

# Određivanje reoloških parametara u funkcionalnim želiranim proizvodima na bazi jagode i maginje

---

**Peteh, Maria**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2024**

*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:159:078929>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-03-27**



*Repository / Repozitorij:*

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



**Sveučilište u Zagrebu  
Prehrambeno-biotehnološki fakultet  
Sveučilišni prijediplomski studij Prehrambena tehnologija**

**Maria Peteh**  
0058219952

**ODREĐIVANJE REOLOŠKIH PARAMETARA U FUNKCIONALNIM ŽELIRANIM  
PROIZVODIMA NA BAZI JAGODE I MAGINJE**

**Predmet / Naziv znanstveno-istraživačkog ili stručnog projekta:** Fenomeni prijelaza / „From Edible Sprouts to Healthy Food – Feed“ (Prima Call 2022, Prima Section 2 – Multi Topic 2022, Topic 2.3.1 (RIA) Enabling the transition to healthy and sustainable dietary behaviour) (HORIZON 2020 Programme)

**Mentor:** Izv. prof. dr. sc. Tomislav Bosiljkov

**Zagreb, 2024.**

# TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Završni rad

Sveučilište u Zagrebu  
Prehrambeno-biotehnološki fakultet  
Sveučilišni prijediplomski studij Prehrambena tehnologija

Zavod za procesno inženjerstvo  
Laboratorij za tehnološke operacije

Znanstveno područje: Biotehničke znanosti  
Znanstveno polje: Prehrambena tehnologija

## Određivanje reoloških parametara u funkcionalnim želiranim proizvodima na bazi jagode i maginje

Maria Peteh, 0058219952

**Sažetak:** U ovom istraživanju korišteni su uzorci ekstra džemova od jagode i maginje, pripremljeni uz dodatak različitih vrsta šećera (saharoza vs. fruktoza) te različitih udjela vodenog ekstrakta lista planike (0 %, 15 % i 30 %, v/w). Cilj rada je bio odrediti reološke parametre, tj. teksturna svojstva želiranih uzoraka uzimajući u obzir da su pripremljeni od različitih vrsta voća, te uz dodatak različitih šećera i udjela vodenog ekstrakta lista planike. Utvrđeno je da vrsta voća najviše utječe na promjenu svih mjerenih teksturnih svojstava te na vrijednosti raspodjele veličine čestica,  $d$  (0,1),  $d$  (0,5),  $D$  (3,2) i  $D$  (4,3). Vrsta šećera nije utjecala na teksturna svojstva, dok je povećanje udjela ekstrakta pokazalo trend smanjenja. Usporedbom teksturnih svojstava sa rezultatima raspodjele veličine čestica, utvrđeno je da uzorci maginje koji imaju veći broj čestica manjeg promjera, imaju trend povećanja vrijednosti čvrstoće, konzistencije, kohezivnosti i indeksa viskoznosti.

**Ključne riječi:** jagoda, maginja, tekstura, raspodjela veličine čestica, reologija

**Rad sadrži:** 30 stranica, 16 slika, 4 tablice, 47 literaturnih navoda

**Jezik izvornika:** hrvatski

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

**Mentor:** Izv. prof. dr. sc. Tomislav Bosiljkov

**Komentor:** -

**Pomoć pri izradi:** Anica Bebek Markovinović, mag. ing.

**Datum obrane:** 10. srpnja 2024.

## BASIC DOCUMENTATION CARD

Undergraduate thesis

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

Department of Process Engineering  
Laboratory for Unit Operations

Scientific area: Biotechnical Sciences  
Scientific field: Food Technology

**Determination of rheological parameters in functional jelly products based on strawberry and strawberry tree fruit**

**Maria Peteh, 0058219952**

**Abstract:** For the preparation of this thesis, samples of extra strawberry and strawberry tree (*Arbutus unedo*) jams were used. These samples were prepared with different types of sugar (sucrose vs. fructose) and varying proportions of aqueous extracts of strawberry tree leaves (0 %, 15 %, and 30 %). The aim of this study was to determine the rheological properties, i.e., the textural properties of the samples, taking into account the different types of fruit, sugar, and proportions of aqueous extracts of strawberry tree leaves used. It was found that the type of fruit had the most significant impact on all measured textural properties and on the particle size distribution values,  $d(0,1)$ ,  $d(0,5)$ ,  $D(3,2)$ , and  $D(4,3)$ . The type of sugar did not affect the textural properties, whereas an increase in the proportion of the extract showed a trend of reduction. Comparing the textural properties with the particle size distribution results, it was found that strawberry tree samples with a larger number of smaller diameter particles tend to have increased values of firmness, consistency, cohesiveness, and viscosity index.

**Keywords:** strawberry, strawberry tree fruit, texture, particle size distribution, rheology

**Thesis contains:** 30 pages, 16 figures, 4 tables, 47 references

**Original in:** Croatian

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

**Mentor:** Tomislav Bosiljkov, PhD, Associate Professor

**Co-mentor:** -

**Technical support and assistance:** Anica Bebek Markovinović, mag. ing.

**Thesis defended:** July 10, 2024.

## Sadržaj

|                                                                  |           |
|------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. UVOD.....</b>                                              | <b>1</b>  |
| <b>2. TEORIJSKI DIO .....</b>                                    | <b>2</b>  |
| 2.1 JAGODA .....                                                 | 2         |
| 2.2 MAGINJA .....                                                | 3         |
| 2.3 TEKSTURA .....                                               | 4         |
| 2.3.1. METODE ODREĐIVANJA TEKSTURE .....                         | 4         |
| 2.3.2. TEKSTURA SVJEŽEG I PREREĐENOG VOĆA .....                  | 6         |
| 2.3.3. TEKSTURA ŽELIRANIH PROIZVODA.....                         | 7         |
| 2.4. RASPODJELA VELIČINE ČESTICA.....                            | 8         |
| <b>3. EKSPERIMENTALNI DIO .....</b>                              | <b>10</b> |
| 3.1 MATERIJALI .....                                             | 10        |
| 3.2 METODE.....                                                  | 10        |
| 3.2.1 PRIPREMA VOĆNE SIROVINE .....                              | 10        |
| 3.2.2 PRIPREMA VODENOG EKSTRAKTA LISTA PLANIKE.....              | 10        |
| 3.2.3 PRIPREMA UZORAKA EKSTRA DŽEMA OD JAGODE I MAGINJE.....     | 10        |
| 3.2.4 ODREĐIVANJE TEKSTURALNIH SVOJSTAVA TESTOM EKSTRUZIJE ..... | 12        |
| 3.2.5 ODREĐIVANJE RASPODJELE VELIČINE ČESTICA.....               | 13        |
| 3.2.6 STATISTIČKA ANALIZA .....                                  | 14        |
| <b>4. REZULTATI I RASPRAVA.....</b>                              | <b>15</b> |
| 4.1. TEKSTURA.....                                               | 16        |
| 4.2. RASPODJELA VELIČINE ČESTICA.....                            | 22        |
| <b>5. ZAKLJUČCI.....</b>                                         | <b>26</b> |
| <b>6. POPIS LITERATURE .....</b>                                 | <b>27</b> |

## 1. UVOD

Tekstura je vrlo važno svojstvo svježih i obrađenih prehrambenih proizvoda, koje se može mjeriti instrumentalnim i senzorskim metodama, odnosno testovima destruktivne i/ili nedestruktivne prirode, a rezultati analize koriste se kao parametri kvalitete i prihvaćenosti raznih prehrambenih proizvoda. Važnost pojedinog teksturnog svojstva varira za različite prehrambene proizvode. Od želiranih proizvoda kao što su džemovi, očekuje se da posjeduju želiranu konzistenciju koja će im omogućiti brzo razmazivanje, ali i dovoljnu čvrstoću kako ne bi bili tekući.

Ekstra džem je popularan želirani proizvod proizveden od voća, pektina, kiseline i šećera. Svaki od navedenih sastojaka ima određenu ulogu kojom utječe na teksturna i senzorska svojstva proizvoda. Ovaj želirani proizvod se proizvodi ukuhavanjem navedenih sastojaka, pri čemu se djelovanjem topline i mehaničkog miješanja odvijaju određene promjene u parenhimskim stanicama plodova voća što u konačnici rezultira mekšanjem tkiva voća, a uzajamnim djelovanjem pektina, šećera i kiseline formira se gel, koji utječe na reološka svojstva džema.

Džemovi su se počeli proizvoditi kao oblik konzerviranja sezonskog voća, pri čemu se konzervirajući efekt postiže koncentriranjem i dodatkom šećera. Danas se za ovaj, kao i za mnoge druge želirane proizvode, istražuju mogućnosti nutritivnog obogaćivanja. Osim sa navedenim tradicionalnim sastojcima, uzorci ekstra džema su u ovom radu proizvedeni uz dodatak vodenog ekstrakta lista planike, koji ovom proizvodu povećava udio polifenolnih i antioksidacijskih spojeva.

Cilj ovog rada bio je istražiti utjecaj dodatka različite količine vodenog ekstrakta lista planike i različite vrste šećera na teksturna svojstva ekstra džemova od jagode i maginje. Također je određena i opisana raspodjela veličine čestica kako bi se dobivene rezultate teksture povezalo sa mikrostrukturom odnosno veličinom i razmještajem čestica unutar uzoraka.

