

PRAĆENJE REOLOŠKIH SVOJSTAVA KAŠA JAGODA TIJEKOM SKLADIŠTENJA U ZAMRZIVAČU

Gelemanović, Tina

Undergraduate thesis / Završni rad

2017

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Polytechnic in
Pozega / Veleučilište u Požegi**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:112:277008>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

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



VELEUČILIŠTE U POŽEGI
STUDIA SUPERIORA POSEGANA

Repository / Repozitorij:

[Repository of Polytechnic in Pozega - Polytechnic in
Pozega Graduate Thesis Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

VELEUČILIŠTE U POŽEGI



TINA GELEMANOVIĆ, 1327/13

**PRAĆENJE REOLOŠKIH SVOJSTAVA KAŠA
JAGODA TIJEKOM SKLADIŠTENJA U
ZAMRZIVAČU**

ZAVRŠNI RAD

Požega, 2017. godine.

VELEUČILIŠTE U POŽEGI

POLJOPRIVREDNI ODJEL

PREDDIPLOMSKI STRUČNI STUDIJ PREHRAMBENE TEHNOLOGIJE

**PRAĆENJE REOLOŠKIH SVOJSTAVA KAŠA
JAGODA TIJEKOM SKLADIŠTENJA U
ZAMRZIVAČU**

ZAVRŠNI RAD

IZ KOLEGIJA PREHRAMBENO – TEHNOLOŠKO INŽENJERSTVO

MENTOR: dr. sc. Maja Ergović Ravančić

STUDENT: Tina Gelemanović

Matični broj studenta: 1327/13

Požega, 2017. godine

Sažetak:

Cilj ovog završnog rada bilo je praćenje reoloških svojstava kaša jagoda tijekom skladištenja u zamrzivaču. Analizirana su tri uzorka kaša jagoda dobivenih iz različitog uzgoja. Analizirani su uzorci prije skladištenja, nakon tri mjeseca skladištenja, nakon šest mjeseci skladištenja i nakon devet mjeseci skladištenja. Jagode su od davnina bile zastupljene u prehrani svih dobnih skupina ljudi i odlična su sirovina za proizvodnju i preradu u proizvode kao što su džemovi, kompoti, sokovi i kandirani proizvodi. Reološka svojstva voćnih kaša imaju veliku važnost za nastajanje voćnih prerađevina i proizvoda u tehnološkim procesima. Reološka svojstva izražena su kao parametri koji ukazuju na konzistenciju i viskoznost te su bitni parametri kvalitete proizvoda ili poluproizvoda. Istraživanjem reoloških svojstava kaša jagoda utvrđeno je kako su navedene kaše pseudoplastične tekućine čije su maksimalne vrijednosti napona smicanja prije skladištenja manje od vrijednost nakon skladištenja.

Ključne riječi: jagoda, reološka svojstva, voćna kaša

Abstract:

The subject and purpose of this final work was to monitor the rheological properties of strawberries during storage in the freezer. Three samples of strawberries obtained by different breeding were analysed. The samples were analysed before storage, after three months of storage, after six months of storage and after nine months of storage. Strawberries have long been represented in the diet of all age groups and are excellent raw materials for the production and processing of products such as jam, compotes, juices and candied products. Rheological properties of fruit purees are of great importance for the emergence of fruit products and products in technological processes. Rheological properties are expressed as parameters indicating consistency and viscosity and are essential parameters of product quality or semi-products. Researches of the rheological properties of strawberries purees showed that it is pseudoplastic liquid, whose maximum values of shear stress before storage are less than the value after storage.

Key words: strawberry, rheological properties, fruit puree

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. PREGLED LITERATURE	2
2.1. Jagoda (<i>Fragaria vesca</i>).....	2
2.1.1. Kemijski sastav jagode.....	4
2.2. Voćna kaša	9
2.3. Konzerviranje zamrzavanjem.....	9
2.3.1. Temperatura zamrzavanja	10
2.3.2. Promjene u namirnici nakon zamrzavanja.....	11
2.4. Reološka svojstva.....	12
2.4.1. Newtonske tekućine	13
2.4.2. Nenevtonske tekućine	14
2.4.3. Čimbenici koji utječu na reološka svojstva.....	15
2.4.4. Uređaji za mjerenje reoloških svojstava	16
2.4.5. Reološka svojstva kaše	17
3. MATERIJAL I METODE.....	18
3.1. Cilj rada	18
3.2. Priprema kaša jagoda.....	18
3.2. Mjerenje reoloških svojstava	19
3.3. Određivanje reoloških parametara	20
4. REZULTATI.....	22
5. RASPRAVA.....	30
6. ZAKLJUČAK	32
7. LITERATURA.....	33
POPIS TABLICA I SLIKA.....	35

1. UVOD

Jagoda (*Fragaria vesca*) je višegodišnja biljka koja pripada rodu ruža (*Rosaceae*) s desetak vrsta, od koje su gotovo sve rasprostranjene u sjevernom umjerenom pojasu. Rodu ruža uz jagodu pripadaju još jabuke, kruške, trešnje, šljive, breskve i maline.

Jagode su od davnina bile zastupljene u prehrani svih dobnih skupina ljudi i odlična su sirovina za proizvodnju i preradu u proizvode kao što su pekmezi, džemovi, marmelade, kompoti, sokovi i kandirani proizvodi. Jedan od najzastupljenijih načina čuvanja voća je prerada u voćnu kašu koja je osnova za proizvodnju mnogih drugih proizvoda na bazi određenog voća. U voćne kaše se često dodaju šećeri i škrobovi kako bi se poboljšala tehnološka ili organoleptička svojstva kaše tog voća (Mišić & Nikolić, 2003).

Reološka svojstva voćnih kaša imaju veliku važnost za nastajanje voćnih prerađevina i proizvoda u tehnološkim procesima. Poznavanje reoloških svojstava važno je za uspješnu proizvodnju finalnog proizvoda. Zajedno s ostalim svojstvima daju potrebnu informaciju o ponašanju prerađevine tijekom procesa proizvodnje. Pridonose kontroli kvalitete u samom procesu proizvodnje kao i u finalnom proizvodu. Poznavanje reoloških svojstava ima ključnu ulogu u uspješnoj proizvodnji. Reološka svojstva izražena su kao parametri koji ukazuju na konzistenciju i viskoznost te su bitni parametri kvalitete proizvoda ili poluproizvoda. Reološki gledano, proučava se deformacija i tok tvari pod utjecajem napetosti (Lovrić, 2003).

Cilj ovoga istraživanja bio je odrediti utjecaj skladištenja u zamrzivaču tijekom devet mjeseci na reološka svojstva kaša jagoda.

2. PREGLED LITERATURE

2.1. Jagoda (*Fragaria vesca*)

Jagoda je višegodišnja zeljasta biljka koja pripada rodu ruža (*Rosaceae*) (Slika 1.). Plod jagode crvene je boje i sadrži oko 60 % vode, do 12 % šećera te vitamina C od 24 – 97 mg %. Cvjeta više puta u godini. Donji su listovi biljaka sastavljeni od 3 liske, a od bijelih se cvjetova razvija zbirni plod (jagoda) koji na mesnatom cvjetištu nosi brojne oraščiće. Jagoda nije u pravom smislu riječi voće, već je ona rezultat debljanja cvjetišta latica, koje poprima mesnatu strukturu. A pravi voćni dijelovi su samo njena mala smeđa zrnca, koja pokrivaju površinu tih mesnatih omotača.

Jagoda je vrlo zdravo voće, ne samo zbog visokog udjela vitamina i minerala, nego i zbog brojnih pozitivnih utjecaja na ljudski organizam: povećava cjelokupnu prirodnu obranu organizma, posjeduje baktericidna svojstva, diuretična je i lagano laksativna, vrlo osvježavajuća i otvara apetit, učinkovita je u liječenju fizičke i psihičke slabosti, u površinskom korištenju, revitalizira kožu, osvježava ten, sprječava stvaranje bora, i ima sposobnosti zatezanja kože. Jagoda spada među prve voćne vrste čije je plodove čovjek koristio kao lijek i kao hranu (Mišić & Nikolić, 2003).



Slika 1. Plod jagode (Anonymous_1, 18.03.2017., url)

Danas je uzgajivačima poznato više od četiri stotine sorti, ali najveće bogatstvo hranjivih tvari nalazi se u samoniklim vrstama. Proizvodno su najvažnije jednorodne sorte, dok su mjesečarke (stalno rađajuće jagode) prikladnije za amaterske nasade. U 18. stoljeću počelo se s uzgajanjem sorti s krupnim plodovima, a masovni uzgoj je počelo u 19. stoljeću, kada su metodama oplemenjivanja (selekcijom i hibridizacijom) stvorene visoko produktivne i kvalitetne sorte. Od svih vrsta jagodastog voća po rasprostranjenosti i vrijednosti proizvoda jagoda dolazi na prvo mjesto. Najviše se uzgaja u umjerenj klimi sjeverne hemisfere tj. u Europi, Sjevernoj Americi i Aziji, a vrlo malo u Južnoj Americi, Africi i Oceaniji (Fantela, 2014).

Najznačajnija sorta jagode u Europi je Elsanta, nastala je u Nizozemskoj križanjem sorata Gorella i Holiday za potrebe industrijske proizvodnje. Vrtna jagoda je nastala u Europi spontanom hibridizacijom dvaju američkih vrsta jagoda i to: čileanske i virdžinijske jagode. Šumska jagoda je divlja vrsta koja se lako prilagođava različitim ekološkim uvjetima, a sve kultivirane sorte koje su proizašle od nje odlikuju se ovom osobinom. Plod šumske jagode je sitan, okrugao, crven i bijeli, čvrst, vrlo sočan i aromatičan.

Jagoda se može uzgajati u različitim agroekološkim uvjetima – od suptropa do umjerene kontinentalne klime do južne granice Arktika. Za uspješno uzgajanje jagode važniji su klimatski od zemljišnih čimbenika. Od klimatskih čimbenika za jagodu su važni temperatura, voda i vlažnost, svjetlost i vjetar. Od zemljišnih čimbenika najvažnije je tlo od kojeg u velikoj mjeri ovisi i sam prinos (Slika 2.).



