

Instrumentalno određivanje svojstava teksture čajnog peciva tijekom skladištenja

Novak, Martina

Undergraduate thesis / Završni rad

2021

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Food Technology and Biotechnology / Sveučilište u Zagrebu, Prehrambeno-biotehnološki fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:159:020692>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-14**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Food Technology and Biotechnology](#)



**Sveučilište u Zagrebu
Prehrambeno-biotehnološki fakultet
Preddiplomski studij Prehrambena tehnologija**

Martina Novak
7667/PT

**INSTRUMENTALNO ODREĐIVANJE SVOJSTAVA TEKSTURE ČAJNOG PECIVA
TIJEKOM SKLADIŠTENJA
ZAVRŠNI RAD**

Predmet: Osnove prehrambenih tehnologija

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

Zagreb, 2021.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Završni rad

Sveučilište u Zagrebu
Prehrambeno-biotehnološki fakultet
Preddiplomski sveučilišni studij Prehrambena tehnologija

Zavod za prehrambeno-tehnološko inženjerstvo
Laboratorij za kemiju i tehnologiju žitarica

Znanstveno područje: Biotehničke znanosti
Znanstveno polje: Prehrambena tehnologija

Instrumentalno određivanje svojstava teksture čajnog peciva tijekom skladištenja

Martina Novak, 0058213805

Sažetak: Težnja potrošača za povećanjem funkcionalnih svojstava hrane i produljenjem roka trajanja proizvoda doveli su do potrebe za uvođenjem noviteta u procese proizvodnje čajnih peciva. Dodatkom tropa voća, nusproizvoda prehrambene industrije bogatog polifenolima i prehrambenim vlaknima i/ili aplikacijom jestivih premaza može se dobiti proizvod poboljšane nutritivne vrijednosti i duljeg roka trajanja. S druge strane, čajna peciva su složen proizvod i dodatak ovih sirovina može negativno utjecati na promjene u teksturi nakon proizvodnje ili skladištenja. Iz tog razloga, tijekom 6 mjeseci skladištenja instrumentalno su praćena svojstva teksture tri uzorka integralnog čajnog peciva i to kontrolnog s kakao prahom, peciva u kojem je 23,6 % kakao praha zamijenjeno tropom grožđa i aronije te uzorka s dodatkom tropa i jestivog premaza. Tijekom skladištenja svojstva tvrdoće, lomljivosti i žilavosti bila su promjenjiva kod svih uzoraka, a čajna peciva s dodatkom jestivog premaza i/ili tropa bila su tvrđa i žilavija u odnosu na kontrolni uzorak.

Ključne riječi: čajno pecivo, jestivi premazi, kakao prah, tekstura, trop

Rad sadrži: 26 stranica, 8 slika, 2 tablice, 25 literaturnih navoda

Jezik izvornika: hrvatski

Rad je u tiskanom i elektroničkom obliku pohranjen u knjižnici Prehrambeno-biotehnološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, Kačićeva 23, 10 000 Zagreb

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

Datum obrane: 15. srpnja 2021.

BASIC DOCUMENTATION CARD

Bachelor thesis

**University of Zagreb
Faculty of Food Technology and Biotechnology
University undergraduate study Food Technology**

**Department of Food Process Engineering
Laboratory for Cereal Chemistry and Technology**

**Scientific area: Biotechnical Sciences
Scientific field: Food Technology**

Instrumental evaluation of biscuit texture properties during storage

Martina Novak, 0058213805

Abstract:

To satisfy consumer's aspirations for increased functional properties of food and extended shelf life, innovations in the production of biscuits are needed. The addition of fruit pomace, a by-product of the food industry rich in polyphenols and dietary fibre, and/or the application of edible coatings on biscuit surfaces can lead to the final product with increased nutritional value and longer shelf life. On the other hand, biscuits are complex products, and the addition of these raw materials can adversely affect texture changes during production or storage. In this study, the texture properties of three types of biscuits were instrumentally measured during 6 months of storage. A control sample contained only cocoa powder, whereas in other type of biscuit 23,6 % of cocoa powder was replaced with grape and aronia pomace and the third type was additionally covered with edible coating. During storage, hardness, brittleness and toughness were variable in all samples. Also, biscuits that contained edible coating and/or pomace were harder and tougher compared to the control sample.

Keywords: biscuits, cocoa powder, edible coatings, pomace, texture

Thesis contains: 26 pages, 8 figures, 2 tables, 25 references

Original in: Croatian

Thesis is in printed and electronic form deposited in the library of the Faculty of Food Technology and Biotechnology, University of Zagreb, Kačićeva 23, 10 000 Zagreb

Mentor: PhD. Dubravka Novotni, Associate professor

Defence date: July 15th 2021.

SADRŽAJ:

1. UVOD.....	1
2. TEORIJSKI DIO.....	2
2.1. Čajno pecivo.....	2
2.1.1. Brašno.....	2
2.1.2. Šećer.....	3
2.1.3. Masnoće.....	4
2.2. Kakao prah.....	6
2.3. Trop grožđa i aronije.....	7
2.4. Jestivi filmovi.....	8
2.5. Proces proizvodnje čajnog peciva.....	9
2.5.1. Skladištenje sirovina.....	9
2.5.2. Proces pripreme i oblikovanja tijesta.....	9
2.5.3. Pečenje.....	10
2.5.4. Hlađenje, pakiranje i skladištenje.....	11
2.6. Tekstura	13
3. MATERIJALI I METODE.....	15
3.1. Materijali.....	15
3.1.1. Uzorci.....	15
3.1.2. Aparatura.....	15
3.2. Metode.....	16
3.2.1. Skladištenje čajnog peciva.....	16
3.2.2. Ispitivanje svojstava teksture.....	16
3.2.3. Određivanje udjela vlage.....	18
4. REZULTATI I RASPRAVA.....	20
4.1. Svojstva teksture.....	20
4.2. Rezultati određivanja vlage.....	23
5. ZAKLJUČAK.....	24
6. LITERATURA.....	25

1. UVOD

Porast zahtjeva potrošača za povećanjem funkcionalne vrijednosti hrane doveo je do potrebe za uvođenjem noviteta u prehrambenoj industriji s ciljem povećanja nutritivnih svojstava, a pritom i očuvanja optimalne kvalitete proizvoda. Čajno pecivo je vrlo prihvaćen proizvod od strane potrošača iz razloga kao što su ljudska naklonost za slatkim, dobar omjer cijene i kvalitete i relativno dugi rok trajanja. S udjelom vlage manjim od 5 % nije lako kvarljiv proizvod, no tijekom određenog vremena moguća je promjena teksture i karakterističnih svojstava ovog proizvoda prvenstveno radi reakcija oksidacija masti (Manley, 2000).

Trop voća je nusproizvod dobiven prilikom prerade voća u sokove ili vino. Zbog visokog udjela raznih polifenolnih tvari te prehrambenih vlakana ovaj nusproizvod prehrambene industrije, osobito prerade grožđa, ima veliki potencijal za povećanje kako nutritivnih vrijednosti čajnih peciva tako i stabilnosti ovih proizvoda radi mogućnosti sprječavanja reakcija oksidacije (Zbikowska i sur., 2018). U novije vrijeme istražuje se primjena jestivih polimera u proizvodnji hrane jer pružaju barijeru u migracijama kisika i vode, djeluju kao konzervansi te na taj način doprinose očuvanju stabilnosti i omogućuju produljenje roka trajanja proizvoda (Cagri i sur., 2004). S druge strane, čajno pecivo je relativno složen proizvod čija se tekstura ovisno o vrsti i udjelu dodanih sastojaka lako mijenja prilikom proizvodnje, ali i naknadno tijekom skladištenja što utječe na prihvatljivost kod potrošača.

Iz tog razloga, cilj ovog rada je bio ispitati utjecaj dodatka tropa grožđa i aronije te jestivih filmova na teksturu kakao čajnog peciva te usporediti teksturalne promjene koje se odvijaju u pojedinim vrstama tog proizvoda prilikom skladištenja u sobnim uvjetima tijekom predviđenog roka trajanja u razdoblju od 6 mjeseci.

2. TEORIJSKI DIO

2.1. Čajno pecivo

Prema Pravilniku o žitaricama i proizvodima od žitarica (Pravilnik, 2016), čajno pecivo je proizvod dobiven pečenjem oblikovanog mekog masnog tijesta koji sadrži minimalno 10 % masnoća i najviše 5 % vode. Proizvodnja se diljem svijeta provodi sličnim procesima i opremom za proizvodnju i pakiranje.

Osnovne sirovine za dobivanje čajnog peciva su:

- brašno (najčešće bijelo pšenično brašno)
- šećer
- masnoće

Uz to je u zamjes moguć dodatak manjih količina različitih drugih sastojaka kojima se postiže rahljenje tijesta, konačna tekstura i okus. Također, često se dodaju i tvari obogaćene vitaminima, mineralima te tvari koje imaju antioksidacijsko djelovanje kako bi krajnji proizvod bio nutritivno bogatiji, funkcionalniji i primamljiviji potrošačima (Davidson, 2019).