## 2. TEORIJSKI DIO

### 2.1 Jagoda

Jagoda (*Fragaria x ananassa* Duch.) je najvažnija kultivirana vrsta jagode koja pripada obitelji *Rosaceae* i rodu *Fragaria*. Slučajni je hibrid čileanske vrste *Fragaria chiloensis* i Američke vrste *Fragaria virginiana* (Janick i Paull, 2008). Vrlo je prilagodljiva različitim tropskim i suptropskim klimatskim uvjetima (Sharna i sur., 2019). Većinom se uzgaja na otvorenom, ali je sve popularniji uzgoj u plastenicima i staklenicima zbog mogućnosti kontrole uvjeta uzgoja, čime se omogućuje produljenje sezone i izvansezonska proizvodnja (Kouloumprouka Zacharaki i sur., 2024; Hancock, 1999). Također je pogodna za uzgoj suvremenim tehnikama kao što su krovno vrtlarstvo, vertikalno vrtlarstvo i visokotehnološki zaštićeni uzgoj. Plod jagode atraktivnog je izgleda, slatkog i harmoničnog okusa te ima visoku hranjivu vrijednost i dostupan je tijekom cijele godine, što ga čini redovitim dijelom prehrane mnogih ljudi (Sharna i sur., 2019). Najčešće se konzumiraju svježi plodovi jagode, a zatim i plodovi prerađeni u džemove i druge želirane proizvode, sokove, bombonske proizvode te kao voćni dodatci u sladoledu i jogurtu (Saleem i sur., 2024; Maas i sur., 1991). Nedostatak ove voćne vrste jest kratak rok trajanja nakon berbe, što ograničava njegov svježi tržišni potencijal. Također, radi se o plodu koji je vrlo osjetljiv na mehanička oštećenja, gubitak vode i kontaminaciju plijesnima. Razlog tome je njegov kemijski sastav, odnosno visoki udio vode (Sharna i sur., 2019). Naime, jagode sadrže približno 90% vode i 10% suhe tvari. Od ukupne topljive suhe tvari, 40% čine šećeri glukoza i fruktoza. Svježa jagoda odlikuje se velikom količinom vitamina C, a od organskih kiselina je najviše zastupljena limunska kiselina te su prisutne značajne razine i polifenolnog spoja elaginske kiseline, za koju se smatra da ima antikancerogena svojstva (Wei i sur., 2024; Maas i sur., 1991). Sun i sur. (2002) navode kako su jagode iznimno bogate prirodnim antioksidansima što korelira s visokom razinom polifenolnih spojeva. Tome u prilog svjedoče i rezultati istraživanja Bursać Kovačević i sur. (2015) gdje je usporedbom sadržaja ukupnih fenola, flavonoida i ukupnih antocijana svježeg ploda jagode i ploda prerađenog u džem, zaključeno da pored svježih plodova, i voće prerađeno u džem također predstavlja značajan izvor antioksidacijskih spojeva iako uslijed prerade dolazi do gubitaka polifenolnih spojeva.

## 2.2 Maginja

Obična planika ili maginja (*Arbutus unedo* L.) je zimzelena vrsta koja pripada porodici *Ericaceae*, a poznata je i pod nazivom jagodnjak. Samonikla je biljka eumediteranske zone koja raste u obliku grma ili nižeg stabla do prosječne visine od 3 m (Ait Lhaj i sur., 2021; Šic Žlabur i sur., 2019). Budući da je potrebno približno godinu dana da plodovi planike sazriju, na stablu se istovremeno nalaze zvonoliki cvijetovi i plodovi u različitim fazama zrelosti (slika 1), a kada sazrije, plod maginje je izražene narančastocrvene boje, okruglog oblika i promjera do 2 cm te je tada bogat mineralima, vitaminima, prehrambenim vlaknima i jednostavnim šećerima (Bebek Markovinović i sur., 2022). Unatoč primamljivom izgledu, plodovi se obično ne konzumiraju u svježem stanju, već u obliku prerađevina kao sastavni dio raznih želiranih proizvoda poput džema i marmalade te alkoholnih pića (Ait Lhaj i sur., 2021; Miguel i sur., 2014). Šic Žlabur i sur. (2019) su u svojem radu promatrali nutritivni potencijal džema od maginje te su zaključili da pripremljeni džem sadrži veliku količinu bioaktivnih spojeva, od čega najviše vitamin C i fenolnih spojeva. Također navode da je vodeni ekstrakt listova planike bogat polifenolnim spojevima te ima visoki antioksidacijski kapacitet.



Slika 1. Planika (vlastita fotografija)

## 2.3 Tekstura

Tekstura je vrlo složeni pojam čija se definicija kroz vrijeme razvija i proširuje sa novim saznanjima i istraživanjima (Szczesinak, 2002). Noviju definiciju teksture ponudila je 2020. godine Internacionalna organizacija za standardizaciju (ISO) koja pod ovim pojmom podrazumijeva sve mehaničke, geometrijske i površinske karakteristike proizvoda, koje se mogu percipirati mehaničkim i taktilnim te po potrebi vizualnim i slušnim osjetilima. Veličina, oblik i razmještaj čestica u proizvodu predstavljaju njegove geometrijske karakteristike, dok se površinske karakteristike mogu manifestirati kao klizavost ili anti-trenje, ovisno o udjelu masti i/ili vode koji se u proizvodu nalazi. Tvrdća, kohezivnost, viskoznost, elastičnost i ljepljivost predstavljaju pet osnovnih mehaničkih karakteristika kojima se opisuje odgovor proizvoda na izlaganje naprezanju (ISO 11036, 2020). Tvrdća materijala proporcionalna je sili koju je na materijal potrebno primijeniti da se postigne njegova deformacija, penetracija ili puknuće. Ovo svojstvo dolazi do izražaja prilikom kompresije krute hrane među zubima, odnosno polutekuće hrane između jezika i nepca (ISO 5492, 2008). Kohezivnost je mehaničko svojstvo materijala, koje opisuje mjeru njegove deformacije prije puknuća, uvjetovanu svojstvom unutarnje adhezivnosti, odnosno ljepljivosti i povezanosti čestica od kojih je materijal sastavljen. Adhezija materijala odnosi se na rad koji je potrebno uložiti da se nadjača privlačna sila između dviju povezanih površina, odnosno da se dvije površine izrađene od različitog materijala, razdvoje (Pereira i sur., 2021). Viskoznost je svojstvo karakteristično za sve tekućine. Njime se izražava mjera unutarnjeg trenja odnosno, viskoznost predstavlja otpornost materijala prema tečenju ili smicanju. (Papanastasiou i sur., 2021; Viswanath i sur., 2007). Svojstvo elastičnosti uključuje brzinu i stupanj oporavka materijala u oblik i stanje u kojem je bio nakon što je na njega primjenjena deformirajuća sila (ISO 5492, 2008).

### 2.3.1. Metode određivanja teksture

Tekstura hrane može se odrediti provođenjem različitih senzorskih (subjektivnih) i instrumentalnih (objektivnih) testova (Mihafu i sur., 2020; Chen i Opara, 2013). Senzorski testovi određuju organoleptička svojstva proizvoda analizom uzorka pomoću pet osjetila (vida, sluha, njuha, okusa i dodira) i odraz su ljudske percepcije prema uzorcima (Chen i Opara, 2013). Iako su testovi dugotrajni i skupi (Mihafu i sur., 2020; Bourne, 2002), rezultati koji se dobivaju ovim testovima, daju podatke o prihvatljivosti proizvoda od strane potrošača (Barrett i sur., 2010).

Senzorski testovi se obzirom na osjetilo kojim se provodi mjerenje mogu podijeliti na oralne i neoralne testove (Bourne, 2002) te na analitičke i afektivne ovisno o vrsti podatka koji se tim testom dobiva. Analitički testovi koriste se za detekciju razlika i opis proizvoda, a afektivni za otkrivanje preferiranih uzoraka. Analitičko mjerenje provodi manji broj treniranih, a afektivno veći broj ne treniranih ocjenitelja, odnosno panelista. (Mihafu i sur., 2020; Dethmers i sur., 1981). Objektivni testovi se provode pomoću instrumenata, direktnim određivanjem teksturalnih svojstava materijala ili indirektno, mjereći fizikalne veličine koje ukazuju na određena teksturalna svojstva. U direktne objektivne testove, ubrajaju se fundamentalni, empirijski i imitacijski testovi. Fundamentalni testovi određuju dobro definirana reološka svojstva i polaze od pretpostavke da je testirani materijal kontinuiran, izotropan, tj. da pokazuje ista fizikalna svojstva u svakom smjeru, da je homogen i ujednačenog ili pravilnog oblika. Međutim, većina uzoraka ne udovoljava jednoj ili više navedenih pretpostavki (Bourne, 2002). Empirijski testovi razvijeni su provedbom eksperimenata i zapažanjem korelacije dobivenih rezultata sa teksturnim i senzorskim svojstvima proizvoda. Provedeni eksperimenti usko su vezani za pojedine specifične grupe namirnica te se njihovi rezultati ne mogu međusobno uspoređivati s drugim namirnicama (Chen i Opara, 2013; Rosenthal, 1999). Većina testova kojima se određuju teksturna svojstva voća i povrća bazirana je na empirijskim ili polu-empirijskim metodama (Barrett i sur., 2010). Imitacijske testove provode instrumenti koji su dizajnirani tako da imitiraju uvjete i radnje koje se odvijaju prilikom procesa žvakanja hrane, simulirajući silu i mjereći deformacije koje pritom na hrani nastaju (Bourne, 2002). Za razliku od rezultata fundamentalnih testova, rezultati empirijskih i imitativnih testova dobro koreliraju sa rezultatima senzorske analize, međutim obično nema teorije kojom se ti rezultati mogu objasniti (Barrett i sur., 2010; Bourne, 2002).

Senzorske metode obično se koriste prilikom proizvodnje novih proizvoda, a instrumentalne za rutinsko mjerenje kvalitete. Ipak, kombiniranjem ove dvije metode, mogla bi se povećati efikasnost i točnost dobivenih rezultata (Mihafu i sur., 2020; Barrett i sur., 2010).