Slika 2. Nasadi jagode (Anonymous_2, 18.03.2017., url)

2.1.1. Kemijski sastav jagode

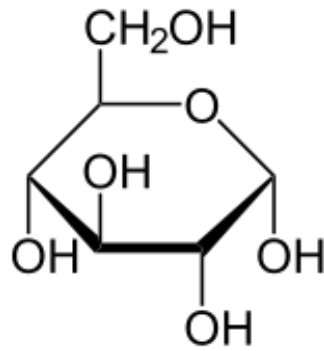
Na osnovu kemijskog sastava prikazanog u Tablici 1. može se dobiti predodžba o energetske i prehrambene vrijednosti namirnice, kao i organoleptičkim svojstvima. Kemijski sastav se izražava kao sadržaj suhe tvari i vode. Suha tvar obuhvaća ugljikohidrate (šećeri, škrob, celuloza, itd.), bjelančevine, masti, organske i mineralne kiseline, mineralne tvari, pektinske tvari, tvari arome, boje i vitamine. Kemijski sastav razlikuje se od sorte do sorte, a ovisi o klimatskim uvjetima, agrotehničkim mjerama i stupnju zrelosti. Budući da veći udio suhe tvari znači i veći udio pojedinih sastojaka, može se pretpostaviti da takva sirovina ima veću hranjivu vrijednost i bolja senzorska svojstva. Veći udio suhe tvari omogućava ekonomičniju i kvalitetniju proizvodnju u poluproizvod (pulpe, kaše) ili konačan proizvod (marmelada, džem, koncentrirani i sušeni proizvodi) (Ergović, 2007).

Tablica 1. Kemijski sastav jagode (Hui, 2006)

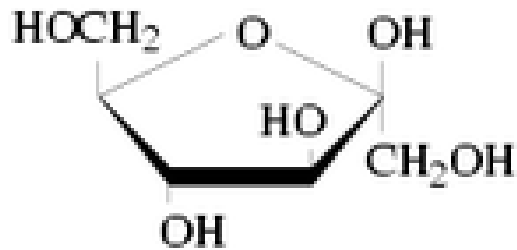
VODA(%)	90,9
BJELANČEVINE (%)	0,67
MASTI (%)	0,3
UGLJIKOHIDRATI (%)	7,68
PREHRAMBENA VLAKNA (%)	2,0
ENERGETSKA VRIJEDNOST (cal/100g)	32

Šećeri

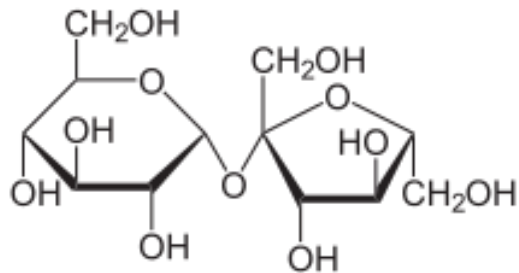
Šećeri su najzastupljeniji sastojci voća nakon vode. Zajedno sa kiselinama predstavljaju osnovu organoleptičkih svojstava te su vrlo bitni u formiranju okusa proizvoda. Ukupan sadržaj šećera u jagodama ovisi o sorti, stupnju zrelosti i uvjetima uzgoja, pri čemu njegova koncentracija iznosi oko 4,6 %. Od ugljikohidrata u jagodi prevladavaju glukoza, fruktoza i saharoza (Slike 3., 4. i 5.). Skladištenje ima utjecaj na sadržaj saharoze i to tako da se sadržaj saharoze smanjuje s vremenom skladištenja (Hui, 2006).



Slika 3. Strukturna formula glukoze (Anonymous_3, 01.05.2017., url)



Slika 4. Strukturna formula fruktoze (Anonymous_4, 01.05.2017., url)



Slika 5. Strukturna formula saharoze (Anonymous_5, 01.05.2017., url)

Vitamini

Vitamini su esencijalne prehrambene tvari u ljudskoj prehrani i značajne su zaštitne tvari samoga ploda. Na sam sadržaj vitamina utječe svježina voća, način skladištenja, a najviše temperatura tijekom obrade. Na povišenim se temperaturama razara većina vitamina. U usporedbi s gubitcima vitamina tijekom toplinskih procesa, kasnije skladištenje gotovog proizvoda često ima mali, ali znakovit utjecaj na sadržaj vitamina. Vitamini su podijeljeni u

dvije skupine: topljivi u vodi (vitamini B kompleksa i C vitamini) i topljivi u mastima (A, D, E, K) (Tablica 2.). Jagoda je posebno bogata vitaminom C, a količina vitamina C odgovara količini koja se nalazi u jednoj naranči. Sadržaj vitamina u jagodi stimulira imunološki sustav jer jagoda obiluje vitaminima. Dovoljna je porcija od 150 g kako bi se zadovoljila dnevna doza vitamina C, koja iznosi oko 80 mg za odraslu osobu.

Tablica 2. Sadržaj vitamina u jagodi (Hui, 2006)

Vitamin	mg/100g
Vitamin C (askorbinska kiselina)	60
Provitamin A (karoten)	0,04
Vitamin B1 (tiamin)	0,02
Vitamin B2 (riboflavin)	0,03
Vitamin B3 (niacin)	0,5
Vitamin B5 (pantotenska kiselina)	0,3
Vitamin B6 (piridoksin)	0,06
Vitamin B8 (biotin)	0,004

Mineralne tvari

Mineralne tvari u svježem voću se nalaze u koncentraciji od 0,3 do 0,8 % (Tablica 3.). Kao i u većini biljnih plodova, jagoda ima najviše kalija koji dobro utječe na živčani sustav, dobar je za bubrege i dobar protiv visokog tlaka. Jagoda također sadrži kalcij i fosfor (koji su dobri za kosti), magnezij (koji pomaže u borbi protiv stresa), te željezo (koje daje energiju mišićima) (Hui, 2006).

Tablica 3. Sadržaj minerala u jagodi (Hui, 2006)

Mineralna tvar	mg/100g
Kalij	150
Kalcij	20
Magnezij	12
+ fosfor, sumpor, natrij, bor, klor, bakar, željezo, cink, fluor i mangan	U manjim količinama

Prehrambena vlakna

Prehrambena vlakna podrazumijevaju prvenstveno celulozu, hemicelulozu i lignin, a ljudski ih organizam ne može iskoristiti za dobivanje energije jer ih ne hidrolizira i resorbira. Celuloza i hemiceluloza su stalni sastojci namirnica biljnog porijekla jer izgrađuju stanične stjenke, a bitni su za ljudski organizam jer pokreću peristaltiku crijeva pa smanjuju i gastrointestinalne probleme.

Celuloza omekša vezanjem vode, također smanjuje resorpciju masti, tj. pospješuje njihovo izlučivanje iz organizma. Celulozi se isto tako pripisuje i nadzor razine glukoze u krvi zbog toga jer duže zadržava hranu u želucu i smanjuje zadržavanje hrane u crijevima i smanjuje resorpciju nutrienata. Uz jagode, namirnice bogate topivim vlaknima su ječam, leća, zob, jabuke, kruške, orašasti plodovi, sjemenke lana, grah i mnoge druge. Jagode su dobar izvor prehrambenih vlakana budući da sadrže čak do 8 % prehrambenih vlakana (Hui, 2006).

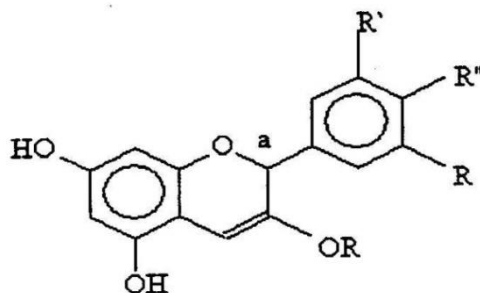
Kiseline

Kiselost voća potječe od organskih kiselina i njihovih soli. Sadržaj kiselina u voću kreće se od 0,2 % do 1,2 %. Kiselost voća se izražava kao pH vrijednost i kreće se oko 3,5. Kiselost sirovine, kao važna karakteristika kemijskog sastava, uzrokuje najčešće epifitnu mikrofloru kao i mikrofloru koja uzrokuje kvarenje proizvoda. Kiselost proizvoda predstavlja osnovnu komponentu okusa. Odnos sadržaja šećera i kiselina može se izraziti broječanom vrijednošću i naziva se koeficijent ili indeks slasti. Kiselost i slatkoća su dva najvažnija faktora koja određuju kvalitetu jagode (Ergović, 2007).

Pigmenti

Pigmenti su važni za vizualnu procjenu proizvoda. Pigmenti su uglavnom boje koje su smještene u plastidima u protoplazmi stanica. Flavonoidi su velika skupina spojeva široko rasprostranjena u biljkama. Pojavljuju se kao glikozidi u kojima je 1 ili više fenolnih OH skupina vezano za šećer. Glikolizacija pruža molekuli da bude manje reaktivna prema slobodnim radikalima i topljivija u vodi te se stoga lako pohranjuje u vakuole. Osnovna struktura je flavan jezgra, koja sadrži 15 ugljikovih atoma raspoređenih u 3 prstena (C6-C3-C6). Podijeljeni su u nekoliko skupina: antocijani (crveni, ljubičasti ili plavi pigmenti), antoxantini (žuti pigmenti), katehidi (bezbojni) i leukoantocijani (bezbojni). Strukture flavonoida koje se nalaze u prirodi variraju od flavan-3-ola (katehin) do flavonola (3-hidroksiflavoni) i antocijana. Boja ima raspon od žute, narančaste, crvene do plave, dok su neki flavonoidi odgovorni za bijelu boju, a oksidacijski produkti koji sadrže fenolne skupine

odgovorni su za smeđu i crnu boju. Od flavonoidnih pigmenta u jagodama su najzastupljeniji antocijani (Slika 6.).



Slika 6. Opća strukturna formula antocijanidina (Anonymous_6, 01.05.2017., url)

Antocijani se ubrajaju u flavonoide. Boja im potječe od strukture antocijanidina povezanog s monosaharidima. Antocijani pri povišenim pH vrijednostima formiraju zelenu ili žutu boju. Imaju antioksidativno djelovanje i štite organizam od bolesti. Antocijanini imaju $C_6C_3C_6$ kostur tipičan za flavonoide, sastavljen od dva benzenska i piranskog prstena na koji su vezane funkcionalne hidroksilne skupine. Istraživanja su pokazala da antocijanini imaju snažna antioksidativna svojstva. Antocijanini daju ljubičastu, crvenu, ružičastu i plavu boju cvjetovima i plodovima. Antocijanidin glikozidi, pelargonidin-3-glikozid i cijanidin-3-glikozid odgovorni su za crvenu boju jagoda.

Crvena boja jagoda potječe od dva antocijana: pelargonidin-3-glukozida i cijanidin-3-glukozida. Antocijanini su vrlo nestabilni. Gubitak boje zamjetljiv je poslije odmrzavanja smrznutog voća i tokom prerade te čuvanja proizvoda od jagoda. Promjena boje posljedica je reakcije antocijana sa nastalim kinonima. Brzina destrukcije antocijana zavisi od pH jer se ubrzava pri višoj pH vrijednosti. Sa aspekta pakiranja postoji mogućnost formiranja kompleksnih spojeva sa metalima kao što Al, Fe, Cu i Sn. Brzina degradativnih reakcija antocijana slijedi brzinu degradativnih reakcija šećera do furfurala. Furfural koji nastaje Maillard – ovim reakcijama ili oksidacijom askorbinske kiseline kondenzira s antocijanima i nastaju smeđi produkti. Na promjenu boje antocijana mogu utjecati i enzimi. Identificirane su dvije grupe, glukozidaze i polifenol oksidaze. Glukozidaze hidroliziraju glukozidne veze, te nastaje šećer i aglikon. Gubitak boje je rezultat smanjenja topivosti antocijanidina i njihove transformacije u bezbojne produkte. Polifenol oksidaza djeluje u prisustvu o-difenola i kisika i na taj način oksidira antocijane. Enzim najprije oksidira o-difenol u o-benzokinin, koji zatim reagira s antocijanima neenzimskim mehanizmom (Taylor & Giusti, 2014; Obradović, 2011).

