 9. Hedonistička analiza kruha ovisno o dodatku posija prosa i tretmanu ksilanazom u odnosu na kontrolni bijeli rižin kruh (n = 16)



Slika 10. Nizanje po preferenciji ovisno o dodatku posija prosa i tretmanu ksilanazom u odnosu na kontrolni bijeli rižin kruh (n = 16)

Na slici 11 vidljiva je promjena boje kruha s dodatkom posija prosa u odnosu na rižin kruh, te smanjenje ispucalosti kore kod kruha s dodatkom tretiranih posija prosa.

U radu Föste i sur. (2014), provedeno je istraživanje utjecaja posija kvinoje na senzorske karakteristike bezglutenskog kruha. Kao što je već prethodno spomenuto, bezglutenski kruh na bazi rižinog ili kukuruznog brašna posjeduje blijedo žućkastu boju, a dodatak posija kvinoje

uzrokovao je poželjan nastanak tamnije boje kruha isto kao što to uzorkuje i dodatak posija prosa. Također, kruh je ocijenjen kao kruh s pojačanim olfaktornim dojmom. Ta dva efekta pripisuju se većoj proteolitičkoj i amilolitičkoj aktivnosti, promovirajući proizvodnju slobodnih aminokiselina ili jednostavnih saharida. Tijekom pečenja ovi supstrati mogu se transformirati u spojeve arome kroz razne biokemijske procese i toplinske reakcije. Stoga, sinteza spojeva Maillardove reakcije objašnjenje su za nastanak tamnije kore i pojačanog mirisa bezglutenskog kruha s posijama kvinoje. Uz to, u radu je spomenuto da prehrambena vlakna utječu na osjećaj u ustima i otpuštanje okusa te da se dodavanjem različitih vrsta posija pojačava okus. Panelisti su utvrdili značajne razlike u sočnosti između kontrole na bazi škroba i kruha s dodatkom posija. Ovisno o količini posija kvinoje, bezglutenski kruh ocjenjuje se kao sočniji. Objašnjenje za to moglo bi biti veća sposobnost vezanja vode za posije kvinoje. Nadalje, prekomjerna količina posija (40 %) značajno je pojačala gorki okus i pojavu neugodne arome što je negativno utjecalo na opću prihvatljivost, što je bio slučaj i kod dodatka posija prosa. Farfan i sur. (1983) zemljani okus kvinoje pripisuju njenom sadržaju poliamina odnosno dušikovih spojeva. Procijenjeno je da bezglutenski kruh s 10 % posija kvinoje ima mekšu teksturu te da se povećanjem njihovog udjela povećava i čvrstoća (Föste i sur., 2014).



Slika 11. Vanjski izgled rižinog kruh (885), kruh s dodatkom posija prosa tretiranih enzimom (256) i kruh s dodatkom netretiranih posija prosa (114)

U ovom istraživanju, smanjenje negativnog utjecaja dodatka posija prosa na senzorska svojstva kruha postignuto je njihovim predtretmanom ksilanazom. Vidljivo je kako je utvrđena manja

ispucalost kore, mrvljivost i zrnatost kruha s dodatkom posija prosa u slučaju dodatka posija obrađenih ksilanazom. Osim toga, primijećen je manji intenzitet gorkog i naknadnog gorkog okusa, kao i arome prašnjavog i zagušljivog. Smanjenje intenziteta mirisa po vlažnim žitaricama, arome žitarica i riže, slanog okusa te povećanje intenziteta poželjnog mirisa i arome svježeg kruha također su posljedica dodatka enzimski tretiranih posija prosa. Konačno, rezultati hedonističke analize pokazali su kako je porasla i njegova prihvatljivost u odnosu na kruh s dodatkom netretiranih posija prosa te se njegova ocjena sviđanja („umjereno mi se sviđa“) ne razlikuje u odnosu na kruh bez dodatka posija. Test nizanja po preferenciji pokazao je kako je kruh s dodatkom posija prosa obrađenih ksilanazom najviše preferirani kruh, a slijedio je kontrolni kruh te naposljetku kruh s dodatkom enzimski netretiranih posija prosa (zbroy rangova 26, 31 i 39, pri čemu manji zbroj označava više rangirani kruh). S obzirom na to da djelovanje ksilanaze na kruh ima brojne pozitivne učinke, nije iznenađujuć poredak kruha po preferenciji. Ksilanaze (hemicelulaze) i enzimi koji hidroliziraju složenu staničnu stijenku, koriste se za poboljšanje rukovanja tijestom i njegovih svojstava, za poboljšanje kvalitete kruha i produljenje roka trajnosti. Poboljšana svojstva rukovanja i stabilnosti tijesta dobivena su djelovanjem ksilanaze na topljive i netopljive pentozane u brašnu, čime se poboljšava elastičnost glutenske mreže, struktura sredine i volumen kruha. Osim toga, značajno se poboljšavaju uvjeti proizvodnje jer je tijesto pogodno za strojeve za koje se više ne lijepi. Ksilanaza ne utječe na boju kruha, smanjuje tvrdoću i gumenost i pridonosi uklanjanju upotrebe kemijskih aditiva. Može se koristiti za sve vrste kruha kao alternativa emulgatora ili s njima u kombinaciji. Najvažnija mjera kvalitete kruha je konačni volumen kruha koji se povećava djelovanjem ksilanaze (Schoenlechner i sur., 2013). U radu Phimolsiripola i sur. (2012), dokazano je da su upotrebom rižinih posija za obogaćivanje bezglutenskog kruha poboljšane senzorske karakteristike i fizikalno-kemijski i nutritivni profil. Osim toga, istraživanje je pokazalo da je takav kruh više preferiran od strane panelista u odnosu na kontrolni kruh, dok je u ovom radu smanjena prihvatljivost bezglutenskog kruha s dodatkom posija prosa zbog pojave gorkog okusa, a kontrolni kruh i bezglutenski kruh s dodatkom posija prosa tretiranih ksilanazom jednako su ocijenjeni.