2.1.1. Brašno

Brašno je temeljni sastojak čajnih peciva koji ne doprinosi značajno u razvoju okusa, ali znatno utječe na stvaranje teksture, tvrdoće i oblika krajnjeg proizvoda (Manley, 2000). Najvažniji parametar kod odabira brašna je udio i kvaliteta prisutnog glutena. Od svih uzgajanih žitarica pšenica je gotovo jedina kultura (i raž, ali u mnogo manjoj mjeri) koja sadrži veću količinu spomenutih glutena, specifičnih proteina koji prilikom mehaničke obrade ukoliko se nađu u vodenoj okolini tvore ljepljivu, gumenu masu čija je uloga zadržavanje mjehurića zraka u tijestu tijekom pečenja čime se u konačnici dobiva optimalna tekstura proizvoda. S obzirom na udio proteina u zrnima, razlikuju se tvrda i meka pšenica. Tvrda pšenica sadrži veći udio proteina (10-14 %) i podložnija je oštećenju škrobnih zrnaca prilikom mljevenja endosperma što rezultira većom moći upijanja vode, dok s druge strane, udio proteina u mekoj pšenici je vrlo često niži od 10 %, a dobivena tijesta su manje gumena. Za proizvodnju čajnih peciva koristi se brašno s udjelom proteina manjim od 9 % i glutenom koji je slab, rastezljiv, ali ne i značajno elastičan. Zbog vrlo niskog udjela vode u konačnom proizvodu, bitno je da škrobna zrnca prisutna u brašnu budu što manje oštećena budući da se povećanjem količine oštećenog škroba povećava i higroskopnost sirovine. Za postizanje hrapavije teksture te povećanja udjela prehrambenih vlakana u proizvodima, često se za pripremu tijesta koriste manje ili veće

količine brašna iz cjelovitih zrna. Također, moguća je i potpuna zamjena pšeničnog s brašnom dobivenog iz drugih vrsta sirovina koja ne sadrže gluten, ali češće se određenim metodama vrši uklanjanje glutena iz žitarica koje ga sadrže čime se dobivaju proizvodi pogodni za konzumaciju od strane potrošača koji, primjerice, boluju od celijakije (Manley, 2000).

2.1.2. Šećer

Šećer kao vrlo bitan sastojak čajnog peciva pruža svojstvo slatkoće, tj. doprinosi stvaranju krajnje arome i obogaćivanju okusa, ali i formiranju strukture proizvoda ovisno o količini, veličini čestica i vrsti upotrijebljenog šećera (ili eventualno sirupa koji sprječavaju da tekstura krajnjih proizvoda bude pretvrda i previše lomljiva, ali se radi specifičnog okusa dodaju u malim količinama). Tijekom proizvodnje, šećer se najprije ovisno o udjelu vode djelomično ili potpuno otapa, a nakon pečenja rekristalizira i time znatno utječe na samu teksturu čajnog peciva. Dodatkom šećera se početak želatinizacije škrobnih zrnaca pomiče prema višoj temperaturi pri čemu ekspanzija tijesta može trajati dulje vrijeme. Prilikom pečenja razvija se karakteristična boja konačnog proizvoda pretežno zbog reakcija karamelizacije šećera i neenzimskog posmeđivanja uzrokovanog reakcijama između slobodnih aminokiselina i reducirajućih šećera (Manley, 2000). Nadalje, povećanjem udjela saharoze u recepturi, dolazi do povećanja horizontalnog širenja tijesta i smanjenja vertikalnog širenja tijekom pečenja, a tvrdoća i poroznost čajnog peciva se povećavaju linearno s količinom dodanog šećera. Promatrajući izgled proizvoda vidljivo je da se smanjenjem udjela saharoze dobiva glatkija i nježnija površina nego li je to kad su koncentracije visoke što je prikazano na slici 1 (Pareyt i sur., 2009). Bitan je i odabir optimalne veličine čestica upotrijebljene saharoze što utječe na brzinu otapanja kristalića šećera, ali i širenje tijesta tijekom pečenja te izgled i hrskavost gotovog proizvoda. Osim toga, saharoza u čajnim pecivima djeluje kao vrsta konzervansa pa utječe na produljenje roka trajanja proizvoda jer smanjuje brzinu oksidacije lipida (Manley, 2000).

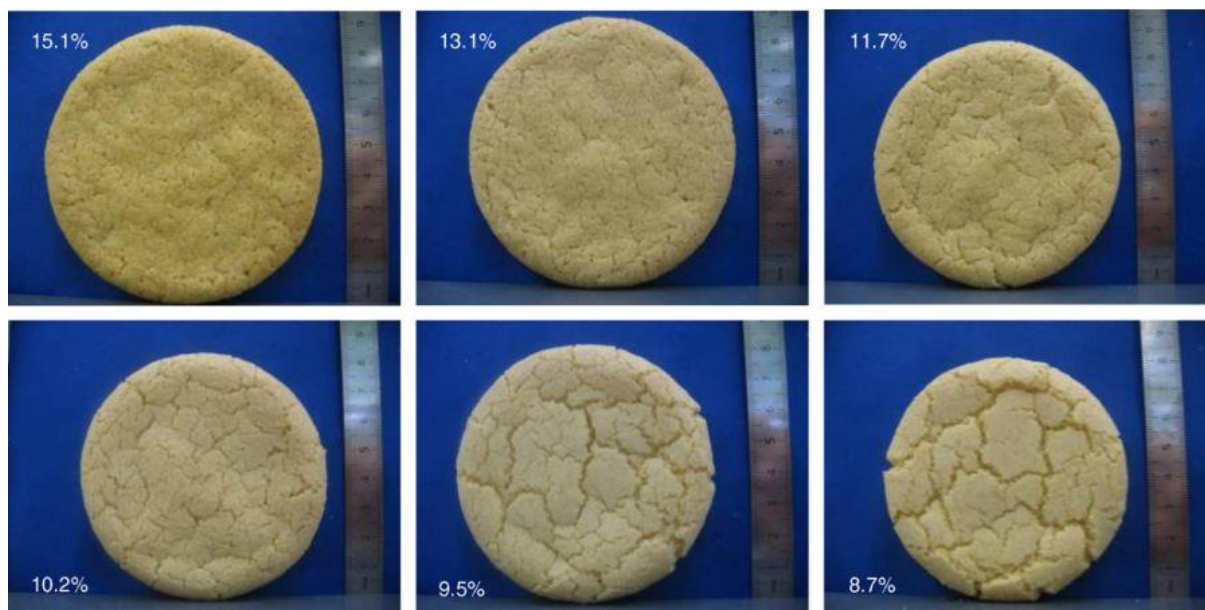


Slika 1. Ovisnost teksture površine proizvoda o udjelu dodanog šećera saharoze (Pareyt i sur., 2009)

S druge strane, razvojem svijesti potrošača o štetnosti neumjerene konzumacije proizvoda s visokim udjelima saharoze, javila se težnja i potreba za razvojem receptura u kojima je saharoza djelomično ili u potpunosti zamijenjena drugim sirovinama kao što su polioli ili neka intenzivnija sladila. Polioli ili šećerni alkoholi se u novije vrijeme često primjenjuju u prehrambenoj industriji radi niže energetske vrijednosti u odnosu na šećer saharozu. Iako se teži korištenju alternativnih sladila, u praksi je gotovo nemoguće u potpunosti zamijeniti saharozu zbog spomenutih uloga koje ima tijekom cijelog proizvodnog procesa, a koje se korištenjem zamjena ne mogu postići jer se njihovim uvođenjem ponajprije dobiva elastična struktura i razvija krajnja tekstura koja je nepoželjna u proizvodnji čajnih peciva (Laguna i sur., 2013).

2.1.3. Masnoće

Masnoće su neophodni sastojak u proizvodnji čajnih peciva jer doprinose postizanju željene teksture, karakterističnog osjećaja u ustima i zagriža proizvoda (Davidson, 2019). Ukoliko se tijekom pripreme tijesta isključi dodatak masnoća, dobivaju se suhe nakupine koje se međusobno ne lijepe, a rezultat je nemogućnost miješanja i dobivanja tijesta (Mamat i Hill, 2014). Tijekom izrade tijesta odvija se raspodjela čestica brašna između vodene i uljne faze. Najprije se zbiva međudjelovanje čestica vodene faze sa proteinima brašna te se stvara rastezljiva i kohezivna glutenska mreža. Dodatkom masnoća u zamjes, čestice uljne faze ometaju stvaranje te mreže što rezultira karakterističnom, mekšom teksturom čajnih peciva koja se lakše tope u ustima. Povećanjem udjela masnoća u recepturi povećavaju se i lubrikacijska svojstva tijesta čime se smanjuje potreba za dodatkom većih količina vode. Ukoliko je udio masnoća visok, za postizanje željene konzistencije potreban je dodatak vrlo malih količina vode što rezultira smanjenjem stvaranja glutenske mreže, manje bubrenje škroba i smanjenom želatinizacijom što naposljetku dovodi do finije i mekanije strukture proizvoda (Manley, 2000). Porastom udjela masnoća, smanjuje se gustoća i tvrdoća tijesta radi veće inkorporacije zraka prilikom izrade zamjesa, a samo tijesto se prilikom pečenja jače širi u kraćem vremenu. Razlog tome je topljenje masti tijekom pečenja čime se povećava mobilnost komponenti što naposljetku dovodi do većeg širenja tijesta. Smanjenjem udjela masti se povećava broj pukotina na površini koja pritom postaje neravna i popucala (slika 2). Manji udio dodane masti rezultira manjom poroznošću čajnog peciva zbog čega je potrebno djelovati većom silom loma, odnosno tvrdoća dobivenog proizvoda je veća (Pareyt i sur., 2009).



Slika 2. Utjecaj smanjenja udjela masti na pucanje površine proizvoda (Pareyt i sur., 2009)

S druge strane, čestice masti su tijekom skladištenja podložne migracijama unutar čajnog peciva što posljedično dovodi do promjene teksture i senzorskih svojstava proizvoda. Također, masti se razgrađuju kemijskim procesima oksidacije i hidrolize što kroz određeno vrijeme dovodi do njihove užeglosti, a rezultat toga je nastajanje nepoželjne teksture i neugodnog okusa što ukazuje na kvarenje proizvoda. Reakcije oksidacije se svrstavaju u autokatalitičke, jer ubrzavaju same sebe i u vrlo kratkom vremenu se dobiva proizvod koji je pokvaren. Čimbenici koji ubrzavaju nastajanje tih reakcija su ponajprije jako svjetlo i visoke temperature te metalni ioni. Zbog toga je izuzetno važno odabrati prikladni ambalažni materijal, a samo skladištenje provoditi pri optimalnim temperaturama i pri što je moguće manjoj svjetlosti (Manley, 2000).