2.2. Voćna kaša

Tijekom prerade voća i povrća uspostavljaju se određeni zahtjevi kakvoće s obzirom na to da o kakvoći svježeg voća i povrća ovisi i kakvoća konačnog proizvoda. Kako bi svježa jagoda bila pogodna za izradu voćne kaše plod mora biti čvrste strukture, srednje krupan, odgovarajuće teksture, ujednačene veličine, visoke kvalitete i treba zadržati svoj karakterističan okus i miris nakon zagrijavanja, smrzavanja, sušenja ili bilo kojeg drugog tretiranja.

Voćna kaša je poluproizvod dobiven pasiranjem svježeg voća ili pulpe, te konzerviranjem sumpornim dioksidom, pasterizacijom ili zamrzavanjem. Kaša je ujednačene konzistencije i ne smije sadržavati ostatke kore voća, cijele koštice ili komade koštica ili neke druge krute primjese. Prema udjelu suhe tvari ocjenjuje se kakvoća kaše. Kaša se najčešće konzervira pasterizacijom ili zamrzavanjem.

Pasterizirana kaša je poluproizvod dobiven iz svježeg voća pasiranjem. Voće se prethodno mora oprati, izabrati kvalitetnije komade i usitniti. Usitnjena voćna masa toplinski se obrađuje u izmjenjivaču topline na temperaturi od 90 do 95 °C u cilju inaktivacije enzima, uništenja mikroorganizama i omekšavanja tkiva. Sve to olakšava pasiranje na pasirkama pri čemu se uklone nejestivi dijelovi voća. Dobivena kaša puni se u prethodno pasterizirane limenke ili cisterne.

Ako se kaša namjerava zamrzavati, nakon toplinske obrade mora se ohladiti na 30 °C. Prije zamrzavanja u samim uređajima kaša se može tretirati otopinom limunske kiseline ili askorbinske kiseline što utječe na poboljšanje okusa i na bolje očuvanje organoleptičkih svojstava tijekom skladištenja. U industrijskim uvjetima kaša se zamrzava u obliku blokova, oblaže folijom od polietilena te skladišti na -18 °C do daljnje prerade (Lovrić & Piližota, 1994).

2.3. Konzerviranje zamrzavanjem

Zamrzavanjem namirnica omogućuje se znatno dulje održavanje njezine kvalitete. Zamrzavanje je proces snižavanja temperature namirnice ispod točke smrzavanja staničnog soka, te se na taj način reducira aktivnost mikroorganizama i enzima, stoga su procesi kvarenja potpuno zaustavljeni. Smrznuta namirnica znatno bolje čuva boju, okus i sastav nego kada je konzervirana hlađenjem, sušenjem ili sterilizacijom. Nedostatak te metode je narušavanje teksture proizvoda i to radi stvaranja kristala leda. Proces kvarenja smrznute hrane je znatno

usporen iz dva razloga: sniženje temperature i uklanjanje vode potrebne za rast mikroorganizama (voda se pretvara u led).

Prelaskom veće količine vode iz tekućeg u kruto agregatno stanje, ali i uz istodoban porast koncentracije otopljene tvari, smanjuje se aktivitet vode u namirnici i to do točke pri kojoj niti jedan mikroorganizam ne može rasti jer se kemijske reakcije usporavaju. Zamrzavanjem se formiraju kristali leda i time uzrokuju povećanje viskoznosti protoplazme te se smanjuje sposobnost vezivanja vode za koloide, osmotski tlak također raste što dovodi do nepovratno štetnih promjena na proteinima, a i sami kristali leda povećanjem volumena uzrokuju mehanička oštećenja citoplazme i stanične membrane stanice.

Osim navedenog, dolazi i do fizikalno – kemijskih promjena koje uzrokuju promjene u kvaliteti namirnice. Kako bi se te promjene svele na minimum potrebno je namirnicu tretirati prije postupka zamrzavanja, ponajprije blanširanjem, a tek nakon toga odabrati odgovarajući postupak zamrzavanja kao i čuvanja zamrznutog proizvoda. Blanširanje je toplinska obrada vodom ili parom s ciljem inaktivacije enzima, omekšavanja tkiva te uklanjanja zraka iz međustaničnog prostora.

Ne podnose svi mikroorganizmi na isti način procese zamrzavanja, isto kao i kada je riječ o povišenim temperaturama. Kada se temperatura naglo snizi s optimalne za rast i razvoj mikroorganizama na oko 0 °C, većina mikroorganizama biva izložena temperaturnom šoku. U slučaju kada se nakon temperaturnog šoka ponovo postigne optimalna temperatura za rast i razvoj mikroorganizama, oni gube svojstvo reprodukcije. Važno je spomenuti da se bakterije koje namirnicu mogu učiniti toksičnom ne mogu razvijati na temperaturi nižoj od 3 °C. Utjecaj zamrzavanja na preživljavanje mikroorganizama ovisi o slijedećim čimbenicima: vrsti mikroorganizama, početnom broju mikroorganizama, kemijskom sastavu namirnice, primijenjenoj temperaturi, brzini zamrzavanja, te vrsti i veličini pakiranja (Herceg, 2009).

2.3.1. Temperatura zamrzavanja

Temperatura zamrzavanja materijala je ona temperatura pri kojoj dolazi do formiranja kristala leda. Temperatura smrzavanja čiste vode je 0 °C, a da bi nastupilo zamrzavanje otopine ona se mora najprije ohladiti na temperaturu nižu od temperature zamrzavanja pri čemu dolazi do formiranja centara kristalizacije leda. Kristalizacija vode u led odvija se u dvije faze:

1. faza nukleacije (pojava centara kristalizacije),
2. faza rasta kristala.

Nukleacija može biti homogena i heterogena. Homogena nukleacija obično se definira kao razvitak nukleusa (jezgre) kritične veličine kroz slučajnu agregaciju molekula. Heterogena nukleacija je katalizirana stranim površinama ili sitnim česticama čija je površinska konfiguracija slična ledu. Drugi korak u tvorbi kristala leda u nekom prehrambenom proizvodu je rast kristala. Rast kristala nastaje nakon što je stvoren nukleus kritične veličine. U slučaju kristalizacije čiste tekućine i u normalnim uvjetima brzinu rasta kristala kontrolira prijenos topline. Brzina rasta kristala ovisi o temperaturi i brzini odvođenja topline.

Veličina kristala leda koji se nalaze u materijalu nakon završetka procesa zamrzavanja od značajnog je utjecaja za kvalitetu proizvoda, a u direktnoj je ovisnosti o broju molekula nastalih tijekom zamrzavanja: manji broj nukleusa rezultira manjim brojem većih kristala i obrnuto, što je veći broj jezgri bit će veći broj sitnih kristala. Općenito kod sporog zamrzavanja nastaju veliki kristali (isključivo) u ekstracelularnim prostorima, kako kod animalnih i vegetabilnih tkiva, tako i kod suspenzija mikroorganizama ili crvenih krvnih stanica. Neadekvatno vođen proces zamrzavanja može imati kao posljedicu ireverzibilno oštećenje stanične strukture. Također se time gube i svojstva koja pokazuju svježinu i čvrstoću smrznute hrane, zbog toga to ona većinom ovisi o strukturnom uređenju i kemijskom sastavu staničnog zida i intercelularnih prostora.

Mehanizmi degradacije biološkog materijala zbog zamrzavanja mogu biti različiti. Oni su direktno ili indirektno povezani sa stanjem i funkcijom vode u njemu. Neke značajke za objašnjenje navedenih pojava: denaturacija koloida uvjetovana promjenama u koncentraciji elektrolita, promjene pH, precipitacija proteina iz otopine zbog dehidracije (stanice), mehaničko oštećenje sturturnih elemenata izazvano rastom kristala, direktni utjecaj zbog uklanjanja strukturno važne vode (Lovrić, 2003).

2.3.2. Promjene u namirnici nakon zamrzavanja

Vrlo je važno održati kvalitetu tijekom skladištenja proizvoda u smrznutom stanju. Za većinu namirnica vrijedi da moraju biti potpuno i čvrsto zamrznute. Nedovoljno smrznuta sredina ili ne smrznut proizvod pokvarit će boju, aromu i druga svojstva. Isto tako i glavni razlog kvarenja u djelomičnoj smrznutoj namirnici uz psihrofilne mikroorganizme jačeg djelovanja enzima je koncentracija otopljenih tvari u zaostaloj vodi. U nekim je namirnicama problem kiselost, tj. njihova prisutnost u otopljenoj tvari i u slučaju nedovoljno smrznute namirnice one uzrokuju pad pH vrijednosti ispod izoelektrične točke proteina te na taj način koaguliraju (Lovrić, 2003).

Kod zamrzavanja tkiva, tj. biološkog materijala (npr. hrane) s izvornom staničnom strukturom treba uzeti u obzir još neke pojave: povećanje volumena koji zauzima voda, promjena mjesta vode i povećanje aktiviteta otopljenih tvari što ima za posljedicu fizikalno-kemijske promjene. Za posljedice koje izaziva promjenu volumena na teksturu namirnice posebno su važna tri faktora: elastičnost staničnih membrana, uklanjanje plina inkludiranog u unutrašnjosti tkiva pod djelovanjem rasta kristala leda i povećanje specifične gustoće leda sniženjem temperature namirnice (ispod $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$). Ekspanzija volumena može dovesti do mehaničkih oštećenja stanica. Tijekom hlađenja pri temperaturi ispod $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ odvijaju se proces ekspanzije i koncentracije istovremeno. U biološkim materijalima stvaraju se kristali leda na vanjskim ili unutarnjim stjenkama stanica. Svojstva membrana i staničnih vlakana uzrokuju promjene u lokalizaciji vode. Voda blokirana u unutrašnjosti strukture migrira i sudjeluje u rastu kristala leda izvan stanica. Drugi tip dislokacije vode je dehidracija nekih bioloških tvari (proteina i lipoproteina) pri čemu može doći do ireverzibilnog gubitka bioloških svojstava (npr. enzimatske aktivnosti) materijala (Lovrić, 2003).