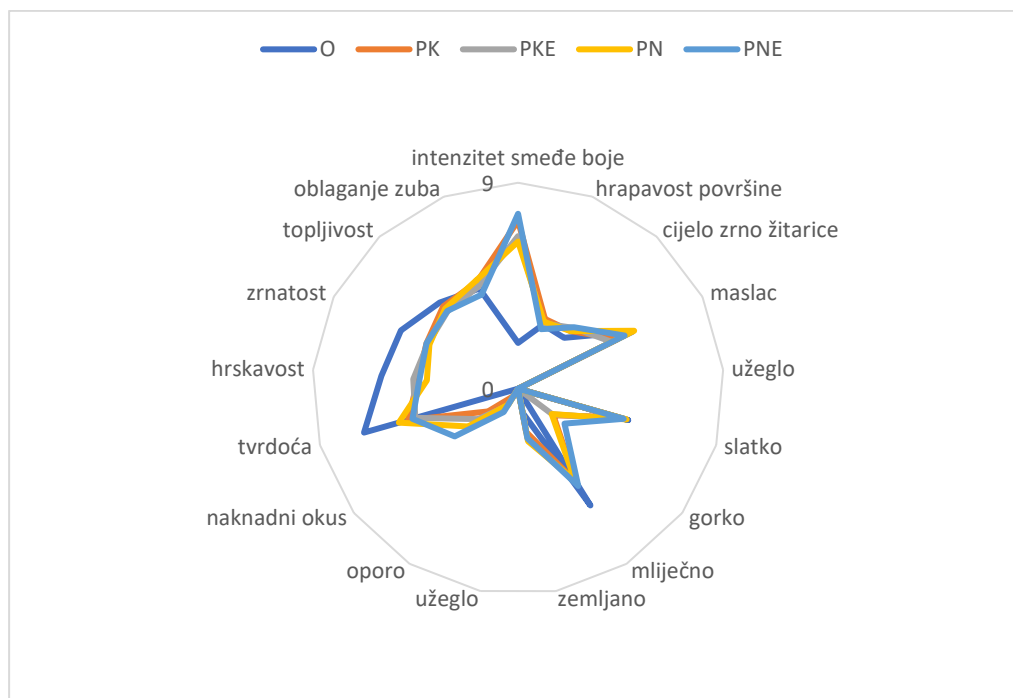
4.2. SENZORSKA SVOJSTVA KEKSA BEZ ŠEĆERA

Senzorska svojstva keksa analizirana su s obzirom na veličinu čestica dodanih posija prosa i njihove obrade ksilanazom. U prethodno provedenim istraživanjima pokazalo se da kriomljevene posije prosa imaju pozitivan učinak na bioaktivni profil i topljiva vlakna posija te se daljnje istraživanje provodi radi ispitivanja njihove prihvatljivosti u odnosu na netretirane posije (Habuš, 2018). Posije su bile namočene i tretirane ksilanazom kako bi se smanjila nepoželjna gorčina proizvoda koju uzrokuju. Uspoređene su 4 različite recepture keksa: keksi s običnim posijama prosa (PN); keksi s kriomljevenim posijama prosa (PK); keksi s običnim posijama prosa tretiranim ksilanazom (PNE); keksi s kriomljevenim posijama prosa tretiranim ksilanazom (PKE). Keks iz integralnog pšeničnog brašna s maltitolom bio je kontrolni uzorak (Keks 0).