Za proizvodnju čajnih peciva najčešće se upotrebljavaju čvrste ili polučvrste masti biljnog ili životinjskog podrijetla (Manley, 2000). Korištenjem masti dobiva se veća hrskavost proizvoda koji ima bolja površinska svojstva i manju tvrdoću nego li proizvod u čiji sastav ulaze tekuća ulja. Ukoliko se umjesto masti koriste tekuća ulja, kapljice ulja se tijekom miješanja rasprše u sitne globule koje su daleko manje učinkovite u procesu aeracije tijesta nego li je to slučaj kod uporabe čvrstih masti (Mamat i Hill, 2014). Kristali u mastima se tijekom proizvodnje izdvajaju iz tekuće uljne faze te se inkorporiraju u membranu proteina koja omogućuje velikom broju kristala da se prilipe na mjehuriće zraka. Povišenjem temperature ti se kristali tope što omogućuje inkorporaciju proteinske membrane u površinu mjehurića koji se šire pritom povećavajući otpor prema pucanju (Manley, 2000).

Zbog negativnog utjecaja prevelikog unosa masti na ljudsko zdravlje što je ponajprije povezano s pojavom pretilosti i povišenog kolesterola, težnja je da se smanji udio masnoća u hrani ili eventualno zamijeni s drugim adekvatnim sirovinama (Pareyt i sur., 2009). Upotrebom emulgatora u proizvodnji čajnih peciva, omogućeno je dobivanje proizvoda sa do 20 % manje masti, a da su njegova senzorska svojstva i dalje prihvatljiva (Manley, 2000). Jedna od mogućih djelomičnih zamjena je i fruktan inulin, funkcionalni polisaharid koji doprinosi nutritivnoj vrijednosti proizvoda te ima pozitivan učinak na ljudski organizam jer djeluje na povećanje apsorpcije mineralnih tvari, neizravno utječe na antikancerogenu aktivnost organizma i djeluje kao prebiotik (Longoria-Garcia i sur., 2020).

2.2. Kakao prah

Kakao prah je proizvod dobiven iz očišćenih, oljuštenih i prženih zrna kakaovca (lat. *Theobroma cacao*), a sadrži najmanje 20 % kakaovog maslaca i najviše 9 % vode (Pravilnik o kakau i čokoladnim proizvodima, 2005). Kakaov lom ili kakaova masa koji nastaju preradom kakaovih zrna se podvrgavaju postupku prešanja na vodoravnim hidrauličnim prešama prilikom čega se dobivaju kakaov maslac i kakaova pogača koja se daljnjim mljevenjem prevodi u kakaov prah. Često se, prije prešanja, provodi postupak alkalizacije kakaove mase ili kakaovog loma s ciljem smanjenja gorčine proizvoda, povećanja mineralnih tvari i pH te dobivanja tamnije boje i intenzivnije kakaovog arome (Goldoni, 2004; Manley, 2000). Kakaov prah je jedan od najviše upotrebljivanih dodataka u pekarstvu zbog razvoja jedinstvenog okusa krajnjih proizvoda koji je izuzetno prihvaćen od strane potrošača (Molnar i sur., 2020). Osim toga, povećavanjem udjela bezmasne suhe tvari kakaovih dijelova, povećavaju se biološke i funkcionalne vrijednosti proizvoda. Naime, kakaova zrna i proizvodi dobiveni preradom tih zrna su bogati fenolnim i polifenolnim tvarima (posebice flavanolima koji pripadaju podskupini flavonoida) čije je djelovanje na ljudski organizam antioksidacijsko, antimutageno i antitumorsko. Antioksidansi odgađaju oksidaciju lipida na način da inhibiraju pokretanje ili zaustavljaju širenje lančanih reakcija oksidacije, ali sudjeluju i u uklanjanju slobodnih radikala koji djeluju štetno na zdravlje ljudi. Također, sadrže i brojne esencijalne mineralne tvari kao što su željezo, bakar, cink, magnezij i dr. koje imaju važne uloge u brojnim metaboličkim procesima (Othman i sur., 2007; Beckett, 2009).

S druge strane, potražnja za kakaovim proizvodima neprestano raste što u konačnici dovodi do konstantnog povećavanja cijene kakaovih sirovina zbog nemogućnosti praćenja proizvodnje u odnosu na trend potrošnje. Iz tog razloga javlja se potreba za pronalaženjem adekvatnih

zamjena koje su ekonomski prihvatljivije od strane proizvođača, a posljedično i potrošača s ciljem očuvanja optimalnih teksturalnih i senzorskih svojstava samog proizvoda (Molnar i sur., 2020). Kao jedna od mogućih ekonomski prihvatljivih zamjena je prah dobiven iz mahuna rogača, biljke rasprostranjene na području Mediterana. Uočeno je da prženjem i mljevenjem tog ploda se naposljetku dobiva prah boje i okusa sličnog kakao prahu, a utvrđeno je i da je kod određenih proizvoda moguće zamijeniti i do 30 % kakao praha bez znatne promjene okusa (Manley, 2000). S druge strane, prah dobiven iz rogača je sirovina bogata kondenziranim taninima zbog čega nakon konzumacije dolazi do naknadne pojave trpkog okusa u ustima i stoga se javlja potreba za pronalaskom zamjena koje proizvodima pružaju optimalne senzorske karakteristike (Molnar i sur., 2020).

2.3. Trop grožđa i aronije

Tropovi kao ostaci dobiveni tijekom proizvodnje vina i voćnih sokova su ekonomski vrlo prihvatljive sirovine koje u proizvodnji čajnog peciva djeluju kao potencijalne djelomične zamjene za kakao prah, a da pritom ne dolazi do gubitaka poželjnih svojstava proizvoda ukoliko se receptura optimizira (Molnar i sur., 2020). Vinova loza je jedna od najčešće uzgajanih kultura u svijetu. Trop grožđa kao nusproizvod dobiven nakon prešanja čini oko 20 % cjelokupne mase grožđa, a sastoji se pretežno od sjemenke i pokožice koje su bogate flavanoidima (katehini, epikatehini, procijanidini i antocijani), fenolnim kiselinama (galna i elagična kiselina), stilbenoidima (resveratrol i piceid) i prehrambenim vlaknima (Llobera i sur., 2007; Yilmaz i Toledo, 2006). Zbog antioksidacijskih i antimikrobnih svojstava spomenutih spojeva, dodatkom nusproizvoda prerade grožđa u prehrambene proizvode povećava se kako nutritivna vrijednost tako i održavanje kvalitete i stabilnosti tih proizvoda ponajprije radi sprječavanja kemijskih reakcija oksidacije lipida (Zbikowska i sur., 2018). Dodatkom tropa povećava se tvrdoća čajnog peciva, ali se bitno ne mijenjaju tekstura i senzorska svojstva, a prisutne fenolne komponente utječu na promjenu boje keksa u tamnije nijanse (Buljan, 2020).

Nadalje, tijekom proizvodnje vina i sokova dobivaju se velike količine otpada, odnosno tropa, što može dovesti kako do ekonomskih tako i do ekoloških problema prilikom zbrinjavanja. Stoga je korištenje tih nusprodukata u proizvodnji prehrambenih proizvoda jedna od sigurnih metoda zbrinjavanja koja s jedne strane doprinosi održavanju ravnoteže okoliša, a s druge strane čini jeftinu sirovinu izuzetno bogatu vrijednim funkcionalnim tvarima koje utječu povoljno na zdravlje ljudi (Llobera i sur., 2007; Molnar i sur., 2020).

2.4. Jestivi filmovi

Povećana potražnja za mikrobiološki što sigurnijom i praktičnijom hranom, s čim većom funkcionalnom vrijednošću, stabilnošću i duljim rokom trajanja doveli su do potrebe za razvojem novog načina procesiranja, rukovanja i pakiranja hrane. Iz tog razloga, sve je češća primjena jestivih polimera kao konzervansa i ambalažnog materijala (Cagri i sur., 2004). Pojam jestivih filmova se odnosi na tanki sloj materijala koji predstavlja svojevrsnu barijeru u fluktuacijama vlage, kisika i otopljenih tvari kroz hranu što utječe na kvalitetu i rok trajanja, a iz zdravstvenog aspekta je siguran za ljudsku konzumaciju. Proizvodi se isključivo iz obnovljivih, jestivih sastojaka sklonih stvaranju filmova, a koji se biološki lako razgrađuju što ih čini izvrsnom zamjenom za sintetske polimerne tvari koje se najčešće koriste kao ambalažni materijal. Kao osnova za dobivanje jestivih filmova koriste se proteini (kolagen, soja, želatina), polisaharidi (škrob, alginati, kitozan, derivati celuloze), lipidi (voskovi i esteri glicerola) i njihova kombinacija. Uz jestive filmove koji služe kao omoti za hranu, upotrebljavaju se još i jestivi premazi koji se pripremaju kao otopina te se apliciraju izravno na proizvod. Tijekom proizvodnje, jestivi polimeri se najprije moraju raspršiti i otopiti u otapalu ili mješavini otapala s mogućnošću podešavanja pH s ciljem poboljšavanja disperzije tvari. Nakon pripreme slijedi aplikacija otopine na sam proizvod, a potom i proces sušenja na određenoj temperaturi u svrhu dobivanja stabilnih jestivih premaza (Bourtoom, 2008; Buljan, 2020). Struktura filmova ovisi o primijenjenoj temperaturi sušenja i relativnoj vlažnosti zraka, debljini filma i samom sastavu polimera. Nužno je da jestivi filmovi i premazi imaju dobra svojstva elastičnosti i fleksibilnosti, pokazuju visoku žilavost i malu krhkost te ne dovode do pucanja površine proizvoda tijekom rukovanja i skladištenja. Stoga je uobičajeno da se radi prilagođavanja fleksibilnosti jestivih filmova (najčešće onih na bazi polisaharida i proteina koji su obično vrlo lomljivi) u hidrokoloidne otopine umiješavaju i nehlapljivi plastifikatori male molekulske mase kao što su polioli, gliceroli, sorbitoli ili voda koja ovisno o količini djeluje kao plastifikator ili antiplastifikator. S druge strane, dodatak plastifikatora može prouzročiti značajne promjene u svojstvima barijere filmova kao što je povećanje propusnosti filma za plinove, smanjenje vlačne čvrstoće i mogućnosti vezanja vode (Skurtys i sur., 2010).