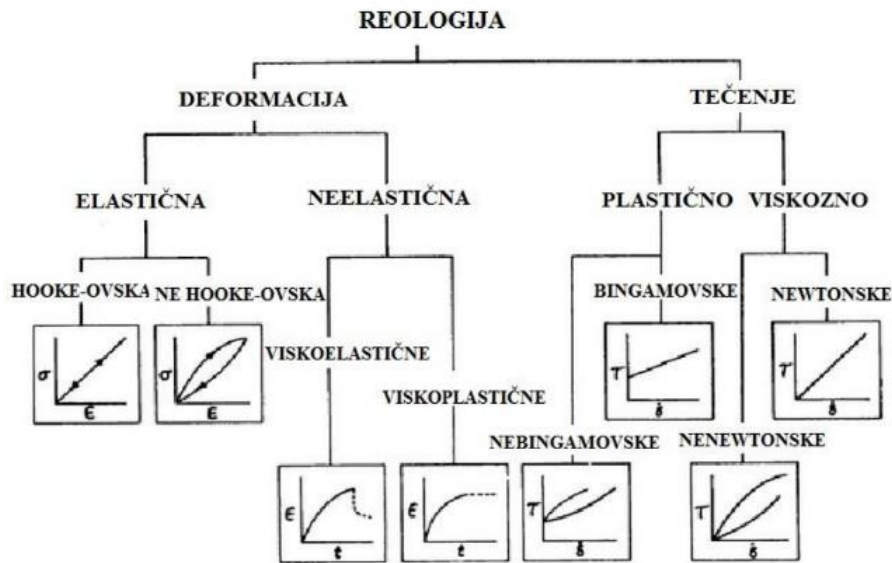
2.4. Reološka svojstva

Poznavanje reoloških svojstava namirnica od velikog je značenja za postizanje određenih svojstava namirnice, te za vođenje operacija i postupaka prilikom proizvodnje. Reologija (grč. *reos* = otpor) je znanstvena disciplina koja se bavi proučavanjem deformacija i tečenja čvrstih i tekućih materijala. Deformacija u ovom slučaju podrazumijeva promjenu oblika i dimenzija nekog tijela, tvari ili materijala pod utjecajem sile, dok pojam tečenja predstavlja kontinuiranu promjenu deformacije s vremenom. Na reološka svojstva materijala utječe niz čimbenika kao što su kemijski sastav, pH vrijednost, brzina i vrijeme smicanja, temperatura i mnogi drugi. Promatranjem reoloških svojstava sirovina, poluproizvoda i gotovih proizvoda moguće je utjecati na pojedine tehnološke parametre u smislu dobivanja proizvoda optimalne kvalitete (Ergović, 2007).

Svojstva koja opisuju reološko ponašanje materijala su (Slika 7.):

- 1) Elastičnost – svojstvo čvrstih materijala da pod utjecajem vanjske sile mijenjaju svoj oblik i da se nakon prestanka djelovanja sile vrate u prvobitan oblik.
- 2) Plastičnost – svojstvo materijala da pod djelovanjem vanjske sile mijenjaju svoj oblik koji zadržavaju i nakon prestanka djelovanja sile.

3) Viskoznost – unutrašnje trenje koje djeluje unutar fluida kao otpor tečenju.



Slika 7. Podjela tekućina s obzirom na reološka svojstva (Mohsenin, 1986)

2.4.1. Newtonske tekućine

Newtonske tekućine su tekućine kod kojih je odnos između napona smicanja i brzine smicanja konstantan i za koje vrijedi Newton-ov zakon. Viskoznost ovih tekućina izražava se slijedećim izrazom:

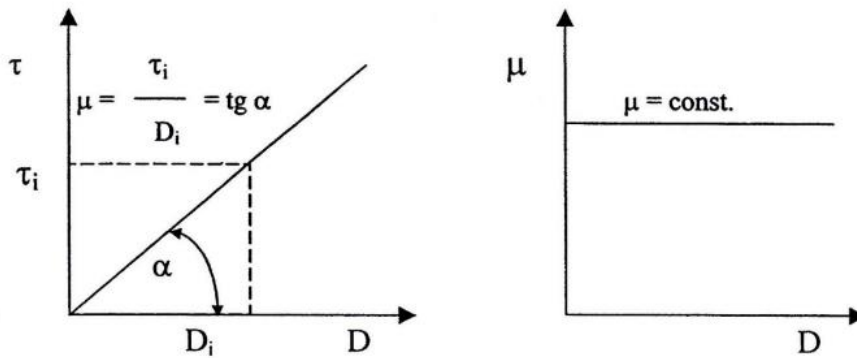
$$\tau = \mu \cdot D \quad (1)$$

τ = smično naprezanje (Pa)

μ = koeficijent viskoznosti (Pa·s)

D = brzina smicanja (s^{-1})

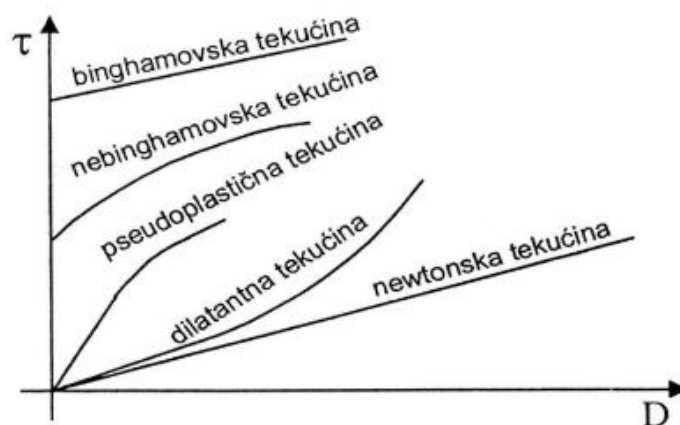
Viskoznost je kod stalne temperature i tlaka konstantna veličina koja ne ovisi o brzini smicanja i vremenu smicanja. Viskoznost newtonskih tekućina je konstantna te se mijenja samo promjenom temperature. Primjeri takvih fluida su voda, mlijeko, tekući med i slično. Odnos smičnog napreznja (τ) i brzine smicanja (D) predstavlja pravac koji proizlazi iz ishodišta. Koeficijent smjera tog pravca je viskozitet tekućine (μ) (Slika 8.).



Slika 8. Odnos smičnog naprezanja (a) te viskoznosti (b) o brzini smicanja za newtonske tekućine (Lovrić, 2003)

2.4.2. Nenewtonske tekućine

Nenewtonske tekućine su sve one tekućine koje odstupaju po svojim reološkim karakteristikama od zakonitosti opisanih Newton-ovim zakonom. Viskoznost takvih tekućina nije stalna i mijenja se s promjenom brzine smicanja (Slika 9.). Pri svakoj promjeni brzine smicanja viskoznost poprima drugu vrijednost te se viskoznost kod newtonskih tekućina naziva prividna viskoznost (μ_p). Razlika između newtonskih i nenewtonskih tekućina izražena je samo pri malim brzinama smicanja, odnosno pri laminarnom gibanju, dok se pri turbulentnom gibanju i nenewtonske tekućine ponašaju kao newtonske.



Slika 9. Odnos između smičnog naprezanja i brzine smicanja za newtonske i nenewtonske tekućine (Lovrić, 2003)

Za opisivanje reoloških karakteristika nenewtonskih tekućina koriste se reološki parametri, koeficijent konzistencije (k) i indeks tečenja (n). Izraz koji opisuje odnos između smičnog napreznja i brzine smicanja većine nenewtonskih tekućina je sljedeći:

$$\tau = k \cdot D^n \quad (2)$$

τ = napon smicanja (Pa)

k = koeficijent konzistencije ($\text{Pa} \cdot \text{s}^n$)

D = brzina smicanja (s^{-1})

n = indeks tečenja

Nenewtonske tekućine dijele se u tri skupine (Ergović, 2007):

- 1) Tekućine kod kojih se ovisnost smičnog napreznja i brzina smicanja ne mijenja s vremenom: pseudoplastične, bingamovske i nebingamovske tekućine.
- 2) Tekućine kod kojih ovisnost napona smicanja o brzini smicanja ovisi o vremenu: tiksotropne i reopektične tekućine
- 3) Tekućine čija su svojstva vremenski ovisna zbog toga što uslijed djelovanja sile napreznja stalno s vremenom mijenjaju strukturu: viskoelastične tekućine.

2.4.3. Čimbenici koji utječu na reološka svojstva

Mnogi čimbenici utječu na reološka svojstva prehrambenih namirnica, a najvažniji čimbenici su: temperatura, kemijski sastav, mikrobiološke i kemijske reakcije koje se odvijaju u hrani, koncentracija otopine, brzina i vrijeme smicanja, pH vrijednost. Namirnice su složeni sustavi različitog materijala i tvari, pa rijetko posjeduju samo jedno od navedenih svojstava.

Utjecaj temperature

Jedan od najvažnijih čimbenika koji ima utjecaj na reološka svojstva hrane je temperatura. Prilikom mjerenja je važno kontroliranje i održavanje temperature konstantnom te uz vrijednost viskoznosti navesti i temperaturu pri kojoj je određena. Utjecaj temperature različit je kod različitih materijala (Ergović, 2007).

Utjecaj kemijskog sastava

Brojnim istraživanjima utvrđeno je da reološka svojstva ovise o udjelu suhe tvari i kemijskom sastavu tvari. Povećanjem suhe tvari istog proizvoda viskoznost se povećava. Znatno veći utjecaj od udjela suhe tvari ima kemijski sastav. Hidrokoloide povećavaju viskoznost, kao i masti. Zbog toga mlijeko i jestiva ulja različitog kemijskog sastava imaju različitu viskoznost. Otopine šećera manje molarne mase su manje viskozne od onih sa većom molarnom masom (Herceg, 2009).

Utjecaj tehnološkog procesa

Reološka svojstva hrane ovise i o postupcima koji se primjenjuju prilikom pripreme, načinu konzerviranja i uvjetima čuvanja. Do najvećih promjena tih svojstava dolazi uslijed miješanja, homogenizacije, toplinskog tretiranja, koncentriranja, ekstrudiranja, smržavanja i fermentacije. Postizanje određenih organoleptičkih i reoloških značajki proizvoda je posljedica miješanja koje se primjenjuje u različitim područjima prehrambene industrije.

Stabilnost i određena viskoznost različitih tekućih i polutekućih proizvoda povećava se postupkom homogenizacije. Na reološke karakteristike utječe i primjena topline u procesima proizvodnje. Uvjeti provođenja termičke sterilizacije pojedinih sirovina utječu na reološke značajke gotovih proizvoda (Herceg, 2009).

2.4.4. Uređaji za mjerenje reoloških svojstava

Postoji velik broj uređaja za mjerenje viskoznosti tekućih i polutekućih materijala, time i određivanje reoloških svojstava. Takvi uređaji su adaptirani specifičnim zahtjevima u pogledu primjene i preciznosti rezultata. Najpoznatija vrsta reometra je reometar sa koncentričnim cilindrima (Slika 10.). Reometar sa koncentričnim cilindrima koristi se za mjerenje reoloških svojstava materijala male ili srednje viskoznosti. Uzorak se stavlja između koncentričnih cilindara. Vanjski cilindar je nepokretan, a unutarnji rotira konstantnom kutnom brzinom ω . Postoje i izvedbe gdje je unutarnji cilindar nepokretan, vanjski rotira.