Druga podjela metoda kojima se određuje tekstura svježih i obrađene hrane je na destruktivne i nedestruktivne metode. Češće se upotrebljavaju destruktivne, tijekom kojih se kompresijom ili probadanjem materijala ostvaruju velike deformacijske sile (Barrett i sur., 2010). Test ekstruzije je destruktivna metoda kojom se promatra ponašanje uzorka prilikom ekstruzije, kompresije i smicanja (Barrett i sur., 2005). Nedestruktivne metode poput ultrazvučnih ili optičkih, brze su metode koje se mogu koristiti za kontinuiranu analizu teksture polučvrste hrane kao što je voće. (Molina-Delgado i sur., 2009). Međutim, visoka cijena uređaja i operativnih troškova ograničavaju njihovu upotrebu (Chen i Opara, 2013).

### 2.3.2. Tekstura svježeg i preređenog voća

Tekstura svježeg voća određena je strukturnim karakteristikama njihovih tkiva, odnosno mehaničkim svojstvima stanica od kojih su ta tkiva sastavljena. Jestivi dijelovi voća i povrća uglavnom su sastavljeni od parenhima, nespecijaliziranog tkiva koje se sastoji od parenhimskih stanica i međustaničnih prostora. Parenhimske stanice su sastavljene od jedne ili više vakuola, citoplazme, stanične membrane i stanične stijenke te središnje lamele.

Budući da su plodovi voća uglavnom građeni od slabih, nestrukturnih parenhimskih stanica, njihova su teksturna svojstva definirana obilježjima stanične stijenke, unutarnjim tlakom stanice i međustaničnom adhezijom (Van Buggenhout i sur., 2009; Waldron, 2004). Stanična stijenka je građena od celuloze, hemiceluloze, pektinskih tvari i proteina. Građa i kompozicija ovih komponenata utječe na konzistenciju, glatkoću i sočnost voćnog tkiva (Waldron i sur., 2003). Unutarnji stanični tlak odnosno turgor nastaje zbog nejednolike raspodjele otopljenih tvari unutar i izvan protoplasta stanica. U protoplastu se nalazi veća koncentracija otopljenih tvari pa voda difundira prema stanicama, čime se volumen protoplasta i posljedično tlak na staničnu membranu i stanične stijenke povećava. (Waldron, 2004). Polupropusna membrana omogućuje osmozu, ali stanična stijenka osigurava krutost čime omogućuje povećanje turgorskog tlaka (Van Buggenhout i sur., 2009). Nadalje, uzrok međustanične adhezije je stanična struktura zvana središnja lamela. Ona obavija stanične stijenke biljnih stanica i djeluje kao adheziv koji međusobno povezuje stanice, čime pozitivno utječe na njihovu kompaktnost (Waldron, 2004; Waldron i sur., 2003). Također je utvrđeno da je biljno tkivo kompaktnije ukoliko je sastavljeno od manjih, gusto zbijenih stanica, između kojih se nalazi manje međustaničnog prostora. (Liu i sur., 2024; Van Buggenhout i sur., 2009). Strukturne karakteristike biljnog tkiva mijenjaju se s njegovim rastom i razvojem te načinom obrade nakon berbe. Sazrijevanjem voća odvija se enzimska razgradnja stanične stijenke, smanjuje se međumolekulska adhezivnost i povećava separacija stanica što sveukupno rezultira mekšanjem tkiva i smanjenjem njegove sočnosti. Pojam sočnost odnosi se na svojstvo ispuštanja soka iz voćnog tkiva prilikom mastikacije. Vanjski izgled prezrelog voća može dati dojam da je ono izgubilo sočnost no to nije pravilo, jer stanična tekućina može ostati zarobljena u stanicama. Sazrijevanje također može dovesti do pojave zrnate teksture kod nekih plodova kao što je kruška (Li i sur., 2024; Waldron, 2004). Slične pojave zabilježene su tretiranjem voćnog tkiva visokom toplinskom obradom. Primjenom topline, stanična membrane puca uslijed čega se gubi unutarnji tlak stanice što rezultira početnim smanjenjem tvrdoće tkiva (Van Buggenhout i sur., 2009; Greve et al., 1994). Daljnje mekšanje događa se djelomično zbog otapanja i depolimerizacije (Waldron i sur., 2003) te djelomično zbog degradacije pektinskih tvari reakcijama  $\beta$ -eliminacije (Waldron, 2004). Pektinske tvari čine oko

30% suhe tvari stanične stijenke i primarne su gradivne makromolekule središnje lamele (Van Buggenhout i sur., 2009). Iz tog razloga stanična stijenka i središnja lamela gube svoju funkciju, smanjuje se međustanična adhezija, stanice se lakše odvajaju i tkivo postaje mekše (Van Buggenhout i sur., 2009; Keijbets i Pilnik, 1974). Intenzitet i vrsta tretmana utječe na strukturu i funkciju pektina. Kod termalne obrade, važan je odabir temperature, vremena obrade i primijenjeni tlak. Izlaganje voća visokim temperaturama može dovesti do nepoželjnih organoleptičkih i teksturnih svojstava (Van Buggenhout i sur., 2009), dok se uporabom toplinske obrade pod visokim tlakom, može postići minimalni utjecaj na topljivost i depolimerizaciju pektina (De Roeck i sur., 2008).

Poznavanjem uzroka promjene teksture i strukture prilikom obrade, može se utjecati na trajnost proizvoda ili se manipulacijom pojedinih komponenata, kao što je pektin u slučaju proizvoda od voća, može proizvesti novi proizvod sa drugačijim strukturnim i teksturnim svojstvima (Van Buggenhout i sur., 2009).

### **2.3.3. Tekstura želiranih proizvoda**

Pravilnik o voćnim džemovima, želeima, marmeladama, pekmezu te zaslađenom kesten pireu (NN 84/19) definira ekstra džem kao proizvod sa odgovarajućom želiranom konzistencijom, koja se postiže kombiniranjem voćne pulpe i/ili voćne kaše jedne ili više vrsta voća, šećera i vode. Također je propisano da ovakav proizvod mora sadržavati 450 g voćne pulpe i/ili voćne kaše na 1000 g konačnog proizvoda.

Kao sredstvo za želiranje, koristi se pektin, a različito voće prirodno sadrži različitu količinu pektina. Ipak, voće često ne sadrži dovoljne udjele pektina, stoga ga je potrebno dodavati, a sve sa ciljem pripreme želiranog proizvoda odgovarajućih teksturnih svojstava (Biswas, 2021). Uloga dodatka pektina u razne prehrambene proizvode pa tako i u želirane proizvode, jest da djeluje kao sredstvo za želiranje, odnosno da promjeni reološka ili teksturna svojstva početne voćne sirovine (Prayitno, 2024; Hui, 2006). Iz tog razloga proizvodi u koje je dodan pektin poprimaju viskoelastična svojstva, a omjer njihove elastičnosti i viskoznosti ovisi o vrsti pektina i stupnju esterifikacije te pH vrijednosti želiranog proizvoda (Fissore i sur., 2009). Najčešće korišteni šećer koji se dodaje u želirane proizvode je saharoza. Dodatak šećera pozitivno utječe na okus, konzistenciju i tvrdoću džema. Također, šećer privlači i zadržava vodu, čime smanjuje aktivitet vode i produljuje rok trajanja proizvoda (Biswas, 2021). Želiranim proizvodima se također dodaje kiselina koja regulira kiselost, tj. snižuje pH vrijednost (Prayitno, 2024; Barrett, 2005) i time uvjetuje proces želiranja (Biswas, 2021).

## 2.4. Raspodjela veličine čestica

Raspodjela veličine čestica može se vršiti s obzirom na volumen, površinu, duljinu ili broj čestica (Instruments, 2007) i odrediti pomoću metoda kao što su brojanje čestica, fotometrija, sedimentacija i laserska difrakcija (Dodds, 2024; Beuselinck i sur., 1998).

Laserska analiza je često korištena metoda za određivanje veličine čestica i raspodjele veličine čestica tekućih i suhih uzoraka (Keck i Müller, 2008; Instruments, 2007). Jednostavna je za uporabu i reproducibilna te može analizirati čestice do nano veličina (Keck i Müller, 2008). Temelji se na činjenici da čestice određene veličine raspršuju svjetlost pod određenim kutem te da se kut raspršenja povećava sa smanjenjem veličine čestica. (Gajendra i sur., 2024; Beuselinck i sur., 1998). Mjerenje započinje pripremom uzorka kojeg je potrebno ubaciti u jedinicu za disperziju, gdje se razrjeđuje do odgovarajuće koncentracije i zatim dostavlja u optički dio uređaja u kojem stupa u interakciju sa laserskom zrakom. Podatak o raspršenju svjetlosti prikuplja se detektorima i obrađuje pomoću odgovarajućeg programskog paketa, koji koristi Fraunhoferovu ili Mie teoriju kako bi se izračunala veličina čestica u uzorku. Fraunhoferova teorija je jednostavnija, predviđa način raspršenja svjetlosti čvrstih, neprozirnih čestice poznate veličine s pretpostavkom da su oblika diska. Ova teorija nije precizna te je malo neprozirnih čestica oblika diska. Prihvaćenija je Mie teorija koja precizno predviđa način raspršivanja svjetlosti svih materijala pod svim uvjetima. Uzima u obzir apsorpciju, transmisiju i refrakciju svjetlosti sferičnih čestica. Međutim, malo koja čestica je sferična. To se rješava određivanjem ekvivalentnog promjera, tj. promjera teorijske kugle koja ima isti volumen ili površinu kao izvorna nepravilna čestica. Nedostatak je da je i za ovu teoriju potrebno znati neke informacije o česticama poput relativnog indeksa i apsorbancije.