Sami filmovi mogu pripadati hidrofilnim ili hidrofobnim tvarima, ovisno o njihovoj sposobnosti otapanja u vodi. Bitno je poznavati parametre topljivosti jer se dobiva uvid o stabilnosti jestivih filmova u vodenoj okolini. Ako se vrši aplikacija na proizvode osjetljive na fluktuaciju vode, koriste se hidrofobni filmovi ili premazi radi sprječavanja isušivanja proizvoda. S druge strane, hidrofilni se jestivi polimeri upotrebljavaju ukoliko je svrha njihovo otapanje prilikom upotrebe (Buljan, 2020).

U novije vrijeme se u jestive filmove i premaze najčešće inkorporiraju i prirodni ili kemijski antimikrobni sastojci, antioksidansi, enzimi ili funkcionalni sastojci poput mineralnih tvari, vitamina i probiotika s ciljem povećanja funkcionalne vrijednosti proizvoda. Prednost antimikrobnih i antioksidacijskih premaza u odnosu na izravnu primjenu takvih sredstava je što mogu biti dizajnirani na način da usporavaju difuziju aktivnih spojeva s površine proizvoda. Nadalje, jestivi premaz povećava nutritivnu vrijednost hrane ukoliko se u njegovu matricu ugrade hranjivi sastojci. Također postoji mogućnost inkorporacije aroma ili pigmenata čime se poboljšavaju senzorska svojstva gotovih proizvoda (Skurtys i sur., 2010).

2.5. Proces proizvodnje čajnog peciva

2.5.1. Skladištenje sirovina

Pravilno skladištenje i rukovanje sirovinama je važna faza za uspješnu proizvodnju čajnih peciva. Praškasti materijali poput brašna i šećera se najčešće čuvaju u silosima na optimalnoj temperaturi, uz praćenje parametara kisika, svjetlosti, a ponajprije vlage zbog njihovog svojstva higroskopnosti. Masti su vrlo osjetljiv sastojak, sklon brzom propadanju radi oksidacije te ih je nakon dopremanja u tvornicu potrebno upotrijebiti u što kraćem vremenu (Manley, 2000).

2.5.2. Proces pripreme i oblikovanja tijesta

Odvaga sirovina je prvi i ključan faktor u kontroli cjelokupnog procesa te pogreške nastale tijekom ovog postupka mogu negativno djelovati na ostatak procesa proizvodnje. U većini tvornica se kombiniraju automatske i ručne metode, a redoslijed dodavanja sirovina u mješače je točno određen. Automatske metode se najčešće koriste za odvagu osnovnih sastojaka – brašna, šećera i masti dok se ručne upotrebljavaju za sirovine kao što su sol ili arome s malim udjelom u recepturi (Manley, 2000).

Nakon doziranja slijedi izrada zamjesa. Kvaliteta tijesta je određena recepturom, kvalitetom samih sirovina te stupnjem njihove izmiješanosti, a utječe na daljnji proces oblikovanja, ali i samu teksturu konačnog proizvoda. Proces izrade zamjesa tijesta uključuje brojne fizikalne i kemijske operacije kao što su: miješanje sirovina, disperzija, otapanje krutih sastojaka u tekućima, razvoj glutenske mreže, aeracija tijesta (Manley, 2000). Sam proces izrade se ovisno o vrsti čajnog peciva odvija u jednoj ili dvije faze. U jednofaznom postupku se doziranje sirovina vrši odjednom, dok se u dvofaznom najprije miješaju sve sirovine osim brašna, a potom se

umiješa brašno i sredstvo za rahljenje (Hrg, 2015). Rezultat miješanja početnih sirovina na odgovarajućim tipovima miješalica je homogena masa određene konzistencije. Izraz konzistencija obuhvaća aspekte tijesta kao što su otpornost na deformacije, plastičnost i elastičnost, ljepljivost i mekoća koji se mogu uočiti stiskanjem ili povlačenjem dobivene grude tijesta. Jedan od bitnih parametara kod izrade zamjesa je temperatura koja se povećava s produljenjem vremena trajanja miješanja čime se dobiva mekše tijesto. Optimalno je da tijesto nakon pripreme odlazi na daljnju preradu u što kraćem vremenu jer stajanjem se gubi rastezljivost, tijesto postaje tvrđe, a pojavljuje se i mogućnost sušenja površine tijesta (Manley, 2000).

Daljnji proces proizvodnje uključuje oblikovanje dobivenih gruda tijesta. Ovisno o načinu oblikovanja, čajna peciva se svrstavaju u: prešana, rezana, oblikovana i istisnuta čajna peciva. Za izradu oblikovanog čajnog peciva se koriste dva valjka od kojih je jedan formirajući s udubljenim formama, a drugi služi za utiskivanje tijesta i rebrastog je oblika. Udubljena forma prvog valjka se puni tijestom, pritišće se drugim valjkom, a oblikovano tijesto se potom izbacuje na transportnu traku. Za razliku od oblikovanog, istisnuta čajna peciva se potiskuju kroz dva rebrasta valjka na traku. Tijesta za proizvodnju rezanih čajnih peciva se nakon prolaska kroz otvore kalupa režu pomoću čelične žice, a tijesto za sječeno (prešano) čajno pecivo se nakon prešanja kroz kalupe reže pomoću rotirajućih noževa u odgovarajućim intervalima (Hrg, 2015). Oblikovano tijesto se potom transportira do peći.

2.5.3. Pečenje

Tijekom ovog procesa odvijaju se tri glavne fizikalno-kemijske promjene koje su zaslužne za nastanak krajnjeg proizvoda iz oblikovanih komada tijesta:

- smanjenje gustoće čime se posljedično dobiva karakteristična otvorena porozna struktura
- smanjenje udjela vode u proizvodu na manje od 5 %
- promjena boje površine čajnog peciva uslijed Maillard-ovih reakcija, dekstrinizacije škroba i karamelizacije šećera.

Promjene u strukturi su posljedica povišene temperature čija vrijednost ovisi o recepturi, ali i samom obliku tijesta. Različite tvari koje tvore tijesto mijenjaju svoja fizikalna i/ili kemijska svojstva ovisno o temperaturi. Tako škrob želatinizira u temperaturnom rasponu od 52 do 99 °C, koagulacija proteina se odvija na temperaturi iznad 70 °C, oslobađanje mjehurića plina iz sredstva za dizanje se zbiva na temperaturi iznad 65 °C, stvaranje mjehurića vodene pare se

ubrzava porastom temperature iznad 70 °C dok su masti pri navedenim temperaturama već potpuno rastaljene. Porastom temperature nastali mjehurići plina i vodene pare se kontinuirano šire sve do očvršćivanja matrice škroba i proteinskog gela što rezultira smanjenjem gustoće tijesta i dobivanjem otvorene porozne strukture i teksture prihvatljive potrošačima. Ekspanzijom mjehurića plina i vodene pare se povećava volumen i najprije se dobiva mekanija i fleksibilnija masa koja daljnjim procesiranjem otvrdnjava uslijed smanjenja vlažnosti. Uzrok smanjenja vlažnosti je isparavanje vode radi djelovanja visokih temperatura, toplinskog toka i tlaka vodene pare. Voda tijekom procesa pečenja migrira iz unutrašnjosti procesom difuzije i kapilarnim djelovanjem prema površini proizvoda gdje naposljetku evaporira pri čemu bitan utjecaj imaju faktori temperature i vremena pečenja. Ukoliko je proizvod podvrgnut pečenju na previsokoj temperaturi, površina je presuha jer voda prebrzo isparava što dovodi do prebrze promjene boje površine i nemogućnosti postizanja dovoljno niske vlažnosti unutarnjeg dijela bez prekomjerne obojenosti, odnosno zagorijevanja površine. Duljim vremenom pečenja od optimalnog, dobiva se proizvod zagorjelog okusa i tamnije boje od poželjne zbog preniskog udjela vode. S druge strane, ukoliko je konačan udio vode u čajnom pecivu previsok, konačna tekstura proizvoda neće biti dovoljno hrskava, a pucanje površine, promjena okusa i ustajalost će prilikom skladištenja biti ubrzani (Manley, 2000).

2.5.4. Hlađenje, pakiranje i skladištenje

Po završetku procesa pečenja slijedi hlađenje proizvoda koje se najčešće odvija na transporterima koji ih vode od pećnica prema prostorima u kojima se provodi sekundarna obrada ili pakiranje proizvoda. Ukoliko proizvod nije dovoljno ohlađen postoji mogućnost deformacije ambalažnog materijala pod utjecajem visoke temperature. S druge strane, predugo hlađenje može dovesti do apsorpcije vlage ukoliko je relativna vlažnost zraka u prostorijama visoka. Vrijeme hlađenja je uglavnom uvjetovano temperaturom prostorije i debljinom proizvoda, a ustanovljeno je da se "obična" čajna peciva koja se ne podvrgavaju procesima sekundarne obrade, mogu pakirati već pri temperaturi od 45 °C (Manley, 2000).