Provedena deskriptivna senzorska analiza (slika 12) pokazala je da je dodatkom posija prosa (uzorak PN) došlo do poželjnih promjena u keksima, kao što je povećanje intenziteta smeđe boje, smanjenje tvrdoće, hrskavosti i znatosti. Nepoželjna izraženost gorkog i zemljanog okusa znatno se povećala, okus po maslacu i slatkoća gotovo su nepromijenjene, dok se poželjan mliječni okus smanjio. Neke od navedenih promjena senzorskih svojstava keksa s običnim posijama prosa (uzorak PN) dodatno su se promijenile kod uzorka koji sadrži kriomljevene posije (PK). Intenzitet smeđe boje, hrapavost površine i gorki okus izraženiji su kod uzorka PK u odnosu na uzorak PN. Izraženost okusa po maslacu, slatkoća, zemljani okus i naknadni okus smanjeni su dodatkom kriomljevenih posija prosa. Poželjan mliječni okus je izraženiji, a tvrdoća manja kod uzorka PK. Razlog manjeg intenziteta tvrdoće keksa je veličina čestica posija prosa, što je potvrđeno i analizom koja je pokazala da je tvrdoća manja kod keksa s kriomljevenim posijama prosa (PK i PKE), dok je intenzitet hrskavosti veći kod istih, u odnosu na kekse s običnim posijama prosa (PN i PNE).

Od svih navedenih ispitivanih karakteristika, gorčina u uzorku PKE smanjila se dodatkom ksilanaze kriomljevenim posijama prosa, u odnosu na uzorak PK koji ne sadrži ksilanazu. Takav ishod nije se dogodio dodatkom enzima ksilanaze u neusitnjene posije prosa u uzorku PNE. Dodatak ksilanaze u predtretmanu namakanja posija prosa utjecao je i na izraženost zemljanog okusa koji se smanjio u keksima neovisno o veličini čestica. Bolja izraženost

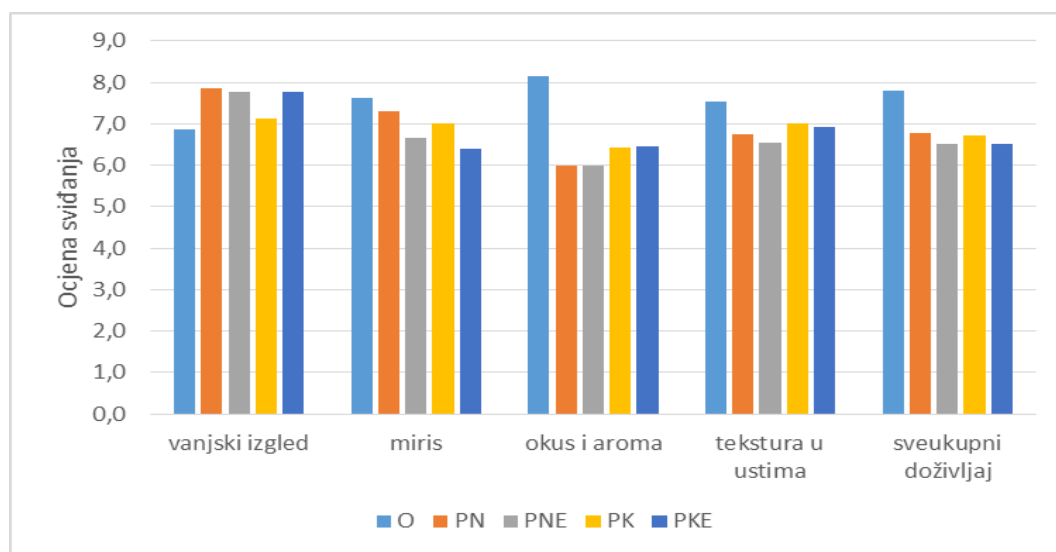
poželjnog mliječnog okusa je utvrđena kod uzorka PKE u odnosu na PK, dok je u odnosu na uzorak PNE ta izraženost približno ista.