Dobiveni rezultati raspodjele veličine čestica mogu biti prikazani na nekoliko načina: tablično, u obliku histograma, frekvencijske ili kumulativne frekvencijske krivulje. Histogram je sastavljen od niza stupaca čija širina predstavlja raspon veličina čestica, a visina postotak uzorka te veličine. Kumulativna frekvencijska krivulja može biti oblika krivulje prijelaza ili krivulje propada. Krivulja prijelaza prikazuje postotak uzorka iznad, a krivulja prolaza postotak uzorka ispod određene veličine čestica. Frekvencijska krivulja raspodjele dobiva se deriviranjem rezultata kumulativne krivulje. Maksimalna frekvencijske krivulje naziva se mod. On daje podatak o najviše pojavljivanom promjeru čestica u uzorku. Ukoliko se na krivulji nalazi više pikova, odnosno modova, znači da u uzorku postoji više skupina čestica određenih veličina.

U rezultatima nakon provedene analize prikazani su standardni postotci  $d(0,1)$ ,  $d(0,5)$  i  $d(0,9)$ .  $d(0,5)$  naziva se srednji maseni promjer ili medijan raspodjele čestica i predstavlja veličinu od koje je 50 % uzorka manje i 50 % uzorka veće.  $d(0,1)$  je promjer čestica od kojeg je 10 %, a  $d(0,9)$  promjer od kojeg je 90 % čestica manje.  $D[4,3]$  predstavlja srednji promjer momenta mase, a  $D[3,2]$  srednji promjer momenta površine ili Sauterovu sredinu (Gajendra i sur., 2024; Instruments, 2007).

### **3. EKSPERIMENTALNI DIO**

#### **3.1 Materijali**

Za provedbu eksperimentalnog dijela ovog završnog rada, korišteni su uzorci ekstra džemova od maginje i jagode, koji su pripremljeni s različitim udjelima vodenog ekstrakta lista planike (0 %, 15 %, 30 %), različitim tipom sladila (saharoza vs. fruktoza), 50 %-tnom limunskom kiselinom te 2.5 %-tnom pektinskom otopinom, prema planu pokusa (Tablica 2).

#### **3.2 Metode**

##### **3.2.1 Priprema voćne sirovine**

Voćna sirovina za ukuhavanje se priprema miješanjem odgovarajuće količine šećera sa homogeniziranim plodovima jagode ili maginje, nakon čega se ista prebaci u posudu od nehrđajućeg čelika.

##### **3.2.2 Priprema vodenog ekstrakta lista planike**

U odvagu mljevenog lista planike (5 g) nadodano je 400 mL destilirane vode, a ekstrakcija je provedena pomoću ultrazvučnog procesora UP400St (Hielscher, Teltow, Njemačka), snage 400 W, promjera sonde 22 mm, uz primjenu 100 % amplitude i 100 % pulsa tijekom 10 minuta. Ekstrakt je potom profiltriran u odmjernu tikvicu od 500 mL te destiliranom vodom nadopunjen do oznake. Skladišten je pri temperaturi od 4 °C do provedbe pripreme želiranih proizvoda.

##### **3.2.3 Priprema uzoraka ekstra džema od jagode i maginje**

Sukladno recepturi prikazanoj u tablici 1, u posudi od nehrđajućeg čelika se, uz lagano zagrijavanje, pomiješaju odgovarajuće količine pripremljene voćne pulpe sa šećerom te ekstrakt lista planike. Nakon što se masa zagrije, nastavlja se sa ukuhanjem pod atmosferskim tlakom uz konstantno miješanje te kada količina topljive suhe tvari, mjerena refraktometrom (ATAGO PAL-3, Atago Co., LTD, Tokyo, Japan), iznosi približno 40 %, dodaju se 50 %-tna limunska kiselina i 2.5 %-tna pektinska otopina te se kuhanje nastavi do 45 % topljive suhe tvari. 100 g pripremljenog vrućeg uzorka ulije se u prethodno sterilizirane staklene posude te se postupak ponovi za preostalih 11 uzoraka.

Tablica 1. Receptura za pripremu ekstra džema od jagode i maginje

|                                                 |            |
|-------------------------------------------------|------------|
| Suha tvar jagode (%)                            |            |
| Masa ekstra džema                               | 100 g      |
| Zadana topljiva suha tvar                       | 45 %       |
| Udio pektina                                    | 1 %        |
| Masa jagode/maginje                             | 45 g       |
| Masa šećera (saharoza/fruktoza)                 |            |
| Volumen vodenog ekstrakta planike (15 % i 30 %) | 15 i 30 mL |
| Volumen limunske kiseline                       | 1 mL       |
| Volumen 2,5 % pektinske otopine                 | 40 mL      |

Tablica 2. Plan pokusa za pripremu ekstra džemova od maginje i jagode

| UZORAK    | VRSTA VOĆA | UDIO EKSTRAKTA | VRSTA ŠEĆERA |
|-----------|------------|----------------|--------------|
| uzorak 1  | Maginja    | 0 %            | saharoza     |
| uzorak 2  |            |                | fruktoza     |
| uzorak 3  |            | 15 %           | saharoza     |
| uzorak 4  |            |                | fruktoza     |
| uzorak 5  |            | 30 %           | saharoza     |
| uzorak 6  |            |                | fruktoza     |
| uzorak 7  | Jagoda     | 0 %            | saharoza     |
| uzorak 8  |            |                | fruktoza     |
| uzorak 9  |            | 15 %           | saharoza     |
| uzorak 10 |            |                | fruktoza     |
| uzorak 11 |            | 30 %           | saharoza     |
| uzorak 12 |            |                | fruktoza     |

### 3.2.4 Određivanje teksturalnih svojstava testom ekstruzije

Teksturalna svojstva uzoraka ekstra džema utvrđena su provođenjem povratne ekstruzije (eng: Back Extrusion Rig) pomoću uređaja za analizu teksture TA.HD.plus Texture Analyser (Stable Micro System, Godalming, Ujedinjeno Kraljevstvo), koji je prikazan na slici 2. Ekstruzija se provodi korištenjem seta za ekstruziju, koji uključuje cilindričnu plastičnu posudu standardne veličine (promjera 50 mm) i plastični disk promjera 40 mm, koji se pričvrsti na klip. Prije provedbe mjerenja, klip sa diskom se pričvrsti na teksturometar te se posudu napuni uzorkom do 75% njena volumena i postavi centralno ispod diska za ekstruziju. Mjerenje se provodi u programu Exponent prema ponuđenoj postavci za odabrani tip uzorka, ukoliko je potrebno postoji mogućnost korekcije izlaznih parametara tako da dolazna brzina, brzina prodiranja i izlazna brzina iznose 1.0 mm/s, dubina penetracije 30 mm, osjetna sila nakon koje započinje mjerenje 5 g, a maksimalno opterećenje mjernog uređaja 5000 g.

Mjerenje započinje nakon što klip i uzorak ostavare kontakt, a kada klip dostigne zadanu osjetnu silu, počinje njegovo prodiranje u uzorak, koji se uslijed toga sabija te istiskuje prema vrhu posude, kroz uzak otvor između diska i posude u kojoj se uzorak nalazi. Nakon što klip prodre do zadane dubine, vraća se u početnu poziciju.

Sukladno zadanim postavkama, svako mjerenje se provodi 60 s. Prvih 30 s disk penetrira kroz uzorak. Pri tome se u navedenom programu, u grafu ovisnosti sile o vremenu, ispisuje krivulja u kojoj maksimalna izmjerena sila prilikom penetracije predstavlja čvrstoću, a površina koja pritom do tada nastaje konzistenciju. Kroz sljedećih 30 s klip se pomiče prema gore, odnosno vraća se u početnu poziciju. Pri tome minimum krivulje predstavlja viskoznost, a površina ispod krivulje kohezivnost. Set za ekstruziju se nakon svakog mjerenja očisti te se mjerenje ponovi za svih 12 uzoraka. Rezultati testa ekstruzije prikazani su u tabličnom i grafičkom obliku na računalu.



Slika 2. Texture Analyser TA.HD.plus (vlastita fotografija)

### 3.2.5 Određivanje raspodjele veličine čestica

Raspodjela veličine čestica određena je pomoću uređaja Malvern Mastersizer (MS2000, Malvern Instruments Ltd., Worcestershire, Ujedinjeno Kraljevstvo). Prije provedbe svakog mjerenja, uređaj je potrebno kalibrirati. Nakon toga, uzorak se pomoću metalne špatule unosi u vanjsku jedinicu uređaja namijenjenu za tekuće uzorke, Hydro 2000S, gdje se uzorak miješa s vodom i zatim prolazi kroz optički sustav uređaja u kojemu se provodi mjerenje metodom laserske difrakcije. Prilikom unosa uzorka u uređaj, bitno je na ekranu računala, putem programa Mastersizer 2000 5.60 pratiti stupanj zasićenja, kako bi se mjerenje moglo adekvatno provesti. Nakon provedene analize, rezultati raspodjele su ispisani na računalu te su dostupni u tabličnom i grafičkom obliku.



Slika 3. Malvern Mastersizer 2000 sa vanjskom jedinicom Hydro 2000S koja se nalazi u središtu (vlastita fotografija)

### 3.2.6 Statistička analiza

Rezultati analize raspodjele veličine čestica i teksturnih svojstava uzoraka, statistički su obrađeni pomoću programa Statistica 12, statističkom tehnikom za analizu razlika između dvije ili više skupina kada je prisutno više ovisnih varijabli, tj. multivarijantnom analizom varijanci, MANOVA. Parametri kojima je p-vrijednost niža od 0,05, promatrani su kao statistički značajni.