Izraz koji opisuje ovaj tip reometra je:

$$2\pi N\dot{\gamma} = \frac{n}{2} \left(\frac{T}{2hk} \right)^{\frac{1}{n}} \left(\frac{1}{ru^n} - \frac{1}{rv^{2/n}} \right) \quad (3)$$

h – visina cilindra, m

r_u – polumjer unutarnjeg cilindra, m

r_v – polumjer vanjskog cilindra, m

N – broj okretaja u jedinici vremena

T – zakretni moment



Slika 10. Reometar s koncentričnim cilindrima (Anonymous_8, 22.04.2017., url)

2.4.5. Reološka svojstva kaše

Kaša jagoda je heterogeni koloidni sustav koji je dobiven pasiranjem svježih jagoda te konzerviranjem pasterizacijom ili drugom metodom. Stabilnost kaše ovisi o veličini njezinih čestica, temperaturi, reološkim svojstvima, razlici u specifičnim težinama između disperznog sredstva i disperzne faze, te o udjelu nekih drugih sastojaka.

Sustav kaše jagoda se dovodi u gibanje kod malog smičnog naprezanja, ali naglo povećava brzinu smicanja kada naprezanje dostigne određenu vrijednost. Orijentirajući se prema reološkim svojstvima, kaša jagoda je pseudoplastični sustav čija je karakteristika da smično naprezanje puno brže raste pri manjim smičnim brzinama nego pri većim, odnosno veći je prirast brzine tečenja pri većim smičnim napreznjima nego pri manjim. Logaritamski dijagram ovisnosti smičnog naprezanja i brzine smicanja predstavlja pravac čiji je koeficijent smjera indeks tečenja (n). Što je vrijednost indeksa tečenja bliži 0, to je izraženiji pseudoplastični (nenewtonski) karakter tekućine (Ergović, 2007).

3. MATERIJAL I METODE

3.1. Cilj rada

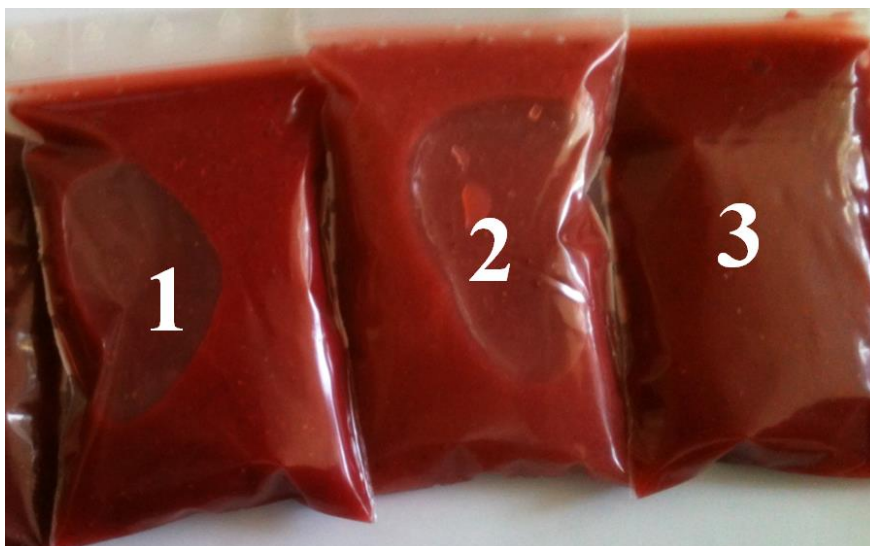
Osnovni cilj ovoga rada je odrediti i protumačiti reološka svojstva različitih uzoraka jagoda tijekom skladištenja kroz 9 mjeseci u zamrzivaču. Osim određivanja reoloških svojstava različitih uzoraka jagoda, cilj je pokazati kako skladištenje u zamrzivaču, odnosno stupanj razorenosti uzorka pod utjecajem stvorenih kristala leda utječe na promjenu reoloških svojstava.

3.2. Priprema kaša jagoda

Svježim jagodama prikupljenima na različitim mjestima (u vrtu, na štandu, u supermarketu) odstranjene su sve prisutne nečistoće. Nakon rezanja na manje komadiće jagode su usitnjene ručnim mikserom (Slika 11.). Kaše jagode su prije skladištenja podijeljene u 18 plastičnih vrećica kako bi se svaka tri mjeseca mogle odmrznuti radi određivanja reoloških svojstava (Slika 12.). Skladištenje u zamrzivaču vršilo se pri temperaturi $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$. Svaki mjesec iz zamrzivača su izvađena 2 uzorka kako bi se u dva paralelna mjerenja odredila reološka svojstva pomoću rotacijskog reometra sa koncentričnim cilindrima pri brzinama smicanja od 0 do 60 s^{-1} na sobnoj temperaturi.



Slika 11. Uzorci jagoda nakon usitnjavanja (Izvor: autor)



Slika 12. Skladišteni uzorci jagoda (Izvor: autor)

Analizirani uzorci jagoda označeni su na sljedeći način:

- I. JAGODA-1 – uzorak jagoda iz konvencionalnog uzgoja prikupljen u vrtu.
- II. JAGODA-2 – uzorak jagoda iz konvencionalnog uzgoja kupljen na štandu na kojem su se prodavale jagode.
- III. JAGODA-3 – uzorak jagoda iz konvencionalnog uzgoja kupljen u supermarketu.

3.2. Mjerenje reoloških svojstva

Početnom uzorku kao i svim uzorcima nakon skladištenja u zamrzivaču, mjerena su reološka svojstva u dva paralelna mjerenja na rotacionom reometru VT550 362-0001 HAAKE sa koncentričnim cilindrima (Slika 13.). Reološka svojstva su određivana pri brzinama smicanja od 0 do 60 s^{-1} . Za svaku određenu brzinu smicanja reometar je zabilježio napon smicanja kojeg pruža kaša jagode prilikom vrtnje mjernog tijela reometra. Nakon provedenog uzlaznog mjerenja provedeno je i silazno mjerenje. Dobivene vrijednosti su obrađene pomoću programa Microsoft Excel primjenom linearne regresije pri čemu se odrede reološki parametri indeks tečenja (n) i koeficijent konzistencije (k).



Slika 13. Rotacijski reometar s koncentričnim cilindrima VT550 362-0001 HAAKE
(Anonymous_7, 22.04.2017., url)

3.3. Određivanje reoloških parametara

Reološki parametri koeficijent konzistencije (k) i indeks tečenja (n) računati su pomoću programa Microsoft Excel, primjenom linearne regresije.

Iz dijagrama ovisnosti smičnog naprezanja (τ) o brzini smicanja (D) vidljiva je vrsta newtonske tekućine prema kojoj se odabire odgovarajuća jednadžba za izračunavanje k i n . Sljedeći dijagram je dijagram logaritamskih vrijednosti τ i D . Aproksimacijom dobivenih točaka dobije se pravac čiji nagib predstavlja indeks tečenja (n).

Koeficijent konzistencije (k) za pseudoplastične tekućine izračunava se iz jednadžbe:

$$\tau = k \cdot D^n \quad (4)$$

τ – smično naprezanje, Pa

k - koeficijent konzistencije, Pa·sⁿ

n - indeks tečenja, -

Logaritmiranjem se ova jednadžba prevodi u oblik jednadžbe pravca:

$$\log \tau = \log k + n \log D \quad (5)$$

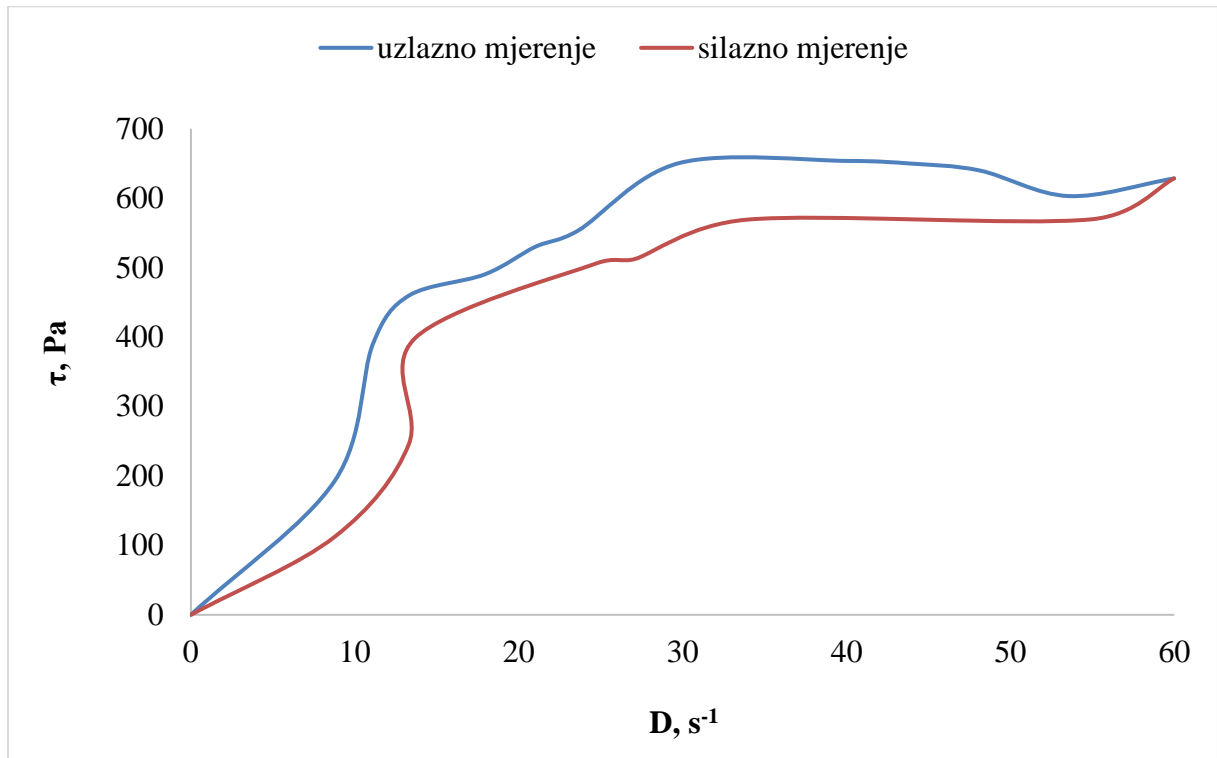
Indeks tečenja (n) predstavlja koeficijent smjera ili nagib pravca.

Koeficijent konzistencije (k) se izračunava tako što se u gornju jednadžbu uvrste odgovarajuće vrijednosti za $\log \tau$ i $\log D$ za neku od točaka koje se nalaze na pravcu.