Slika 12. Rezultati deskriptivne senzorske analize keksa bez šećera

***0** – integralni pšenični keks; **PN** - 10% brašna zamijenjeno ciklomljevenim posijama prosa namakanim bez dodatka enzima + 2 % brašna zamijenjeno ljuskama heljde; **PNE** - 10% brašna zamijenjeno ciklomljevenim posijama prosa namakanim uz dodatak enzima + 2 % brašna zamijenjeno ljuskama heljde; **PK** - 10% brašna zamijenjeno kriomljevenim posijama prosa namakanim bez dodatka enzima + 2 % brašna zamijenjeno ljuskama heljde; **PKE** - 10% brašna zamijenjeno kriomljevenim posijama prosa namakanim uz dodatak enzima + 2 % brašna zamijenjeno ljuskama heljde

Rezultati hedonističke senzorske analize keksa, prikazani na slici 13, pokazali su da svi keksi obogaćeni posijama prosa i ljuskama heljde imaju bolje ocijenjeno svojstvo vanjskog izgleda u odnosu na kontrolni uzorak, te je njihova prosječna ocjena za izgled 7,8. Svojstvo mirisa najbolje ocijenjeno je imao kontrolni keks 0 (7,6), slijedio je uzorak PN (7,3), dok je keks PKE imao najlošije ocijenjeno svojstvo mirisa (6,4). Najbolju ocjenu za svojstvo okusa i arome imao je također kontrolni keks 0 (8,2) dok ostali uzorci imaju ocjenu oko 6. Također, kontrolni keks 0 ima i najbolje ocijenjeno svojstvo teksture u ustima. Najbolje ocijenjen sveukupni doživljaj nakon kontrolnog integralnog keksa 0 (7,8) ima keks PN (6,8).



Slika 13. Rezultati hedonističke senzorske analize keksa bez šećera

***0** –integralni pšenični keks; **PN** - 10% brašna zamijenjeno ciklomljevenim posijama prosa namakanim bez dodatka enzima + 2 % brašna zamijenjeno ljuskama heljde; **PNE** - 10% brašna zamijenjeno ciklomljevenim posijama prosa namakanim uz dodatak enzima + 2 % brašna zamijenjeno ljuskama heljde; **PK** - 10% brašna zamijenjeno kriomljevenim posijama prosa namakanim bez dodatka enzima + 2 % brašna zamijenjeno ljuskama heljde; **PKE** - 10% brašna zamijenjeno kriomljevenim posijama prosa namakanim uz dodatak enzima + 2 % brašna zamijenjeno ljuskama heljde

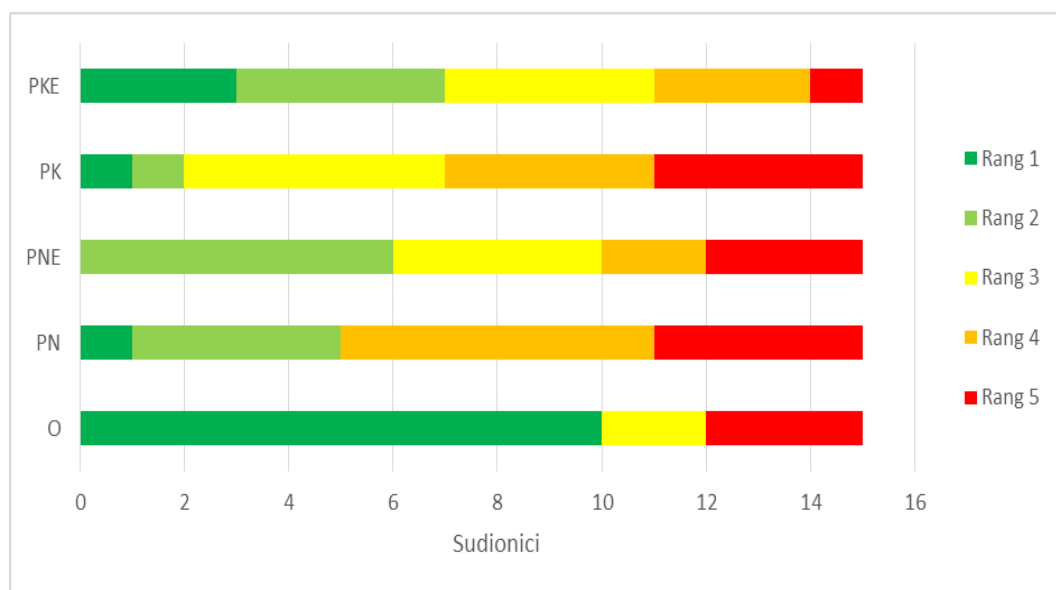
Tekstura je važan parametar kvalitete keksa. Vrsta korištene žitarice utječe na tvrdoću (Čukelj i sur., 2017). Tekstura, okus i izgled glavni su pokazatelji kvalitete keksa. Masnoća je iznimno važan sastojak keksa jer pridonosi teksturi i ugodnom osjećaju u ustima. Osim toga, pozitivno utječe na intenzitet i percepciju okusa. Kada se određeni postotak masti ukloni iz formulacije glavno je pitanje kakva će biti tekstura. Promjene sastojaka ili načina njihove obrade uzorkuju promjene u teksturi. Zamjena masti ima veći utjecaj na promjenu teksture od zamjene šećera ili brašna (Campbell i sur., 1994). U ovom diplomskom radu, zahvaljujući povećanom udjelu masti u posijama prosa, u kojima prevladavaju nezasićene masne kiseline, količina dodanog