#### **4. REZULTATI I RASPRAVA**

Ovo istraživanje provedeno je s ciljem određivanja fizikalnih svojstava teksture i raspodjele veličine čestica u uzorcima ekstra džemova koji su pripremljeni od različitih sirovina (jagoda i maginja), uz dodatak različitih šećera (saharoza i fruktoza) i različitih udjela vodenog ekstrakta lista planike (0 %, 15 %, 30 %, v/w).

Statistički obrađeni podaci mjerenih teksturnih svojstava prikazani su u tablici 3, a u tablici 4 nalaze se statistički obrađene vrijednosti važne za raspodjelu veličine čestica.

Trend promjene mjerenih veličina prikazan je 3D-kategorijskim dijagramima, odnosno slikama 4-11 za teksturu te slikama 12-15 za raspodjelu veličine čestica. Osim toga uzorci maginje i jagode su uspoređeni i promatranjem krivulje ovisnosti relativne učestalosti o promjeru čestica, koja je prikazana kao slika 16.

#### 4.1. Tekstura

Tablica 3. p-vrijednosti džema, ekstrakta i šećera s obzirom na promatrana teksturna svojstva.  $p < 0,05$  (statistički značajno).

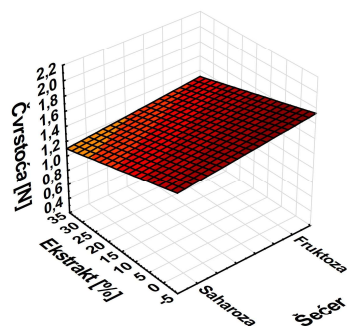
|                    | Džem (voće) | Ekstrakt | Šećer    |
|--------------------|-------------|----------|----------|
| Konzistencija      | 0,000672    | 0,116368 | 0,695939 |
| Kohezivnost        | 0,001680    | 0,147785 | 0,633794 |
| Indeks viskoznosti | 0,000620    | 0,132401 | 0,659559 |
| Čvrstoća           | 0,000717    | 0,090213 | 0,677033 |

Rezultati statističke analize pokazuju da je sirovina od koje je džem pripremljen (magineja, jagoda) od najveće statističke značajnosti za mjerena teksturna svojstva: čvrstoću, konzistenciju, kohezivnost i viskoznost (tablica 3).

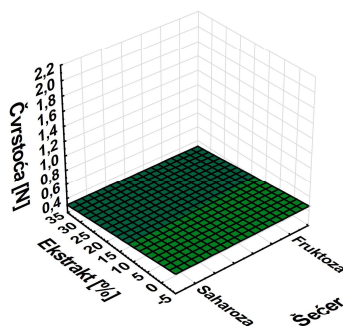
Usporedbom 3D-kategorijskih dijagrama ekstra džema od jagode i ekstra džema od maginje, vidljivo je da su uzorci ekstra džema od maginje čvršći (slika 4), kohezivniji (slika 5), konzistentniji (slika 6) i viskozniji (slika 7) od uzoraka ekstra džema od jagode. Na prikazanim je dijagramima također vidljivo da su vrijednosti navedenih teksturnih svojstava za džem od maginje najveće, kada je dodana fruktoza i kada nije dodan ekstrakt (0 %). Kod džema od jagode se ne zapaža značajnija promjena mjerenih teksturnih svojstava s obzirom na vrstu šećera te je uglavnom vidljiv blagi porast vrijednosti svojstava kada je dodan manji udio ekstrakta.

S druge strane, promatranjem 3D-dijagrama za ekstra džem od maginje, kategoriziranih prema ekstraktu (slike 8, 9, 10 i 11), može se uočiti da su vrijednosti konzistencije, viskoznosti, kohezivnosti i čvrstoće veće kada ekstra džemovi sadrže 0 i 30 % nego kada sadrže 15 % ekstrakta.

Promatranjem istih 3D-dijagrama za ekstra džem od jagode, vidljivo je da su vrijednosti svih teksturnih svojstava blago povećane kada je dodano 15% ekstrakta, u odnosu na gotovo jednake vrijednosti svojstava kada se radi o džemu bez ekstrakta ili sa 30 % ekstrakta.



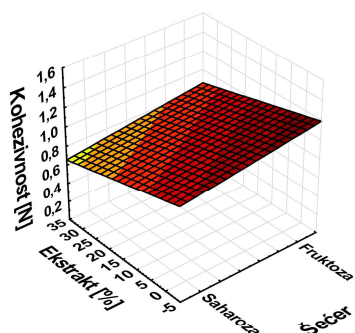
Džem: Maginja



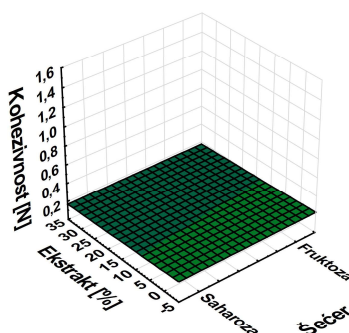
Džem: Jagoda



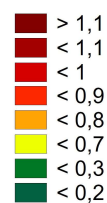
Slika 4: Utjecaj udjela dodanog ekstrakta (0 %, 15 %, 30 %) i vrste šećera (saharoza, fruktoza) na vrijednost čvrstoće, kategorizirano prema sirovini od koje je džem pripremljen



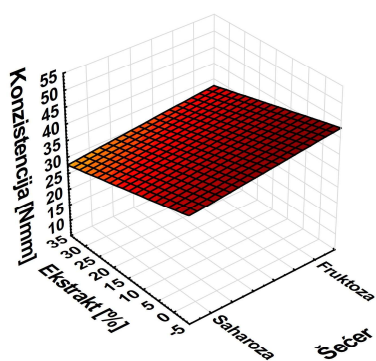
Džem: Maginja



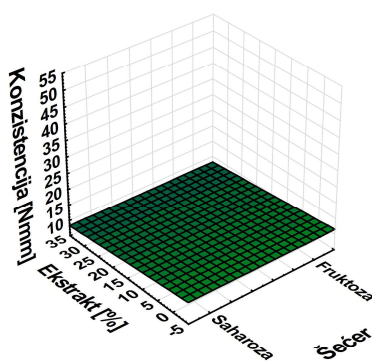
Džem: Jagoda



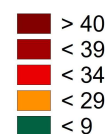
Slika 5: Utjecaj udjela dodanog ekstrakta (0 %, 15 %, 30 %) i vrste šećera (saharoza, fruktoza) na vrijednost kohezivnosti, kategorizirano prema sirovini od koje je džem pripremljen



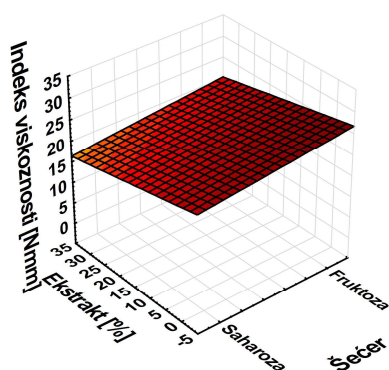
Džem: Maginja



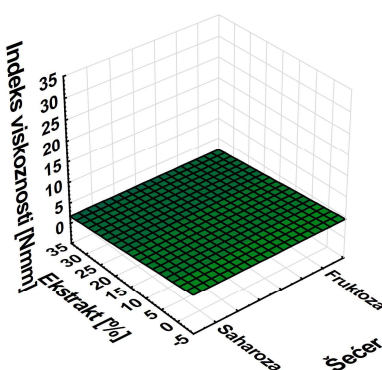
Džem: Jagoda



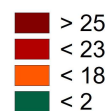
Slika 6: Utjecaj udjela dodanog ekstrakta (0 %, 15 %, 30 %) i vrste šećera (saharoza, fruktoza) na vrijednost konzistencije, kategorizirano prema sirovini od koje je džem pripremljen