Nakon hlađenja i sekundarne obrade slijede završni procesi u proizvodnji čajnih peciva - pakiranje, a u konačnici i skladištenje proizvoda. Održivost teksturalnih i senzorskih karakteristika uvelike ovisi o svojstvima primijenjenog ambalažnog materijala te parametrima pakiranja, distribucije i skladištenja proizvoda. Radi očuvanja kvalitete, bitno je zaštititi proizvod od kontaminacije, spriječiti naknadno vezanje ili gubitak vode te onemogućiti prodor

kisika u ambalažni materijal. Migracija vode je jedan od ključnih čimbenika koji utječe na narušavanje stabilnosti proizvoda. Voda je komponenta hrane koja utječe na sigurnost, stabilnost, kvalitetu i fizikalna svojstva hrane. Čajna peciva su proizvodi krhke i hrskave teksture s malim udjelom vode što ih čini higroskopnima ako se dovedu u vlažniju sredinu. Ukoliko se tijekom neadekvatnog skladištenja poveća postotak vode u proizvodu, dolazi do promjene teksture koja postaje vlažnija, mekanija i kao takva odbojna konzumentima. Gubitak karakteristične hrskave teksture i pojava neugodnih mirisa i okusa su glavni znakovi kvarenja proizvoda. Promjene u senzorskim svojstvima su najčešće uzrokovane oksidacijskom ranjetljivošću masti, ali i reakcijama komponenta pakirnog materijala sa sastojcima hrane (Chowdhury i sur., 2012).

Kod odabira ambalažnog materijala bitno je da su čajna peciva adekvatno zaštićena od vlage zbog već prije spomenutog svojstva higroskopnosti te od jakog intenziteta svjetla i atmosferskog kisika koji potiču reakcije ranjetljivosti. Reakcije oksidacijske ranjetljivosti se izrazito ubrzavaju ukoliko su proizvodi apsorbirali vlagu što pridonosi općem stanju ustajalosti. Također je potrebno izabrati pakiranje koje pruža zaštitu od oštećenja i loma, a da pritom ne postoji opasnost od prenošenja tvari s ambalažnog materijala na hranu s kojom su u neposrednom dodiru što dovodi do promjene senzorskih svojstava samog proizvoda. Radi toga je odabir materijala za pakiranje iznimno važna stavka u proizvodnji čajnih peciva. Usto, prilikom odabira materijala nužno je ispunjavanje ekoloških i ekonomskih standarda. Polipropilen i plastificirani papir te aluminijska folija laminirana papirom ili plastikom su materijali koji pružaju izvrsnu otpornost na vlagu, a imaju i dobra svojstva toplinskog varenja što znači da se primjenom tlaka i temperature materijali mogu dobro zapečatiti te osigurati zadovoljavajuću barijeru za vlagu i zrak (Manley, 2000). S druge strane, sve je veća zabrinutost kod zbrinjavanja takvog otpada te je potrebno koristiti minimalnu količinu ambalaže koja ispunjava sigurnosne i higijenske standarde ili zamijeniti sintetičke polimere s alternativnim materijalima kao što su biološki lako razgradivi jestivi filmovi (Bourtoom 2008, Manley, 2000).

Parametri pohrane igraju završnu ulogu u očuvanju proizvoda. Tijekom skladištenja, primarna stavka je regulacija temperature i vlage u prostoru. Naime, visoke ili fluktuirajuće temperature dovode do migracije masti, cvjetanja masti kod čokoladnih proizvoda i problema s užeglošću. Nadalje, visoka vlažnost smanjuje čvrstoću kartonskih kutija u kojima se vrši transport i skladištenje te povećava brzinu prijenosa vlage kroz omote do samih proizvoda čime se narušava njihova stabilnost. Stoga je nužna dobra izolacija zidova i stropova i, ukoliko je potrebno, ugradnja uređaja kojima se održavaju optimalna svojstva temperature i vlažnosti (Manley, 2000).

2.6. Tekstura

Opažajna svojstva senzorskih karakteristika hrane su rezultat stimulacije ljudskih osjetila fizikalno-kemijskim podražajima hrane, a uključuju međusobno ovisne parametre izgleda, okusa i teksture proizvoda. Tekstura je senzorsko svojstvo koje se percipira uglavnom osjetima dodira i pokreta, uz doprinos drugih osjetila, ponajprije okusa i vida. Vizualni podražaji dovode do oblikovanja svojevrsnih očekivanja potrošača o teksturalnim svojstvima, a konzumacijom se dobivaju krajnje informacije o samoj konačnoj teksturi proizvoda. Ukoliko su konzumacijom očekivanja dobivena vizualnim osjetilima narušena, dolazi do odbijanja tog proizvoda od strane potrošača (Kilcast, 2004). Primjerice, za opisivanje poželjne teksture čajnih peciva često se koriste izrazi optimalna tvrdoća i hrskavost (Tarancón i sur., 2014). Ukoliko se konzumiranjem uspostavi da je ispitivano čajno pecivo suviše mekano, dolazi do neprihvatanja od strane potrošača što naposljetku dovodi do izbjegavanja daljnje konzumacije tog proizvoda. Tekstura je izravno povezana sa strukturom i sastavom hrane. Promjenom sastava hrane mijenjaju se i senzorska svojstva proizvoda što posljedično dovodi do promjene i mogućeg narušavanja teksture (Kilcast, 2004). Na primjer, smanjenjem udjela masnoća u sastavu čajnog peciva, povećavaju se svojstva tvrdoće i hrskavosti, potrebna je veća primjena sile za lomljenje proizvoda koji se tijekom točke loma razdvaja na veći broj dijelova u odnosu na čajno pecivo koje sadrži viši udio masti. Također, zamjenom čvrstih masti tekućima, čajna peciva postaju elastičnija i otpornija na lomljenje (Tarancón i sur., 2014). Iz tog razloga je tijekom proizvodnje određenim metodama potrebno provjeravati parametre teksture proizvoda. Osim senzorskih analiza u kojima se panelisti ili sami potrošači podvrgavaju ispitivanjem svojstava i/ili opće prihvaćenosti određenih proizvoda, razvile su se i instrumentalne metode ispitivanja teksture i ostalih senzorskih svojstava koje se dijele na:

- empirijske
- imitacijske
- fundamentalne metode

Empirijske metode uključuju upotrebu uređaja kojima se određeni parametri teksture utvrđuju prodiranjem u proizvod pomoću sonde ili oštrice noževa, rezanjem proizvoda, vršenjem sile kompresije na proizvod ili miješanjem ukoliko se ispituje tekući ili polutekući uzorak. Iako je primjena takvih uređaja uglavnom jednostavna te ekonomski isplativa, njihova svojstva preciznosti i ponovljivosti su lošija u odnosu na ostale metode, izmjereni parametri ne opisuju u potpunosti opaženu teksturu te se zbog toga uglavnom koriste samo u svrhu kontrole kvalitete tijekom proizvodnje. Imitacijske metode se temelje na oponašanju uvjeta kojima je proizvod podvrgnut tijekom konzumacije, a glavna prednost korištenja takvih uređaja je

fleksibilnost dizajna što omogućava njihovu primjenu na široki spektar proizvoda. Također, ove vrste uređaja se mogu prilagoditi i primjenjivati i za fundamentalne metode ispitivanja koja uključuju mjerenje dobro definiranih fizikalnih svojstava hrane koja su neovisna o upotrijebljenoj metodi ukoliko se mjerenje provodi na ispravan način. Young-ov modul elastičnosti, modul smicanja i Poisson-ov omjer su neki od uobičajenih parametara fundamentalnih metoda koji se koriste kod ispitivanja čvrstih tvari. Primjena ovog modela mjerenja je korisna prilikom istraživanja fizikalnih svojstava hrane, ali za rutinsku upotrebu je suviše složena (Kilcast, 2004).

Za objektivno mjerenje senzorskog svojstva teksture često se koristi direktna primjena sile i deformacije koje izravno mjere pojedinačna ili višestruka mehanička svojstva čvrste hrane. U odnosu na indirektno metode poput optičkih ispitivanja tvari pomoću lasera, primjena metode deformacije je ekonomski prihvatljivija i jednostavnija, a dobiveni podaci se naknadno lakše analiziraju. Ovisno o načinu provođenja, svrstava se u fundamentalne, empirijske ili u imitacijske metode, a prema načinu ispitivanja uzoraka se dijeli na destruktivnu koja pruža bolji uvid u senzorska svojstva i nedestruktivnu čija je prednost očuvanje analiziranog uzoraka. Destruktivnom metodom se ispitivani uzorci oštećuju, a uključuje testove probijanja sondom određenog geometrijskog oblika kroz uzorak do unaprijed određene dubine, sile kompresije, smicanja, torzije, savijanja (eng. 'bending') i dr., a odabir metode ovisi o uzorku koji se ispituje (Kilcast, 2004). Kod ispitivanja teksture u eksperimentalnom dijelu ovog završnog rada koristila se destruktivna metoda.

3. MATERIJALI I METODE

U ovom radu praćena je promjena teksture, odnosno parametri tvrdoće, lomljivosti i žilavosti te promjena udjela vlage u tri vrste čajnih peciva ćuvanih u plastićnim vrećicama zatvorenima dvostrukim varom koje su bile skladićtene tijekom 6 mjeseci na tamnom mjestu i sobnoj temperaturi.

3.1. Materijali

3.1.1. Uzorci

Eksperimentalni dio rada je bio proveden na tri tipa uzoraka čajnih peciva izraćdenih prema recepturi razvijenoj od strane Molnar i sur. (2020). U tablici 1. prikazan je sastav originalne recepture u postocima. To je ujedno i sastav kontrolnog uzorka ispitivanog čajnog peciva, kasnije navedenog pod nazivom 'kakao'.

Tablica 1. Receptura kontrolnog čajnog peciva

Sastojci	Udio (%)
Zobene pahuljice	30,0
Integralno pirovo braćšno	25,2
Margarin	20,0
Smeći šećer	13,5
Kakao u prahu	4,8
Vanilin šećer	3,5
Sol	2,0
Vodovodna voda	0,4
Praćsak za pecivo	0,3
Natrijev bikarbonat	0,2

U drugom tipu čajnog peciva nazvanog 'trop' je dio (23,6 %) kakaa u prahu (koji ćini 4,8 % ukupne mase tijesta) zamijenjen mješavinom kakaa u prahu (76,4 % mješavine), tropa groćđa (17,5 %) i aronije (6,1 %). Treći tip ispitivanog čajnog peciva nazvanog 'jestivi film' je u sastavu osim tropa groćđa i aronije sadržavao i jestivi premaz saćinjen od smjese polisaharida koji su bili aplicirani na povrćsinu proizvoda. Jestivi premaz je bio pripremljen na bazi kitozana, gume arabike i ekstrakta sjemenki groćđa kako je prikazano u diplomskom radu Buljan (2020).