maslaca smanjena je u odnosu na kontrolni uzorak kao što je prikazano u tablici 2. Maache-Rezzoug i sur. (1998) istražili su utjecaj sadržaja masti na teksturu keksa i otkrili da porast sadržaja masti rezultira tanjim i manje hrskavim proizvodima. Korištenje vlakana u prehrambenoj industriji sve je češće zbog njihove nutritivne vrijednosti. Iako imaju pozitivan učinak na zdravlje, u radu Meers (1981), izvijestili su da se upotrebom posija pogoršavaju funkcionalna ili reološka svojstva tijesta.

Zamjena masti posijama smanjuje učinak plastifikacije molekula lipida. Nadalje, vlakna, posebno mikrofluidizirana vlakna, učinkovitije zadržavaju vodu što posljedično smanjuje slobodnu vodu i ograničava učinak plastifikacije molekula vode (Mert i sur., 2014).

Povećana tvrdoća integralnog keksa u usporedbi s keksom od bijelog pšeničnog brašna, dokazana u radu Gujral i sur. (2003), kod keksa s dodanim pšeničnim mekinjama, isto kao i Suddha i sur. (2007).

Nadalje, test nizanja po preferenciji (slika 14) pokazao je da su većina ocjenjivača odabrali kontrolni uzorak keksa kao najbolji, odnosno stavili ga na prvo mjesto, a slijede ga redom uzorak PKE, PNE, PN i PK. Budući da posije prosa imaju specifičan okus i gorčinu, ovi rezultati su očekivani. Unatoč tome, svi keksi ocijenjeni su kao više ili manje prihvatljivi. Može se zaključiti kako su mikronizacija i dodatak enzima u predtretmanu namakanja posija prosa pozitivno utjecali na senzorska svojstva i prihvatljivost keksa.



Slika 14. Rezultati testa nizanja po preferenciji keksa bez šećera

***0** – integralni pšenični keks; **PN** - 10% brašna zamijenjeno ciklomljevenim posijama prosa namakanim bez dodatka enzima + 2 % brašna zamijenjeno ljuskama heljde; **PNE** - 10% brašna zamijenjeno ciklomljevenim posijama prosa namakanim uz dodatak enzima + 2 % brašna zamijenjeno ljuskama heljde; **PK** - 10% brašna zamijenjeno kriomljevenim posijama prosa namakanim bez dodatka enzima + 2 % brašna zamijenjeno ljuskama heljde; **PKE** - 10% brašna zamijenjeno kriomljevenim posijama prosa namakanim uz dodatak enzima + 2 % brašna zamijenjeno ljuskama heljde

U istraživačkom radu (Suma i sur. (2014)), u kojem je ispitan utjecaj dodatka bisernog prosa (*Pennisetum Typhoideum*) na senzorska, fizikalna i nutritivna svojstva keksa, utvrđeno je da su keksi s dodatkom bisernog prosa bolje ocijenjeni od kontrolnog keksa, osobito po svojstvima boje, arome i slatkog okusa. Izraženiji intenzitet ovih svojstava utjecao je i na veću ukupnu ocjenu keksa s bisernim prosom u odnosu na kontrolni uzorak, dok je u ovom radu najbolje ocijenjeni keks bio kontrolni keks. Senzorni stručnjaci smatrali su da su keksi s bisernim prosom imali idealan omjer poželjne i trajne arome vanilije u kombinaciji s tipičnom aromom pečenog prosa. Uz to, hrskavost i tekstura mrvica koju su posjedovali dodatno ih je učinila ukusnima i privlačnima. Također, istraživanje je pokazalo da tamnija boja keksa s dodatkom bisernog prosa nije negativno utjecala na prihvatljivost uzorka, štoviše pružila je zanimljivu vizualnu privlačnost (Suma i sur., 2014) kao što se i u ovom radu, prema rezultatima deskriptivne analize, pokazalo da najbolje ocijenjen intenzitet smeđe boje ima uzorak s običnim posijama prosa tretiranim ksilanazom (PNE).