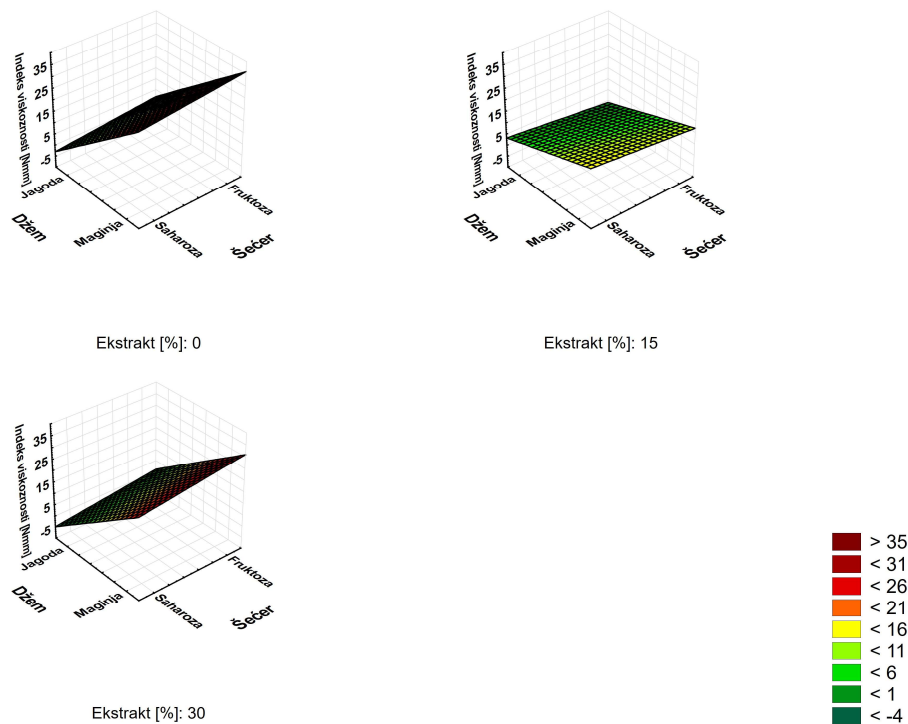
Džem: Maginja



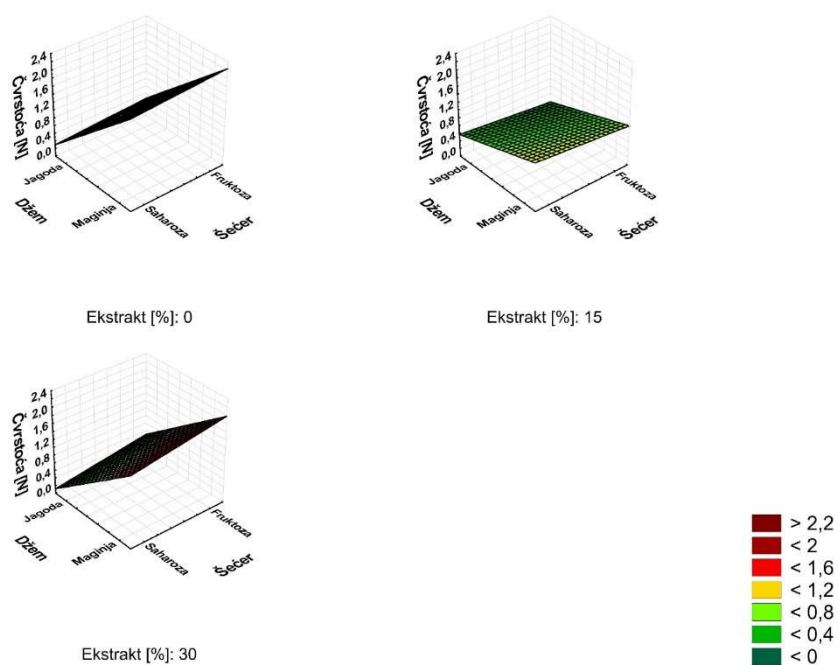
Džem: Jagoda



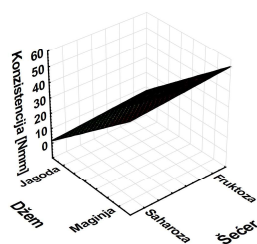
Slika 7: Utjecaj udjela dodanog ekstrakta (0 %, 15 %, 30 %) i vrste šećera (saharoza, fruktoza) na vrijednost viskoznosti, kategorizirano prema sirovini od koje je džem pripremljen



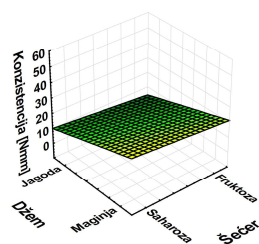
Slika 8: Utjecaj vrste voća (jagoda, maginja) i vrste šećera (saharoza, fruktoza) na vrijednost viskoznosti, kategorizirano prema udjelu dodanog ekstrakta (0 %, 15 % i 30 %)



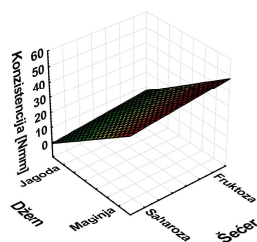
Slika 9: Utjecaj vrste voća (jagoda, maginja) i vrste šećera (saharoza, fruktoza) na vrijednost čvrstoće, kategorizirano prema udjelu dodanog ekstrakta (0 %, 15 % i 30 %)



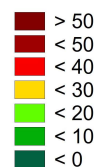
Ekstrakt [%]: 0



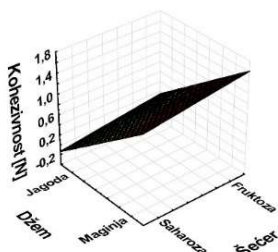
Ekstrakt [%]: 15



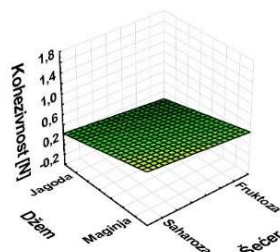
Ekstrakt [%]: 30



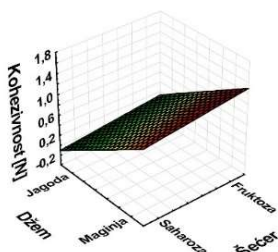
Slika 10: Utjecaj vrste voća (jagoda, maginja) i vrste šećera (saharoza, fruktoza) na vrijednost konzistencije, kategorizirano prema udjelu dodanog ekstrakta (0 %, 15 % i 30 %)



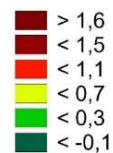
Ekstrakt [%]: 0



Ekstrakt [%]: 15



Ekstrakt [%]: 30



Slika 11: Utjecaj vrste voća (jagoda, maginja) i vrste šećera (saharoza, fruktoza) na vrijednost kohezivnosti, kategorizirano prema udjelu dodanog ekstrakta (0 %, 15 % i 30 %)

Obradović i sur. (2024) su prilikom istraživanja senzorskih svojstava džemova od borovnice zaključili da pektin, šećer i kiselina uzajamnim djelovanjem određuju konzistenciju džema te da se povećanjem količine pektina dobiva proizvod veće čvrstoće.

Basu i Shivhare (2010) su proučavanjem reoloških, teksturnih i mikrostrukturnih svojstava džema od manga zaključili da su koncentracija i vrsta dodanog šećera, pektina i voćne pulpe varijable koje su najviše utjecale na reološka svojstva uzoraka. Utvrdili su da navedene varijable nisu imale značajan utjecaj na promjenu teksturnog svojstva ljepljivosti odnosno adhezije, kao ni na smično naprezanje. Za razliku od toga, čvrstoća pripremljenih uzoraka povećavala se sa povećanjem koncentracije svih navedenih varijabla. Međutim, kada je količina dodanog šećera prešla 60 %, čvrstoća džema se počela smanjivati bez obzira na prisutnu koncentraciju pektina i pH.

Uzimajući u obzir da su uzorci ekstra džema korišteni za provedbu ovog eksperimentalnog dijela pripremljeni uz dodatak jednake količine pektina i limunske kiseline, može se zaključiti da su rezultati teksturnih svojstava, kada je u pitanju sirovina od koje je džem pripremljen, različiti, zbog različitog kemijskog sastava jagode i maginje, odnosno različite količine pektina i kiseline koje ova dva voća sadrže.

Nadalje, svi uzorci su pripremljeni kuhanjem do 45 % ukupne topljive suhe tvari, a budući da u ukupnu topljivu suhu tvar ulazi topljiva suha tvar voća i dodani šećer, ukupni udio šećera u uzorcima nije iznosio više od 60 % te je stoga sukladno zaključcima Basu i Shivhare (2010), dodani šećer imao pozitivan utjecaj na formiranje pektinskog gela i učvršćivanje uzorka.

## 4.2. Raspodjela veličine čestica

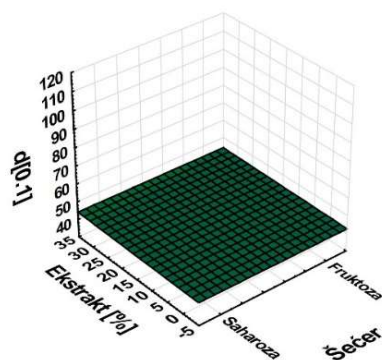
Tablica 4. p-vrijednosti džema, ekstrakta i šećera s obzirom na vrijednosti dobivene analizom raspodjele veličine čestica.  $p < 0,05$  (statistički značajno).

|         | Džem (voće) | Ekstrakt | Šećer    |
|---------|-------------|----------|----------|
| d (0,1) | 0,000000    | 0,396179 | 0,097713 |
| d (0,5) | 0,000000    | 0,043289 | 0,008974 |
| d (0,9) | 0,142210    | 0,778772 | 0,727556 |
| D (3,2) | 0,000000    | 0,355715 | 0,053729 |
| D (4,3) | 0,000000    | 0,434343 | 0,201358 |

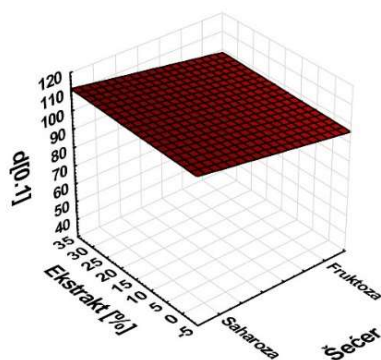
Voće od kojeg je ekstra džem pripremljen (jagoda, maginja) statistički najviše utječe na vrijednosti d (0,1), d (0,5), D (3,2) i D (4,3) (tablica 4).

Na 3D dijagramima prikazanim na slikama 12-15, vidljivo je da su sve navedene vrijednosti manje za džem od maginje. Na slikama 12 i 13 vidljivo je da je 10 i 50 % čestica uzorka maginje, koje su manje od vrijednosti d (0,1) i d (0,5), ukupno manje veličine od najmanjih 10 i 50 % čestica uzorka jagode.