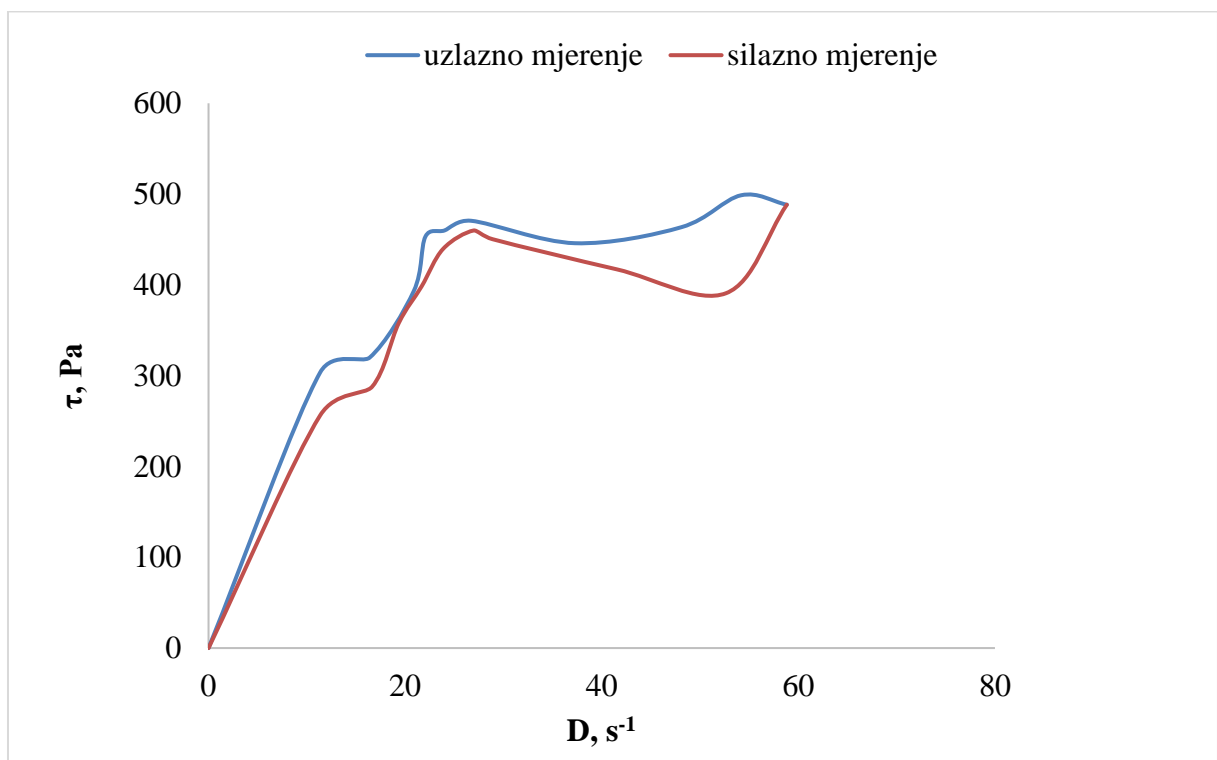
$$\log k = \log \tau - n \log D \quad (6)$$

Iz $\log k$ se antilogaritmiranjem izračunava k ($\text{Pa}\cdot\text{s}^n$).

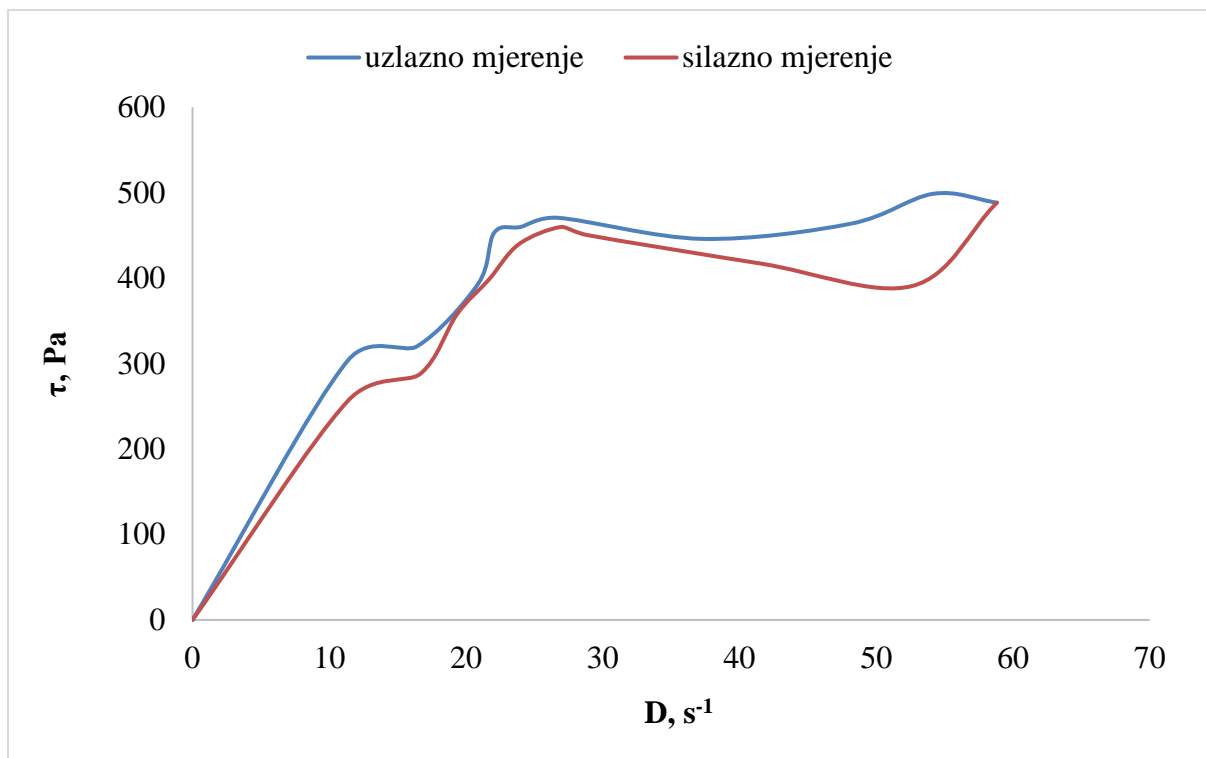
4. REZULTATI



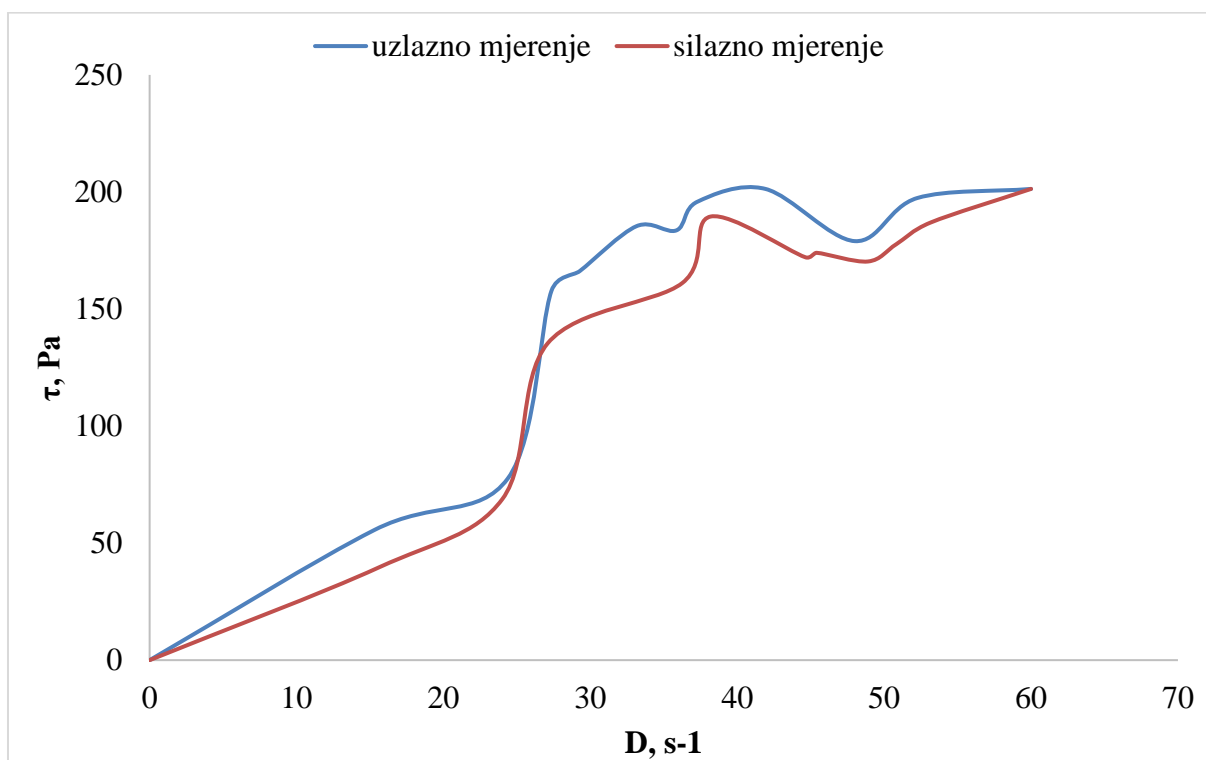
Slika 14. Reološka svojstva uzorka JAGODA-1 prije skladištenja



Slika 15. Reološka svojstva uzorka JAGODA-1 nakon 3 mjeseca skladištenja u zamrzivaču