5. ZAKLJUČCI

Obogaćena hrana za posebne prehrambene potrebe treba postići odgovarajuću senzorsku prihvatljivost, optimalan izgled, boju, okus, aromu i zadovoljiti zahtjeve potrošača. U ovom radu ispitan je utjecaj dodatka posija prosa, uz primjenu enzima ksilanaze, na senzorska svojstva keksa bez šećera i bezglutenskog kruha te njihova prihvatljivost. Na temelju provedenih analiza i dobivenih rezultata mogu se donijeti sljedeći zaključci:

1. Dodatak posija prosa u bezglutenski kruh i keks bez šećera smanjuje njihovu senzorsku prihvatljivost najviše zbog pojave gorkog i naknadno gorkog okusa.
2. Tretman namakanja posija prosa uz dodatak ksilanaze (u koncentraciji od 0,0005 grama na 1 gram posija prosa) poništava negativan utjecaj dodatka posija na senzorska svojstva bezglutenskog kruha i keksa bez šećera.
3. Dodatak posija prosa u kekse bez šećera utjecao je na povećanje intenziteta smeđe boje, smanjenje tvrdoće, ali i na izraženost gorkog i zemljanog okusa čime se smanjila prihvatljivost takvog uzorka. Pritom su uzorci keksa s dodatkom kriomljevenih posija prosa bili senzorski prihvatljiviji od kontrolnog keksa i keksa s dodatkom neusitjenih posija prosa. Dodatak posija prosa tretiranih enzimom ksilanaze imao je pozitivan utjecaj na senzorska svojstva (smanjenje gorčine i zemljanog okusa, bolja izraženost poželjnog mliječnog okusa) i prihvatljivost se povećala.
4. Dodatkom posija prosa u bezglutenski rižin kruh, tvrdoća sredine se smanjila, a povećala se mrvljivost, vlažnost i zrnatost. Prihvatljivost se smanjila i smanjenjem intenziteta slatkog, a povećanjem gorkog i naknadnog gorkog okusa. Najviše preferiran kruh bio je onaj s dodatkom enzimski obrađenih posija prosa, što se može pripisati manjoj gorčini i boljem izgledu kruha odnosno manjoj ispucalosti kore, poželjnoj aromi po svježem kruhu i većoj slatkoći.

Zaključno, prema hedonističkoj analizi, uzorak bezglutenskog kruha s dodatkom posija prosa tretiranih ksilanazom imao je ocjenu sviđanja „umjereno mi se sviđa“, dok je keks bez šećera s dodatkom posija prosa tretiranih ksilanazom imao ocjenu „neznatno mi se sviđa“, pa bi trebalo primijeniti dodatne strategije za poboljšanje njegove prihvatljivosti.

6. LITERATURA

Anonymous 1 (2015) HFCS – jeftina zamjena za šećer još gora od šećera, <<http://istineilaziohrani.blogspot.com/2015/02/hfcs-jeftina-zamjena-za-secer-jos-gora.html>>.

Pristupljeno 25. lipnja 2020.

Anonymous 2 (2020) Maltitol: koristi i štete zaslađivača, <<https://pobedidijabetes.org/3909-maltitol-the-benefits-and-harms-of-the-sweetener.html>>. Pristupljeno 29. lipnja 2020.

Chandrasekara, A., Shahidi, F. (2011) Bioactivities and antiradical properties of millet grains and hulls. *J. Agric. Food Chem.* **59**, 9563 - 9571.

Coda, R., Rizzello, C.G., Curiel, J.A., Poutanen, K., Katina, K. (2014) Effect of bioprocessing and particle size on the nutritional properties of wheat bran fractions. *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.* **25**, 19 - 27.

Čukelj, N., Novotni, D., Sarajlija, H., Drakula, S., Voučko, B., Čurić, D. (2017) Flaxseed and multigrain mixtures in the development of functional biscuits. *LWT - Food Science and Technology.* **86**, 85-92.

Čurić, D., Novotni, D., Voučko, B., Čukelj Mustać, N. (2019) Mogućnosti upotrebe nusproizvoda mlinske industrije za proizvodnju funkcionalne hrane. U: Neke mogućnosti iskorištenja nusproizvoda prehrambene industrije – Knjiga 2 (Šubarić, D., Babić, J., ured.), Prehrambeno-biotehnološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, str. 37-50.

Devisetti, R., Yadahally, S. N., Bhattacharya, S. (2014) Nutrients and antinutrients in foxtail and proso millet milled fractions: Evaluation of their flour functionality. *LWT – Food Science and Technology.* **59**, 889-895.

Fasano, A., Catassi, C. (2001) Current approaches to diagnosis and treatment of celiac disease: an evolving spectrum. *Gastroenterology* **120** (3), 636–651.