3.1.2. Aparatura

- Analizator vlage (PMB53 Adam Equipment, SAD)
- Teksturometar s alatom za savijanje (eng. *'3-point bending rig'*) (Texture Analyser TA.HD.plus, Stable Micro Systems, UK)
- Uređaj za vakuumiranje i varenje (UNIVAC S.r.l. div Lavezzini, model Medium, Italija)

3.2. Metode

3.2.1. Skladištenje čajnog peciva

Po 10 komada dobivenih čajnih peciva svake vrste je zapakirano u plastičnu vrećicu izrađenu od biaksijalno orijentiranog polipropilena (BOPP) s prevlakom od akril/poliviniliden klorida (AcPVDC) čime se dobiva BOPPAcPVDC film debljine 32 μm . Vrećica je potom zatvorena dvostrukim varom pomoću uređaja za varenje vrećica (UNIVAC S.r.l div Lavezzini, model Medium, Italija) sa svih strana radi sprječavanja prodora kisika i vlage u unutrašnjost pakiranja. Nakon toga je provedeno skladištenje proizvoda na sobnim uvjetima u tamnoj prostoriji tijekom 6 mjeseci.

3.2.2. Ispitivanje svojstava teksture

Tekstura čajnog peciva je ispitivana na teksturometru (Texture Analyser TA.HD.plus, Stable Micro Systems, UK) s ćelijom od 5 kg i dodacima za savijanje uzoraka u 3 točke (eng. 3-Point Bending Rig, HDP/3PB) i platformom (eng. Heavy Duty Platform, HDP/90) prikazanima na slici 3 prema postavljenim parametrima (Molnar i sur., 2020). Dobiveni podaci su analizirani u Texture Exponent računalnom programu, a prikazani grafovima dobivenih pomoću programa Microsoft Excel.

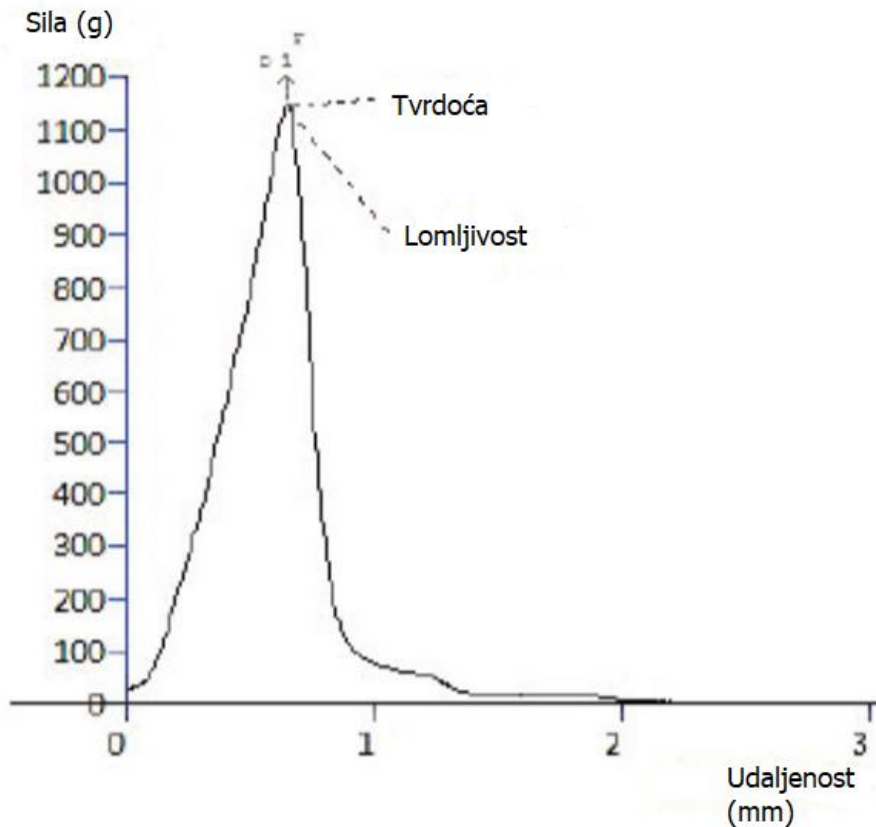


Slika 3. Teksturometar TA.HD.plus, Stable Micro Systems, UK (vlastita fotografija)

Postavke parametara mjerenja:

- Način rada: mjerenje sile kompresije
- Brzina prije mjerenja: 1,0 mm/s
- Brzina mjerenja: 3,0 mm/s
- Brzina nakon mjerenja: 10,0 mm/s
- Dubina prodiranja: 5,0 mm
- Udaljenost između dva nosača: 25 mm

Dva podesiva nosača osnovne ploče su postavljena na prikladnu udaljenost, u ovom slučaju na udaljenost od 25 mm koja se održavala istom tokom svakog mjerenja. Osnovna ploča je potom pričvršćena na platformu na položaj u kojem je gornja oštrica jednako udaljena od dva donja nosača. Sam uzorak se postavlja neposredno prije testiranja centralno na donje nosače. Gornja oštrica se tijekom mjerenja spušta do uzorka te na njega djeluje silom do trenutka pucanja čajnog peciva na dva dijela što se smatra maksimalnom silom, odnosno tvrdoćom uzorka. S druge strane, lomljivost predstavlja udaljenost do koje se vrši kompresija oštricom do trenutka pucanja uzorka i ako je ta udaljenost mala znači da je uzorak izrazito lomljiv (slika 4). Žilavost (nagib krivulje) predstavlja otpor na lomljenje.



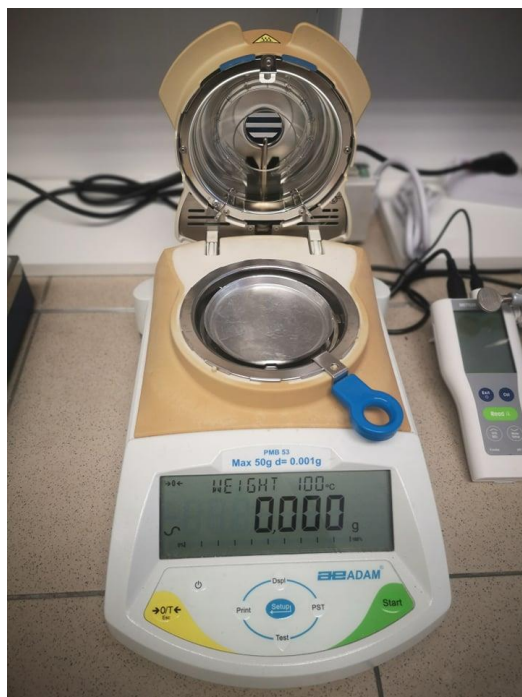
Slika 4. Tipična krivulja dobivena korištenjem HDP/3PB gdje vrh pika označava tvrdoću, a udaljenost oštrice u trenutku pucanja lomljivost (Stable Micro Systems, pristupljeno 28. lipnja 2021.)

Za svako određivanje teksture koje se provodilo u razmacima tijekom 6 mjeseci provedeno je po 10 paralelnih mjerenja svake vrste čajnog peciva kako bi krajnji rezultati bili što precizniji. Nakon što su mjerenja svih 10 uzoraka za svaku vrstu peciva završena, dobiveni rezultati su analizirani u Texture Exponent programu te prikazani pomoću grafova.

3.2.3. Određivanje udjela vlage

Određivanje udjela vlage provedeno je pomoću analizatora vlage (PMB53 Adam Equipment, SAD) prikazanog na slici 5. Smrvljeni uzorak čajnog peciva se stavlja na pliticu komore koja se potom zatvara i grije na 140 °C pri čemu se uzorak spaljuje, a slobodna voda isparava što se očituje smanjenjem mase uzorka.

Za svaku vrstu ispitivanog uzorka određivanje je provedeno u 3 ponavljanja.

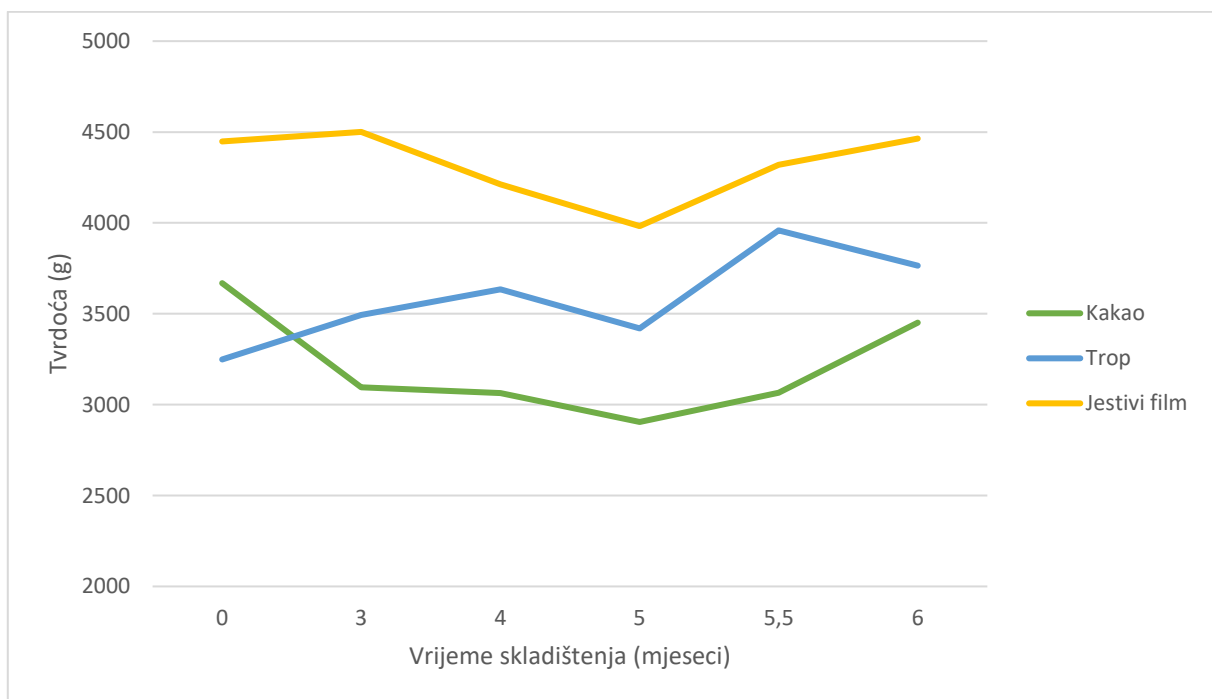


Slika 5. Analizator vlage PMB53 Adam Equipment (vlastita fotografija)