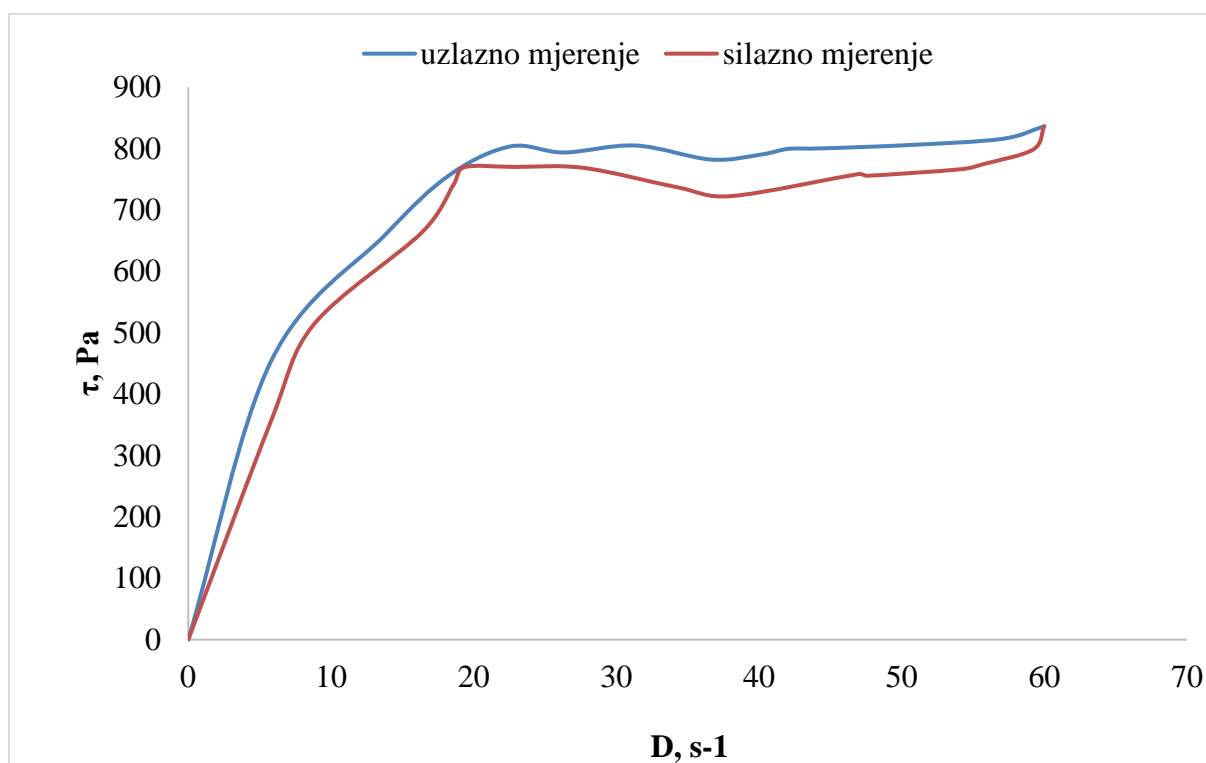
Slika 16. Reološka svojstva uzorka JAGODA-1 nakon 6 mjeseci skladištenja u zamrzivaču



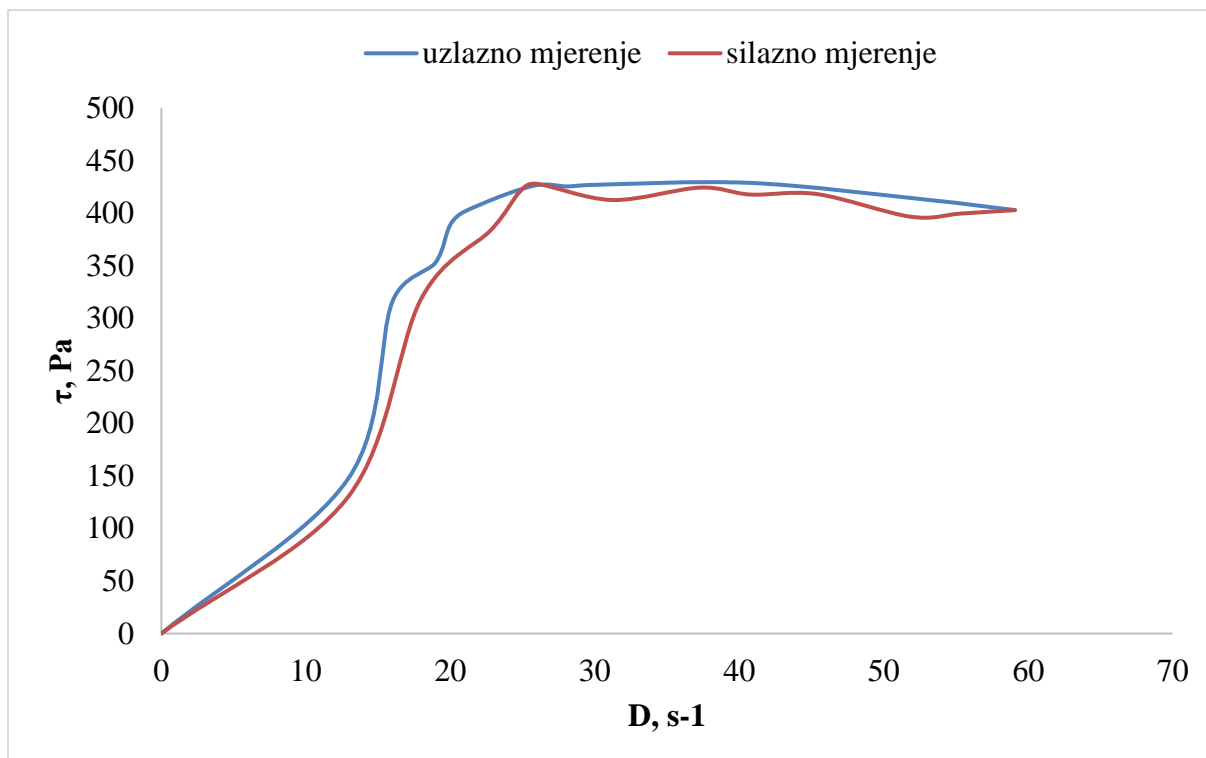
Slika 17. Reološka svojstva uzorka JAGODA-1 nakon 9 mjeseci skladištenja u zamrzivaču

Tablica 4. Reološki parametri uzorka JAGODA-1

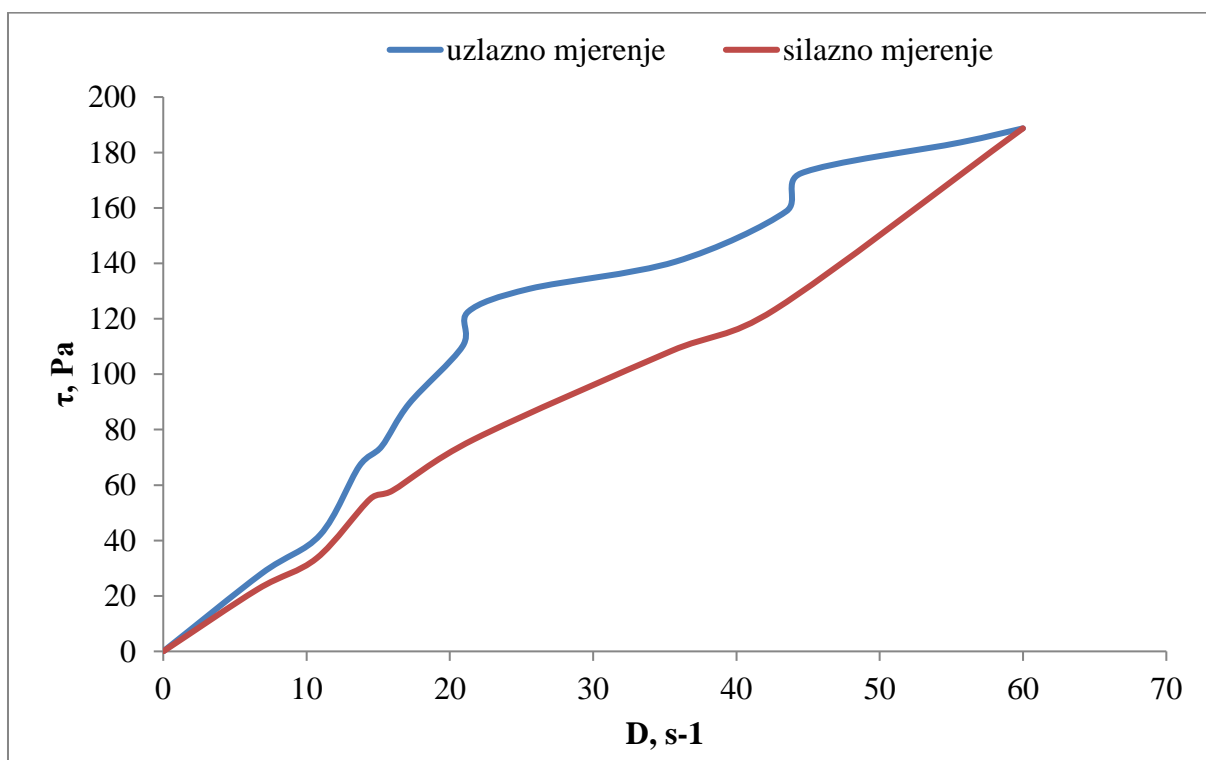
Vrijeme skladištenja	Indeks tečenja, n		Koeficijent konzistencije, k (Pa·s ⁿ)	
	Uzlazno mjerenje	Silazno mjerenje	Uzlazno mjerenje	Silazno mjerenje
0 mjeseci	0,44	0,73	120,51	38,38
3 mjeseca	0,27	0,31	171,00	141,58
6 mjeseci	0,42	0,53	83,37	44,26
9 mjeseci	0,95	0,98	5,32	2,06



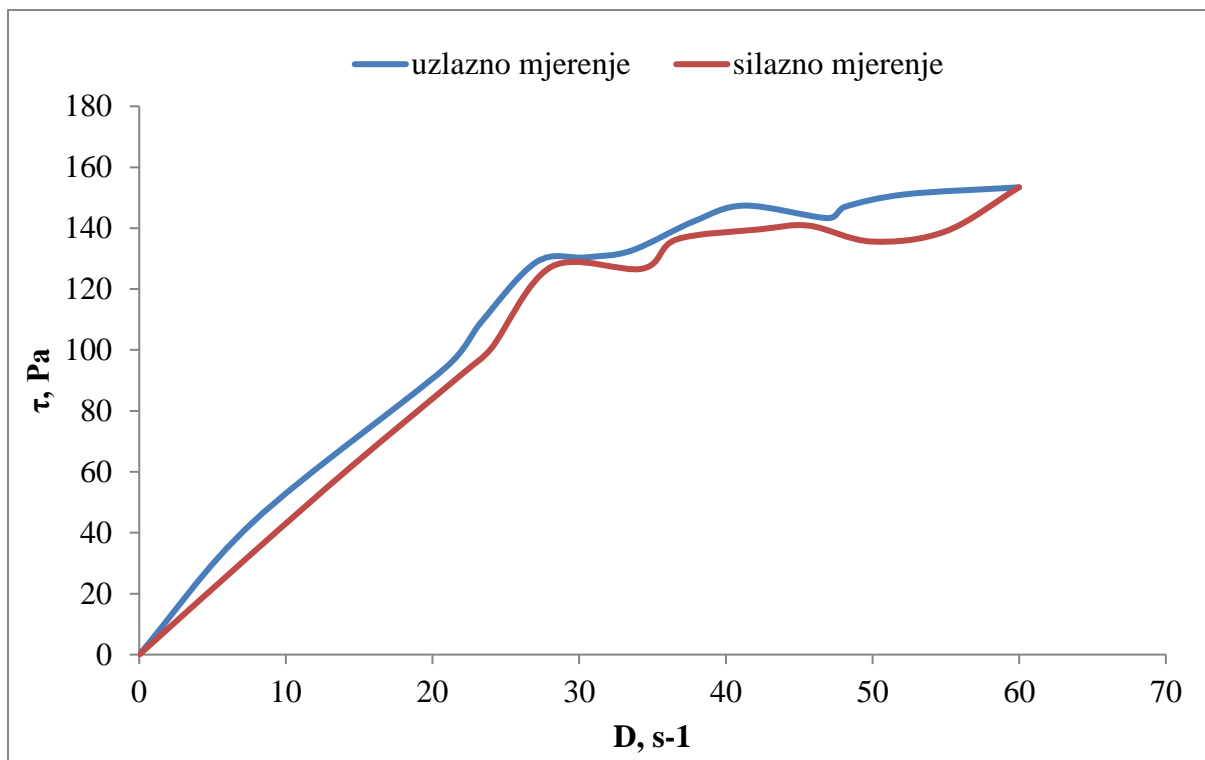
Slika 18. Reološka svojstva uzorka JAGODA-2 prije skladištenja