Föste, M., Nordlohne, S.D., Elgeti, D., Linden H.M., Heinz, V., Jekle, M., Becker, T. (2014) Impact of quinoa bran on gluten-free dough and bread characteristics. *Eur. Food Res. Technol* **239**(5), 767–775.

Giménez-Bastida, J.A., Piskuła, M., Zieliński, H. (2015) Recent advances in development of gluten-free buckwheat products. *Pol. J. Food Nutr. Sci.* **65**, 9–20.

Gujral, H. S., Mehta, S., Samra, I. S., Goyal, P. (2003) Effect of Wheat Bran, Coarse Wheat Flour, and Rice Flour on the Instrumental Texture of Cookies. *Int. J. Food Prop.* **6(2)**, 329–340.

Habuš, M. (2018) Utjecaj kriomljevenja na veličinu čestica i bioaktivne spojeve posija prosa (diplomski rad), Prehrambeno-biotehnološki fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb.

Hager, A.S., Wolter, A., Czerny, M., Bez, J., Zannini, E., Arendt, E.K., Czerny, M. (2012) Investigation of product quality, sensory profile and ultrastructure of breads made from a range of commercial gluten-free flours compared to their wheat counterparts. *Eur. Food Res. Technol.* **235**, 333–344.

Hathorn, C.S., Biswas, M.A., Gichuhi, P.N., Bowell-Benjamin, A.C. (2008) Comparison of chemical, physical, micro-structural, and microbial properties of breads supplemented with sweet potato flour and high-gluten dough enhancers. *LWT Food Sci. Technol.* **41**, 803–815.

Heitmann, M., Zannini, E., Axel, C., Arendt, E. (2017) Correlation of flavor profile to sensory analysis of bread produced with different *saccharomyces cerevisiae* originating from the baking and beverage industry. *Cereal Chem.* **94**, 746–751.

Hodge, J.E. (1953) Dehydrated foods, chemistry of browning reactions in model systems. *J. Agric. Food Chem.* **1 (15)**, 928–943.

Hui, Y.H., Wai-Kit, N., Nollet, L.M.L., Paliyath, G., Simpson, B.K. (2006) Food Biochemistry and Food Processing. Blackwell Publishing, USA.

IDF (2020) About Diabetes. IDF - International Diabetes Federation <<https://www.idf.org/aboutdiabetes/type-1-diabetes.html>> Pristupljeno 17. lipnja 2020.

ISO 8589:1988, Sensory Analysis – General Guidance for the Design of Test Rooms

ISO 8589:2007, Sensory analysis – General guidance for the Design of Test Rooms.

ISO 6658:2017, Sensory analysis – Methodology – General guidance.

Kilcast, D. (2010) Sensory analysis for food and beverage quality control, 1. izd., Woodhead Publishing, UK, str. 75-140.

Komitopoulou, E., Gibbs, P.A. (2012) The pitfalls of product reformulation and how to avoid them. *Food Saf. Mag.* <<https://www.foodsafetymagazine.com/magazine->

<archive1/augustseptember-2012/reformulation-the-pitfalls-of-product-reformulation-and-how-to-avoid-them/>> Pristupljeno 23. lipnja 2020.

Krishnan, R., Dharmaraj, U., Sai Manohar, R., Malleshi, N.G. (2011) Quality characteristics of biscuits prepared from finger millet seed coat based composite flour. *Food Chem.* **129**, 499-506.

Kroh, L.W. (1994) Caramelisation in food and beverages. *Food Chem.* **51** (4), 373–379.

Krtanjek, J. (2014) Zasladivači i zdravlje, Diplomski rad, Medicinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu

Laureati, M., Giussani, B., Pagliarini, E. (2012) Sensory and hedonic perception of gluten-free bread: comparison between celiac and non-celiac subjects. *Food Res. Int.* **46**, 326–333.

Lawless, H.T., Heymann, H. (1998) Sensory Evaluation of Food: principles and practices, 1. izd., Springer Science+Business Media, New York, str. 548–577.

Maache-Rezzoug, Z., Bouvier, J.M., Allaf, K., Patras, C. (1998) Effect of principal ingredients on rheological behaviour of biscuit dough and on quality of biscuits. *J Food Eng.* **35**, 23–42.

Manley, D. (2000) Technology of biscuits, crackers and cookies, 3.izd., Woodhead Publishing, UK, str. 112-129.

Matos, M.E., Rosell, C.M. (2011) Chemical composition and starch digestibility of different gluten free breads. *Plant Food Human Nutr.* **66**, 224–230.

Meers, J. (1981) Technological and regulatory aspects of fibre use in food products. *Food Technol Aust.* **33**, 235–237.