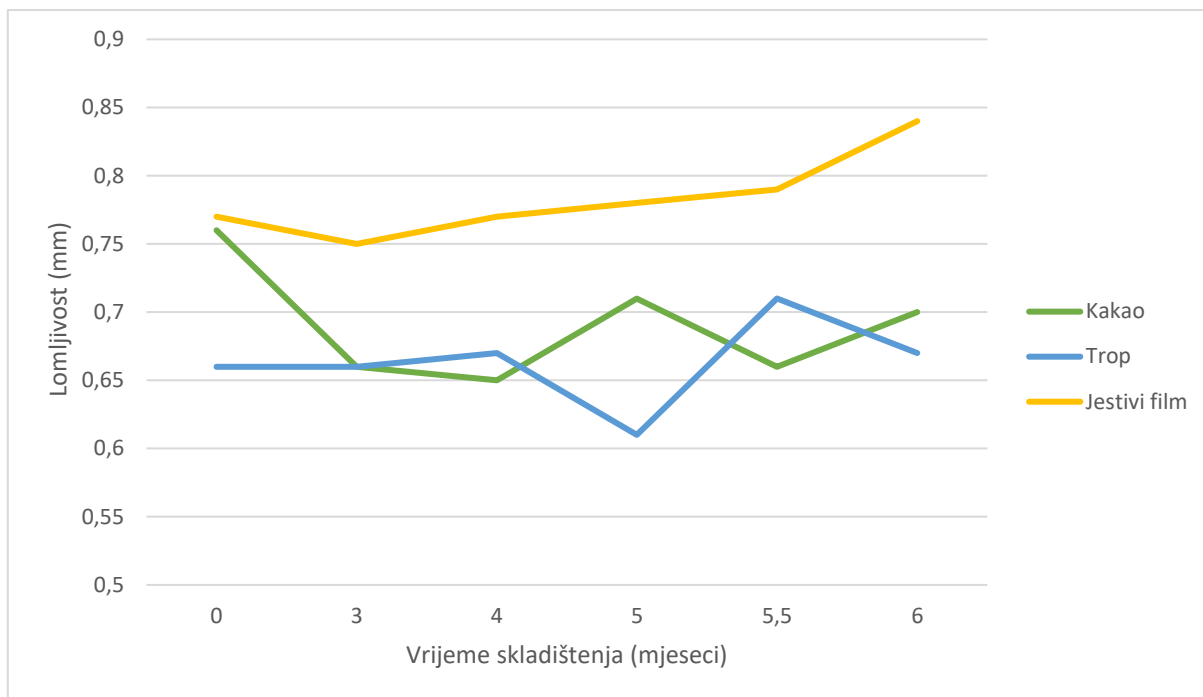
4. REZULTATI I RASPRAVA

4.1. Svojstva teksture

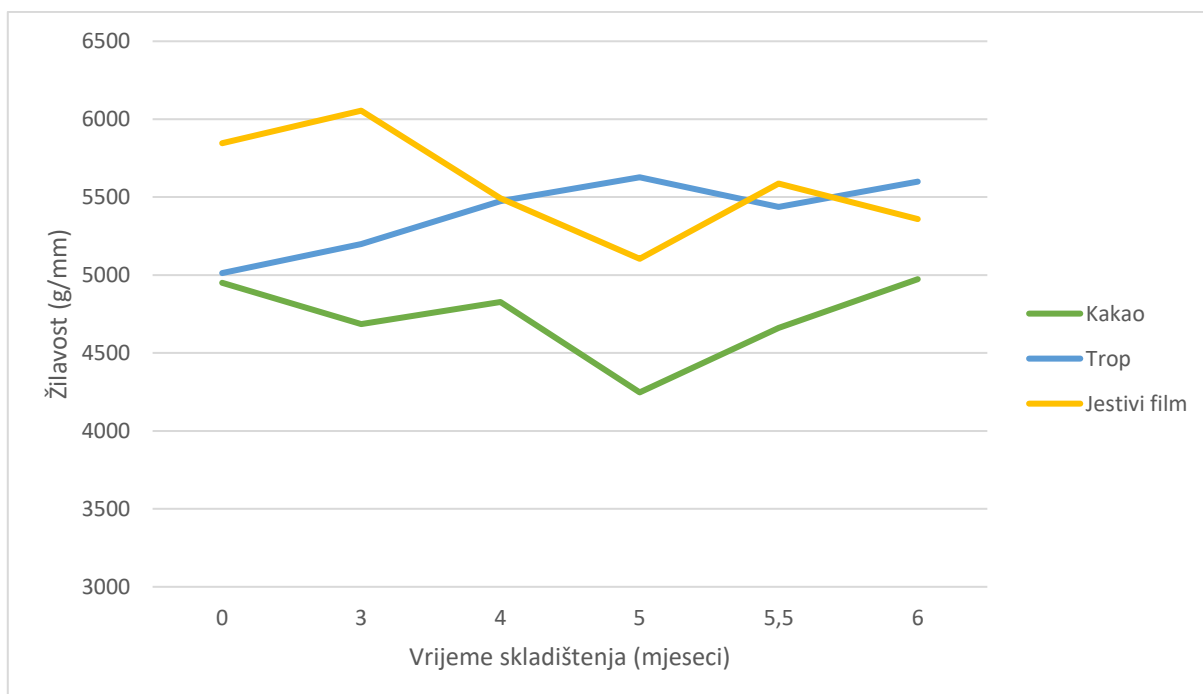
Dobiveni rezultati instrumentalno određenih svojstava teksture čajnih peciva tijekom skladištenja su prikazani u obliku grafova. Na slici 6 je prikazan dijagram promjene tvrdoće ispitivanih uzoraka čajnog peciva tijekom skladištenja u trajanju od 6 mjeseci, slika 7 predstavlja promjenu svojstva lomljivosti tih uzoraka u vremenu od 6 mjeseci, dok je na osmoj slici prikazana promjena parametra žilavosti, tj. otpora uzoraka prema lomljenju.



Slika 6. Promjena tvrdoće (g) uzoraka čajnog peciva tijekom 6 mjeseci skladištenja



Slika 7. Promjena lomljivosti (mm) uzoraka čajnog peciva u razdoblju od 6 mjeseci



Slika 8. Promjena žilavosti (g/mm) uzoraka čajnih peciva tijekom 6 mjeseci

Početna teza prije usporedbe rezultata je bila da čajna peciva na čiju površinu su aplicirani jestivi premazi imaju manju lomljivost, a veću žilavost u odnosu na ostala dva uzorka bez jestivih premaza. Razlog te pretpostavke je da su unatoč naknadnom procesu sušenja, na površinu čajnih peciva bili aplicirani jestivi premazi u tekućem stanju, a povećanjem vlažnosti tekstura proizvoda postaje mekša (Chowdhury i sur., 2012). Dobiveni rezultati ukazuju da su parametri tvrdoće i lomljivosti kod čajnog peciva s jestivim premazom bili najveći tijekom cijelog vremena skladištenja. Nadalje, početna žilavost uzorka s jestivim premazom je bila veća u odnosu na ostale uzorke, ali se s vremenom skladištenja smanjila i približila žilavosti uzoraka bez jestivog filma. Mogući uzrok tome je utjecaj složene strukturne molekulske građe apliciranih polisaharida. Također, u toj vrsti čajnih peciva se osim kakao praha nalazi i određeni udio tropa što je doprinijelo nešto tvrđoj teksturi u kasnijoj fazi skladištenja radi većeg udjela prehrambenih vlakana u tropovima (Molnar i sur., 2020). Također, osim početne žilavosti, vrijednosti žilavosti tijekom skladištenja su bile veće kod čajnih peciva u kojima je dio kakao praha bio zamijenjen tropom.

Sljedeća pretpostavka je bila da se tekstura polako narušava prilikom skladištenja, odnosno da se vrijednosti ispitivanih svojstava smanjuju radi odvijanja pojedinih reakcija koje naposljetku dovode do smanjenja kvalitete samog proizvoda. Također, bilo je pretpostavljeno da će taj pad biti manji kod uzoraka čajnih peciva na čiju su površinu aplicirani jestivi premazi pošto je jedan od ciljeva njihove aplikacije povećanje stabilnosti i produljenje roka trajanja proizvoda (Cagri i sur., 2004). Usporedbom rezultata vidljivo je da ispitivane vrijednosti parametara teksture nisu padajuće niti konstante, već variraju tijekom cijelog vremena skladištenja proizvoda. Razlog tome može biti migracija tvari unutar čajnog peciva, ponajprije vode i masnoće. Migracija vode u proizvodu se prvenstveno odvija radi težnje za uspostavljanjem ravnoteže sa ostalim komponentama hrane, ali i okolinom s kojom je proizvod u neposrednom kontaktu. Fluktuacija vode potiče migraciju ostalih komponenata kao što su masnoće što posljedično rezultira razvojem kemijskih reakcija poput oksidacije lipida (Labuza i Hyman, 1998; Manley, 2000). Osnovni faktori koji utječu na brzinu i količinu migrirane vode su aktivitet vode i brzina difuzije (Labuza i Hyman, 1998).