Navedeno se može primijetiti i promatranjem grafa relativne učestalosti čestica određenog promjera, odnosno promatranjem frekvencijskih krivulja na slici 16 koja istovremeno prikazuje frekvencijsku krivulju uzorka 6 (magineja, 30 % ekstrakta, fruktoza) i uzorka 12 (jagoda, 30 % ekstrakta, fruktoza). Na grafu je vidljivo da je uzorak 6 bimodalan, a uzorak 12 unimodalan te da navedeni uzorak jagode uglavnom sadrži čestice veličine 104-1258  $\mu\text{m}$ , dok uzorak maginje osim čestica veličine 40-240, sadrži i grupu čestica veličine 630-1258  $\mu\text{m}$ . Iz navedenog se može zaključiti da uzorak maginje sadrži veći broj čestica manjeg promjera od uzorka jagode. Na slikama 14 i 15 prikazane su vrijednosti D (3,2) i D (4,3) koje označavaju površinski i volumni omjer čestica. Vidljivo je da uzorci maginje imaju manje vrijednosti D (3,2) i D (4,3) od jagode. Za d (0,9) se pokazalo da ni jedan od promatranih parametara (džem, ekstrakt, šećer) nije statistički značajan, dok su za vrijednost d (0,5) sva tri parametra značajna (tablica 4).



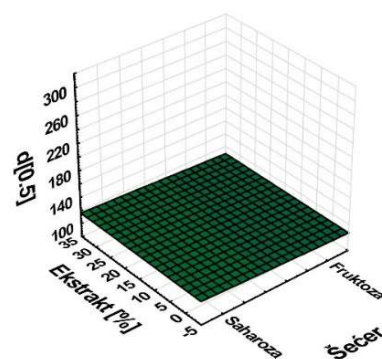
Džem: Maginja



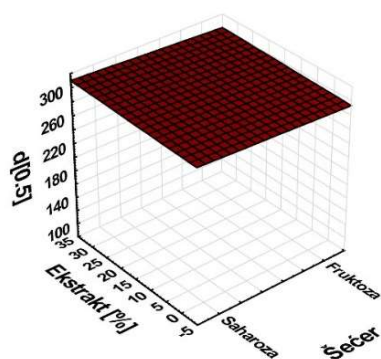
Džem: Jagoda



Slika 12: Utjecaj udjela dodanog ekstrakta (0 %, 15 %, 30 %) i vrste šećera (saharoza, fruktoza) na vrijednost  $d(0,1)$ , kategorizirano prema sirovini od koje je džem pripremljen



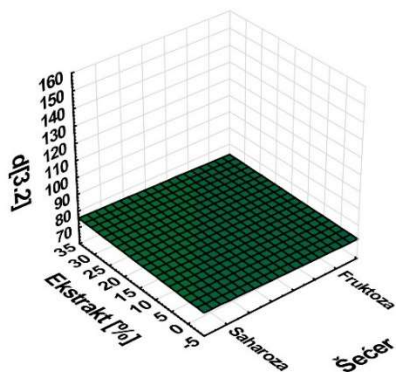
Džem: Maginja



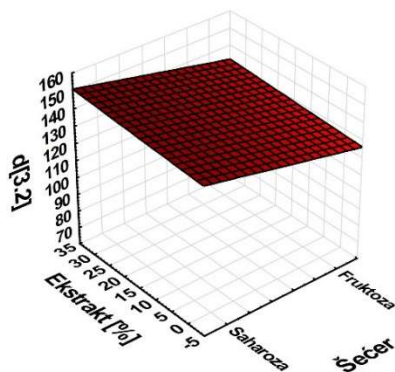
Džem: Jagoda



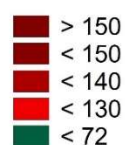
Slika 13: Utjecaj udjela dodanog ekstrakta (0 %, 15 %, 30 %) i vrste šećera (saharoza, fruktoza) na vrijednost  $d(0,5)$ , kategorizirano prema sirovini od koje je džem pripremljen



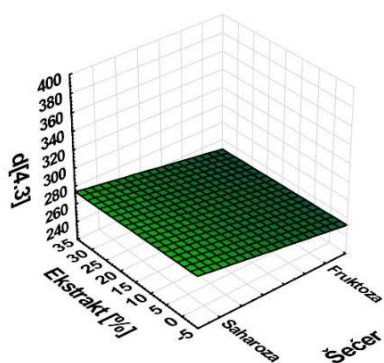
Džem: Maginja



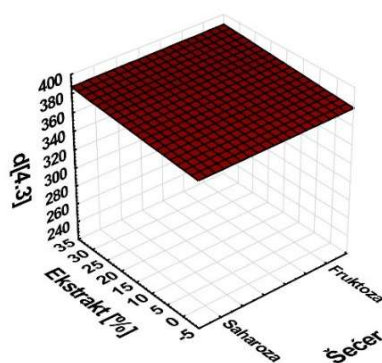
Džem: Jagoda



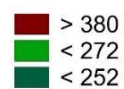
Slika 14: Utjecaj udjela dodanog ekstrakta (0 %, 15 %, 30 %) i vrste šećera (saharoza, fruktoza) na vrijednost D (3,2), kategorizirano prema sirovini od koje je džem pripremljen



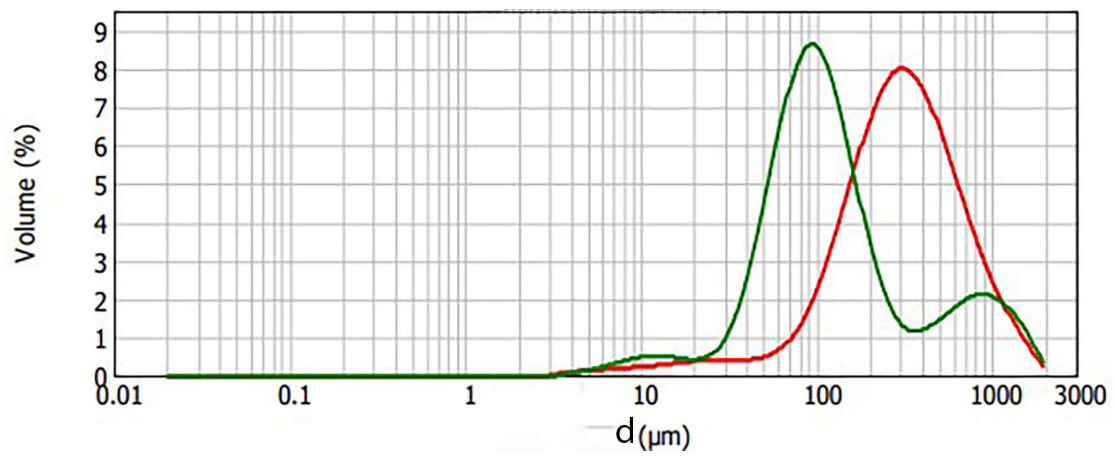
Džem: Maginja



Džem: Jagoda



Slika 15: Utjecaj udjela dodanog ekstrakta (0 %, 15 %, 30 %) i vrste šećera (saharoza, fruktoza) na vrijednost D (4,3), kategorizirano prema sirovini od koje je džem pripremljen



Slika 16: Raspodjela veličine čestica uzorka 6 (maginja, 30 % ekstrakta, fruktoza), koji je označen zelenom bojom te uzorka 12 (jagoda, 30 % ekstrakta, fruktoza), koji je označen crvenom bojom

## 5. ZAKLJUČCI

1. Statistički najznačajniji parametar, koji utječe na teksturna svojstva i rezultate raspodjele veličine čestica, je vrsta voća od koje je džem pripremljen.
2. Usporedbom svojstava džemova s obzirom na vrstu voća, utvrđeno je da uzorci maginje imaju više vrijednosti čvrstoće, konzistencije, kohezivnosti i viskoznosti od uzoraka jagode.
3. Uzorci ekstra džema od maginje većinski sadrže čestice manjeg promjera od promjera čestica uzorka ekstra džema od jagode.
4. Veća količina manjih čestica u uzorcima ekstra džema od maginje djelovala je pozitivno na povećanje vrijednosti mjerenih teksturnih svojstava.
5. Vrsta šećera nije pokazala statistički značajan utjecaj na teksturna svojstva uzoraka.
6. Ekstra džemovi bez dodanog ekstrakta i sa dodanih 30 %, nisu se puno razlikovali u vrijednostima teksturnih svojstava. S druge strane dodatak od 15 % vodenog ekstrakta, kod uzoraka maginje je uzrokovao smanjenje, a kod uzoraka jagode neznatno povećanje vrijednosti čvrstoće, kohezivnosti, konzistencije i viskoznosti.

## 6. POPIS LITERATURE

- Ait Lhaj Z, Bchitou R, Gaboun F, Abdelwahd R, Benabdelouahab T, Kabbour MR i sur. (2021) Moroccan strawberry tree (*Arbutus unedo* L.) fruits: Nutritional value and mineral composition. *Foods* **10**, 2263. <https://doi.org/10.3390/foods10102263>
- Barrett DM, Beaulieu JC, Shewfelt R (2010) Color, flavor, texture, and nutritional quality of fresh-cut fruits and vegetables: desirable levels, instrumental and sensory measurement, and the effects of processing. *Critical reviews in food science and nutrition* **50**, 369-389. DOI: [10.1080/10408391003626322](https://doi.org/10.1080/10408391003626322)
- Barrett DM, Somogyi L, Ramaswamy H (2005) Processing fruits, 2. izd.
- Basu S i Shivhare US (2010) Rheological, textural, micro-structural and sensory properties of mango jam. *Journal of Food Engineering* **100**, 357-365. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2010.04.022>
- Bebek Markovinović A, Brčić Karačonji I, Jurica K, Lasić D, Skendrović Babojelić M, Duralija B i sur. (2022) Strawberry tree fruits and leaves (*Arbutus unedo* L.) as raw material for sustainable functional food processing: A Review. *Horticulturae* **8**, 881. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8100881>
- Beuselinck L, Govers G, Poesen J, Degraer G, Froyen L (1998) Grain-size analysis by laser diffractometry: comparison with the sieve-pipette method. *Catena* **32**, 193-208. [https://doi.org/10.1016/S0341-8162\(98\)00051-4](https://doi.org/10.1016/S0341-8162(98)00051-4)
- Biswas A (2021) A Review paper on Fruit Jam products. *ENERGY (Kcal)*, **3**, 57.
- Bourne M (2002) *Food texture and viscosity: concept and measurement*.
- Bursać Kovačević D, Putnik P, Dragović-Uzelac V, Vahčić N, Skendrović Babojelić M, Levaj B (2015) Influences of organically and conventionally grown strawberry cultivars on anthocyanins content and color in purees and low-sugar jams. *Food chemistry* **181**, 94-100. DOI: [10.1016/j.foodchem.2015.02.063](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.02.063)
- Chen L, Opara UL (2013) Texture measurement approaches in fresh and processed foods—A review. *Food research international* **51**, 823-835. DOI: [10.1016/j.foodres.2013.01.046](https://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.01.046)
- De Roeck A, Sila DN, Duvetter T, Van Loey A, Hendrickx M (2008) Effect of high pressure/high temperature processing on cell wall pectic substances in relation to firmness of carrot tissue. *Food Chemistry* **107**, 1225-1235. DOI: [10.1016/j.foodchem.2007.09.076](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.09.076)