Meilgaard, M., Civille, G.V., Carr, B.T. (2007) Sensory Evaluation Techniques (4. izd.), CRC Press Taylor & Francis Group, Boca Raton/London/New York.

Mert, B., Tekin, A., Demirkesen, I., Kocak, G. (2014) Production of microfluidized wheat bran fibers and evaluation as an ingredient in reduced flour bakery product. *Food Bioprocess Technol.* **7**(10), 2889–2901.

Milićević, N. (2018) Zamenjivači masti na bazi pšeničnih i ovsenih mekinja i njihova primena u formulaciji keksa (doktorska disertacija), Universitet u Novom Sadu Tehnološki fakultet, Novi Sad.

- Miñarro, B., Albanell, E., Aguilar, N., Guamis, B., Capellas, M. (2012) Effect of legume flours on baking characteristics of gluten-free bread. *J Cereal Sci.* **56**, 476–481.
- Muñoz, A.M. (2002) Sensory evaluation in quality control: an overview, new developments and future opportunities. *Food Qual Prefer.* **13**, 6, 329–339.
- Osborn, S., Morley, W. (2016) Developing food products for customers following a low sugar diet, including low sucrose, low fructose, and low lactose diets. U: *Developing Food Products for Consumers with Specific Dietary Needs*, Woodhead Publishing, UK/USA str. 155-169.
- Rosén, A., Sandström, O., Carlsson, A., Högberg, L., Olén, O., Stenlund, H., Ivarsson, A. (2014) Usefulness of symptoms to screen for celiac disease. *Pediatrics.* **133** (2), 211–218.
- Rybicka, I., Doba, K., Binczak, O. (2019) Improving the sensory and nutritional value of gluten-free bread. *Int. J. Food Sci. Technol.* **54** (9), 2661-2667.
- Sanchez, H.D., Osella, C.A., De La Torre, M.A. (2002) Optimization of gluten free bread prepared from corn starch, rice flour and cassava starch. *J. Food Sci.* **67**, 416–419.
- Skoog, S.M., Latulippe, M.E. (2011) Fructose malabsorption and intolerance: effects of fructose with and without simultaneous glucose ingestion. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* **51** (7), 583–592.
- Sudha, M.L., Vetrmani, R., Leelavathi, K. (2007) Influence of fibre from different cereals on the rheological characteristics of wheat flour dough and on biscuit quality. *Food Chem.* **100**, 1365–1370.
- Suma, F., Urooj, A., Asha, M.R.2, Rajiv, J. (2014) Sensory, Physical and Nutritional Qualities of Cookies Prepared from Pearl Millet (*Pennisetum Typhoideum*). *Int. J. Food Process. Technol.* **5**(10), 2-6.
- Sweetman, J. (2014) Why reduce sugar, <<http://www.scienceinto.com/food-insights/why-reduce-sugar>> Pristupljeno 20. lipnja 2020.
- Štrkalj, L. (2019) Nutritivna i fizikalna svojstva bezglutenskog kruha s dodatkom posija prosa, Prehrambeno-biotehnološki fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb.
- Tack, G.J., Verbeek, W.H.M., Schreurs, M.W.J., Mulder, C.J.J. (2010) The spectrum of celiac disease: epidemiology, clinical aspects and treatment. *Nat. Rev. Gastroenterol. Hepatol.* **7**, 204–213.

Tsatsaragkou, K., Gounaropoulos, G., Mandala, I. (2014) Development of gluten free bread containing carob flour and resistant starch. *LWT Food Sci. Technol.* **58** (1), 124–129.

Vaclavik, V.A., Christian, E.W. (2008) Essentials of food science, Springer, New York, str. 69-80.

Whitehurst, R.J., Oort, M. (2010) Enzymes in Food Technology, 2.izd., Blackwell Publishing Ltd, UK, str. 115-118.

Wieser, H. (2007) Chemistry of gluten proteins. *Food Microbiol.* **24** (2), 115–119.

Yang, X. (2010) Effects of sucrose on egg white protein and whey protein isolate foams: Factors determining properties of wet and dry foams (cakes). *Food Hydrocolloids.* **24** (2–3), 227–238.

Zhu, Y., Chu, J., Lu, Z., Lv, F., Bie, X., Zhang, C., Zhao, H. (2018) Physicochemical and functional properties of dietary fiber from foxtail millet (*Setaria italic*) bran. *Journal of Cereal Science.* **79**, 456-461.

IZJAVA O IZVORNOSTI

Izjavljujem da je ovaj diplomski rad izvorni rezultat mojeg rada te da se u njegovoj izradi nisam koristio/la drugim izvorima, osim onih koji su u njemu navedeni.

Iva Bogešić

Ime i prezime studenta