Na dobivanje konačnih podataka o parametrima teksture utjecali su i čimbenici koji nisu povezani s recepturom ili odvijanjem fizikalno-kemijskih procesa tijekom proizvodnje i skladištenja. Naime, veliki utjecaj na dobivene rezultate ima i činjenica da ispitivana čajna peciva nisu proizvedena industrijski, već ručno što dovodi do nemogućnosti dobivanja identičnih dimenzija svakog peciva. Također, prilikom same provedbe mjerenja moguće je pogrešno očitavanje ukoliko se uzorak kod ispitivanja na donje nosače ne stavlja centralno.

4.2. Rezultati određivanja udjela vode

Tijekom posljednja 2 mjeseca u uzorcima je određivan i udio vlage zbog sumnje na prodor vode u ambalažni materijal. Prema Pravilniku o žitaricama i proizvodima od žitarica (Pravilnik, 2016) nužno je da taj udio bude manji od 5 %. Dobiveni rezultati su prikazani u tablici 2.

Tablica 2. Udio vode u ispitivanim uzorcima tijekom posljednja 2 mjeseca skladištenja

Vrijeme (mjeseci)	Udio vode (%)		
	kakao	trop	Jestivi film
0	3,55	3,67	3,72
5	3,66	3,71	4,51
5,5	3,96	4,01	4,79
6	3,95	4,01	5,09

Praćena je i promjena udjela vlage u uzorcima čajnih peciva, jer bi naglo povećanje vlažnosti bio bi indikator nepravilnog pakiranja ili skladištenja. Ukoliko ambalažni materijal nije bio pažljivo zavaren ili se rukovanjem ošteti, moguć je prodor vlage i kisika kroz oštećene ili nedovoljno zavarene dijelove. Čajno pecivo je iznimno higroskopan proizvod jer sadrži vrlo mali udio vode pa bi na sebe brzo navukao vodu ukoliko bi se pronašao u vlažnijoj okolini s ciljem uspostavljanja ravnoteže. Povećanje količine vode u proizvodima bi bitno utjecalo na teksturalna svojstva čajnih peciva (Chowdhury i sur., 2012).

Mjerenjem je utvrđeno da nije došlo do naglog porasta vlage u ispitivanim uzorcima što znači da je pakiranje i skladištenje bilo ispravno provedeno. Najmanji udio vode je izmjeren u čajnim pecivima koja nisu sadržavala dodatke tropa te se kod te vrste čajnih peciva udio vode blago povećava prilikom skladištenja, ali ostaje u zakonski dozvoljenim količinama tijekom cijelog predviđenog roka trajanja proizvoda. Nadalje, kod čajnih peciva s dodatkom tropa grožđa i aronije također je primijećen blagi porast udjela vode između prva dva mjerenja, dok je nakon trećeg mjerenja utvrđena stagnacija. Čajna peciva u čiji sastav osim tropa ulaze i jestivi premazi koji su aplicirani na površinu, nakon pet mjeseci skladištenja sadržavaju veće udjele vode u odnosu na ostale dvije vrste čajnih peciva. Ti proizvodi sadrže veći udio vlage zbog već prije spomenutih jestivih premaza koji su aplicirani u tekućem stanju. Nakon 6 mjeseci skladištenja utvrđeno je da je udio vode u uzorcima te vrste čajnog peciva iznosio više od 5 % i time je prema Pravilniku o žitaricama i proizvodima od žitarica (Pravilnik, 2016) prekoračen maksimalni dopušteni udio vode pa se u ovom slučaju ovakav proizvod više ne bi smio nalaziti na policama dućana.

5. ZAKLJUČAK

Na temelju dobivenih rezultata vidljivo je da tijekom adekvatnog pakiranja i skladištenja čajnih peciva dolazi do određenih promjena u teksturi, točnije do promjena u svojstvima tvrdoće, lomljivosti i žilavosti. Ta svojstva se kroz predviđeno vrijeme roka trajanja ne smanjuju niti povećavaju, već variraju. Varijacije vrijednosti parametara teksture su rezultat migracije tvari unutar proizvoda, a ponajprije vode i masnoće.

Usporedbom svojstava teksture svih triju vrsta čajnih peciva ustanovljeno je da uzorci u koje je dodan trop grožđa i aronije te uzorci s tropom i jestivim premazom pokazuju veća svojstva žilavosti u odnosu na kakao čajna peciva bez dodatka tropa i premaza. Također, čajna peciva koja sadrže trop, a na čiju je površinu apliciran jestivi premaz pokazuju najveće vrijednosti svojstva tvrdoće i lomljivosti te početne žilavosti. Kod primjene tekućeg jestivog premaza potrebno je pratiti udjel vlage prilikom skladištenja.

6. LITERATURA

- Beckett, S. T. (2009). Industrial chocolate manufacture and use, 4.izd., John Wiley and sons, Inc. str. 135-142, 623-627.
- Bourtoom, T. (2008). Edible films and coatings: characteristics and properties. *International Food Research Journal*. **15 (3)**: 237-248.
- Buljan, J. (2020). Barijerna i mehanička svojstva jestivih filmova od kitozana s ekstraktom sjemenki grožđa, Diplomski rad, Prehrambeno-biotehnološki fakultet, Zagreb.
- Cagri, A., Ustunol, Z., i Ryser, E. T. (2004). Antimicrobial edible films and coatings. *Journal of Food Protection*. **67 (4)**: 833-848.
- Chowdhury, K., Khan, S., Karim, R., Obaid, M., Hasan, G. M. M. A. (2012). Quality and Shelf-Life Evaluation of Packaged Biscuits Marketed in Bangladesh. *Bangladesh Journal of Scientific and Industrial Research*. **47 (1)**: 29-42.
- Davidson, I. (2019). Biscuit, cookie and cracker production: process, production and packaging equipment, Academic Press. str. 1, 165-172.
- Goldoni, L. (2004). Tehnologija konditorskih proizvoda–kakao i čokolada. Kugler, Zagreb. str. 93-108.
- Hrg, D. (2015). Utjecaj granulacije šećera na temperaturni profil tijekom pečenja čajnog peciva, Diplomski rad, Prehrambeno-tehnološki fakultet, Osijek, str. 2, 9-12.
- Kilcast, D. (2004) Texture in food. Vol 2: solid foods, Boca Raton, CRC Press, str. 3-32, 109-145.
- Longoria-García, S., Cruz-Hernández, M., Flores-Verástegui, M., Martínez-Vázquez, G., Contreras-Esquivel, J., Jiménez-Regalado, E., i Belmares-Cerda, R. (2020). Rheological effects of high substitution levels of fats by inulin in whole cassava dough: chemical and physical characterization of produced biscuits. *Journal of food science and technology*. **57 (4)**: 1517-1522.
- Labuza, T. P., i Hyman, C. R. (1998). Moisture migration and control in multi-domain foods. *Trends in Food Science & Technology*. **9 (2)**: 47-55.
- Laguna L., Vallons, K. J., Jurgens, A., Sanz, T. (2013). Understanding the affect of sugar and sugar replacement in short dough biscuits. *Food and Bioprocess Technology*. **6 (11)**: 3143-3154.
- Llobera, A., Canellas, J. (2007). Dietary fibre content and antioxidant activity of Manto Negro red grape (*Vitis vinifera*): pomace and stem. *Food chemistry* **101 (2)**: 659-666.

Mamat, H., i Hill, S. E. (2014). 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.

Manley D. (2000) Technology of biscuits, crackers and cookies, 3.izd., CRC Press. str. 2, 79-151, 201-220, 323-350, 395-427, 458-474.

Molnar, D., Novotni, D., Krisch, J., Bosiljkov, T., Ščetar, M. (2020). The optimisation of biscuit formulation with grape and aronia pomace powders as cocoa substitutes. *Hrvatski časopis za prehrambenu tehnologiju, biotehnologiju i nutricionizam*. **15 (1-2)**: 39-45.

Othman, A., Ismail, A., Ghani, N. A., Adenan, I. (2007). Antioxidant capacity and phenolic content of cocoa beans. *Food chemistry*. **100 (4)**: 1523-1530.

Pareyt, B., Talhaoui, F., Kerckhofs, G., Brijs, K., Goesaert, H., Wevers, M., Delcour, J. A. (2009). The role of sugar and fat in sugar-snap cookies: Structural and textural properties. *Journal of Food Engineering*. **90 (3)**: 400-408.

Pravilnik o kakau i čokoladnim proizvodima (2005) *Narodne novine* **73** (NN 73/2005).

Pravilnik o žitaricama i proizvodima od žitarica (2016) *Narodne novine* **81** (NN 81/2016).

Skurtys, O., Acevedo, C., Pedreschi, F., Enrione, J., Osorio, F., Aguilera, J. M. (2010) Food hydrocolloid edible films and coatings. U: Food Hydrocolloids: Characteristics, Properties and Structures (Hollingworth, C. S., ured.), Nova Science Publishers, Inc., New York, str. 41- 80.

Stable Micro Systems. Texture Analysis – a Beginner's Guide

< <https://www.stablemicrosystems.com/>> pristupljeno 28. lipnja 2021.

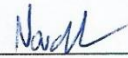
Tarancón, P., Sanz, T., Salvador, A., i Tárrega, A. (2014). Effect of fat on mechanical and acoustical properties of biscuits related to texture properties perceived by consumers. *Food and bioprocess technology*. **7 (6)**: 1725-1735.

Yilmaz, Y., Toledo, R. T. (2006). Oxygen radical absorbance capacities of grape/wine industry byproducts and effect of solvent type on extraction of grape seed polyphenols. *Journal of Food Composition and Analysis*. **19 (1)**: 41-48.

Zbikowska, A., Kozłowska, M., Poltorak, A., Kowalska, M., Rutkowska, J., Kupiec, M. (2018). Effect of addition of plant extracts on the durability and sensory properties of oat flake cookies. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*. **134 (2)**: 1101-1111.

Izjava o izvornosti

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



ime i prezime studenta