- Dethmers AE, Civile GV, Eggert JM, Erhardt JP, Hootman RC, Jehle K i sur. (1981) Sensory evaluation guide for testing food and beverage products. *Food technology* **35**, 50-59.
- Dodds J (2024) Techniques to analyse particle size of food powders. In *Handbook of food powders* (pp. 249-268). Woodhead Publishing. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-98820-9.00070-3>
- Fissore EN, Matkovic L, Wider E, Rojas AM, Gerschenson LN (2009) Rheological properties of pectin-enriched products isolated from butternut (*Cucurbita moschata* Duch ex Poiret). *LWT-food Science and Technology* **42**, 1413-1421. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2009.03.003>
- Gajendra T, Suresh C, Naresh K (2024) Formulation of microsponges of anti-fungal drugs and their pharmacokinetic and in vitro analysis. *Tropical Journal of Pharmaceutical and Life Sciences* **11**, 24-42. <https://doi.org/10.61280/tjpls.v11i2.158>
- Greve LC, Shackel KA, Ahmadi H, McArdle RN, Gohlke JR, Labavitch JM (1994) Impact of heating on carrot firmness: contribution of cellular turgor. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **42**, 2896-2899. DOI: [10.1021/jf00048a047](https://doi.org/10.1021/jf00048a047)
- Hancock JF (1999) Strawberries. CAB International, Wallingford. DOI: [10.1007/978-1-4020-6907-9-13](https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6907-9-13)
- Hui YH (2006). *Handbook of food science, technology, and engineering* (Vol. 149). CRC press.
- Instruments M (2007) Mastersizer 2000 user manual. *Worcestershire, United Kingdom: Malvern Instruments*.
- ISO 11036:2020(en) Sensory analysis – Methodology – Texture profile. Pristupljeno 15. lipnja 2024.
- ISO 5492:2008(en) Sensory analysis – Vocabulary. Pristupljeno 15. lipnja 2024.
- Janick J, Paull RE (2008) *The encyclopedia of fruit and nuts*. CABI.
- Keck CM, Müller RH (2008) Size analysis of submicron particles by laser diffractometry—90% of the published measurements are false. *International journal of pharmaceutics* **355**, 150-163. DOI: [10.1016/j.ijpharm.2007.12.004](https://doi.org/10.1016/j.ijpharm.2007.12.004)
- Keijbets MJ, Pilnik W (1974)  $\beta$ -Elimination of pectin in the presence of anions and cations. *Carbohydrate Research* **33**, 359-362.
- Kouloumprouka Zacharaki A, Monaghan JM, Bromley JR, Vickers LH (2024) Opportunities and challenges for strawberry cultivation in urban food production systems. *Plants, People, Planet* **6**, 611-621. <https://doi.org/10.1002/ppp3.10475>

- Li X, Peng W, Zhang M, Zhao Q, Fang Y, Sun X i sur. (2024) Mechanisms of texture and cell microstructure changes during post-ripening of 'Cuixiang' kiwifruit. *Postharvest Biology and Technology* **207**, 112596. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2023.112596>
- Liu Z, Yan X, Wang P, Liu Z, Sun L, Li X (2024) Changes in fruit texture and cell structure of different pumpkin varieties (lines) during storage. *Postharvest Biology and Technology* **208**, 112647. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2023.112647>
- Maas JL, Galletta GJ, Stoner GD (1991) Ellagic acid, an anticarcinogen in fruits, especially in strawberries: a review. *HortScience* **26**, 10-14. DOI: [10.1007/s002170000184](https://doi.org/10.1007/s002170000184)
- Miguel MG, Faleiro ML, Guerreiro AC, Antunes MD (2014) Arbutus unedo L.: chemical and biological properties. *Molecules* **19**, 15799-15823. DOI: [10.3390/molecules191015799](https://doi.org/10.3390/molecules191015799)
- Mihafu FD, Issa JY, Kamiyango MW (2020) Implication of sensory evaluation and quality assessment in food product development: A review. *Current Research in Nutrition and Food Science Journal* **8**, 690-702. <https://dx.doi.org/10.12944/CRNFSJ.8.3.03>
- Molina-Delgado D, Alegre S, Barreiro P, Valero C, Ruiz-Altisent M, Recasens I (2009) Addressing potential sources of variation in several non-destructive techniques for measuring firmness in apples. *Biosystems Engineering* **104**, 33-46. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2009.05.004>
- Obradović V, Bakač M, Škrabal S, Ergović Ravančić M, Marčetić H, Mesić J (2024) Utjecaj pektina i sadržaja šećera na senzorska svojstva džemova od borovnica. 59. hrvatski i 19. međunarodni Simpozij agronoma (pp. 476-481). Zagreb: Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet, Zagreb, Hrvatska.
- Papanastasiou T, Georgiou G, Alexandrou AN (2021) *Viscous fluid flow*. CRC press.
- Pereira T, Barroso S, Gil MM (2021) Food Texture Design by 3D Printing: A Review. *Foods* 2021, 10, 320. <https://doi.org/10.3390/foods10020320>
- Pravilnik (2019.) Pravilnik o voćnim džemovima, želeima, marmeladama, pekmezu te zaslađenom kesten pireu. Narodne novine 84, Zagreb. [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2015\\_05\\_53\\_1029.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2015_05_53_1029.html) Pristupljeno 10. lipnja 2024.
- Prayitno SA (2024) The Effect of Moringa Leaves Concentration on The Chemical Properties of Mango Jam. *Agroindustrial Technology Journal* **8**, 1-9. <https://doi.org/10.21111/atj.v8i1.11486>
- Rosenthal AJ (1999) Food texture: measurement and perception.

- Saleem MF, Ahmed SA, Galali Y, Sebo NH, Yildirim A, Najmdaddin BS (2024) Physiochemical and sensory properties of pumpkin and strawberry jams fortified with chia seed (*Salvia hispanica* L). *Cihan University-Erbil Scientific Journal* **8**, 29-35. <https://doi.org/10.24086/cuesj.v8n1y2024.pp29-35>
- Sharma RM, Yamdagni R, Dubey AK, Pandey V (2019) *Strawberries: production, postharvest management and protection*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/b21441>
- Sun J, Chu YF, Wu X, Liu RH (2002) Antioxidant and antiproliferative activities of common fruits. *Journal of agricultural and food chemistry* **50**, 7449-7454. DOI: [10.1021/jf0207530](https://doi.org/10.1021/jf0207530)
- Szczesniak AS (2002) Texture is a sensory property. *Food quality and preference* **13**, 215-225. [https://doi.org/10.1016/S0950-3293\(01\)00039-8](https://doi.org/10.1016/S0950-3293(01)00039-8)
- Van Buggenhout S, Sila DN, Duvetter T, Van Loey A, Hendrickx MJCR (2009) Pectins in processed fruits and vegetables: Part III—Texture engineering. *Comprehensive reviews in food science and food safety* **8**, 105-117. DOI: [10.1111/j.1541-4337.2009.00072.x](https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2009.00072.x)
- Viswanath DS, Ghosh TK, Prasad DH, Dutt NV, Rani KY (2007) *Viscosity of liquids: theory, estimation, experiment, and data*. Springer Science & Business Media. DOI: [10.1007/978-1-4020-5482-2](https://doi.org/10.1007/978-1-4020-5482-2)
- Waldron KW (2004) Plant structure and fruit and vegetable texture. *Texture in Food: Solid Foods*, 2, 241-255. DOI: [10.1533/978185538362.3.243](https://doi.org/10.1533/978185538362.3.243)
- Waldron KW, Parker ML, Smith AC (2003) Plant cell walls and food quality. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 2(4), 128-146. <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2003.tb00019.x>
- Wei L, Liu H, Ni Y, Xiong R, Li S, Sun R i sur. (2024) Integrative analysis of metabolome and transcriptome reveals new insights into major quality formation and regulation in two strawberry cultivars with different fruit flavor. *Vegetable Research* **4**. <https://doi.org/10.48130/vegres-0024-0011>
- Žlabur JŠ, Babojelić MS, Galić A, Voća S (2019) Funkcionalna vrijednost i nutritivni potencijal proizvoda planike (*Arbutus unedo* L.). *Pomologia Croatica*, **23**. <https://doi.org/10.33128/pc.23.3-4.4>

### Izjava o izvornosti

Ja Maria Peteh izjavljujem da je ovaj završni rad izvorni rezultat mojeg rada te da se u njegovoj izradi nisam koristila drugim izvorima, osim onih koji su u njemu navedeni.

Maria Peteh

Vlastoručni potpis