Slika 19. Reološka svojstva uzorka JAGODA-2 nakon 3 mjeseca skladištenja u zamrzivaču



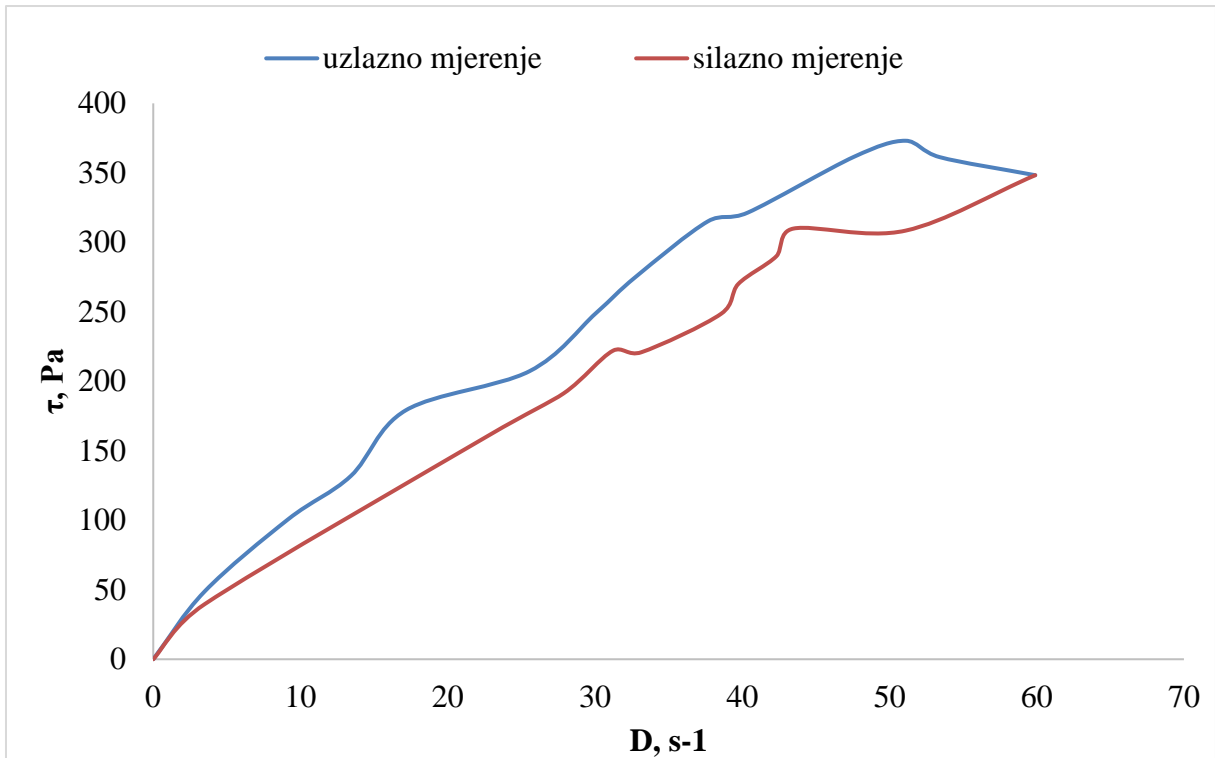
Slika 20. Reološka svojstva uzorka JAGODA-2 nakon 6 mjeseci skladištenja u zamrzivaču



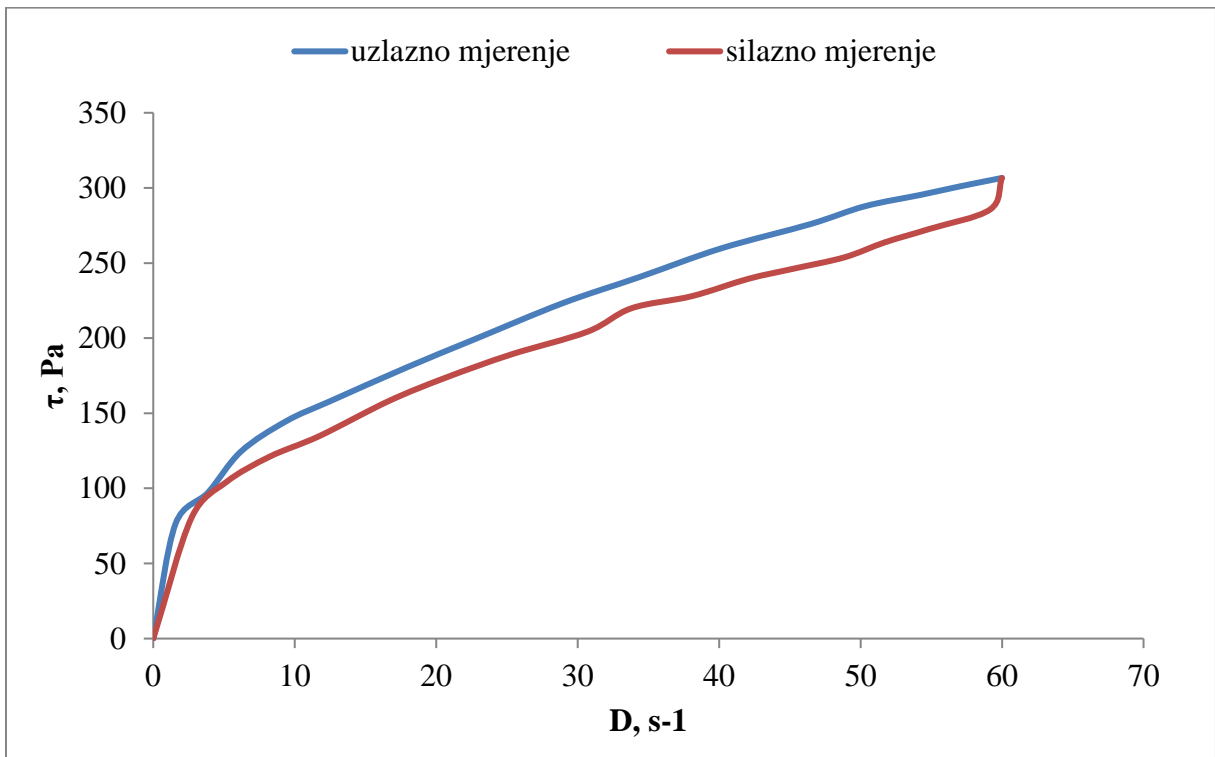
Slika 21. Reološka svojstva uzorka JAGODA-2 nakon 9 mjeseci skladištenja u zamrzivaču

Tablica 5. Reološki parametri uzorka JAGODA-2

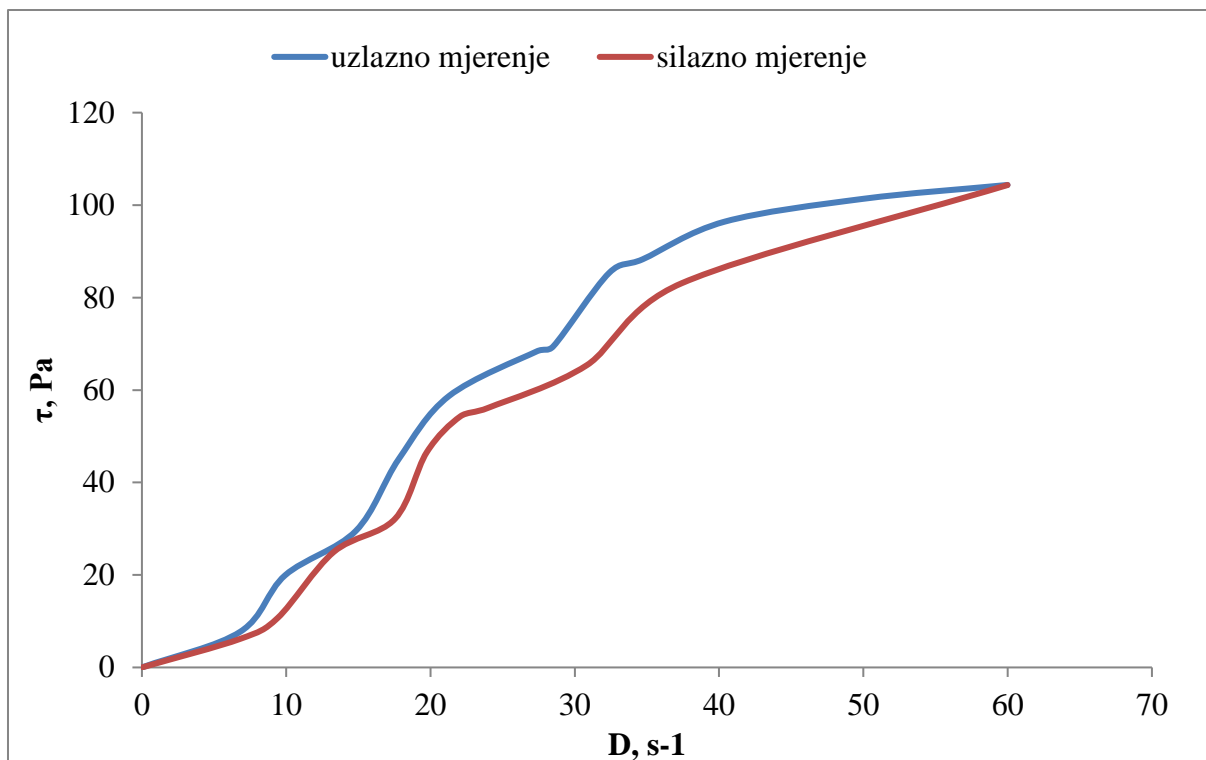
Vrijeme skladištenja	Indeks tečenja, n		Koeficijent konzistencije, k (Pa·s ⁿ)	
	Uzlazno mjerenje	Silazno mjerenje	Uzlazno mjerenje	Silazno mjerenje
0 mjeseci	0,219	0,256	359,58	298,49
3 mjeseca	0,413	0,474	93,48	70,36
6 mjeseci	0,849	0,932	6,93	4,07
9 mjeseci	0,611	0,712	14,55	9,39



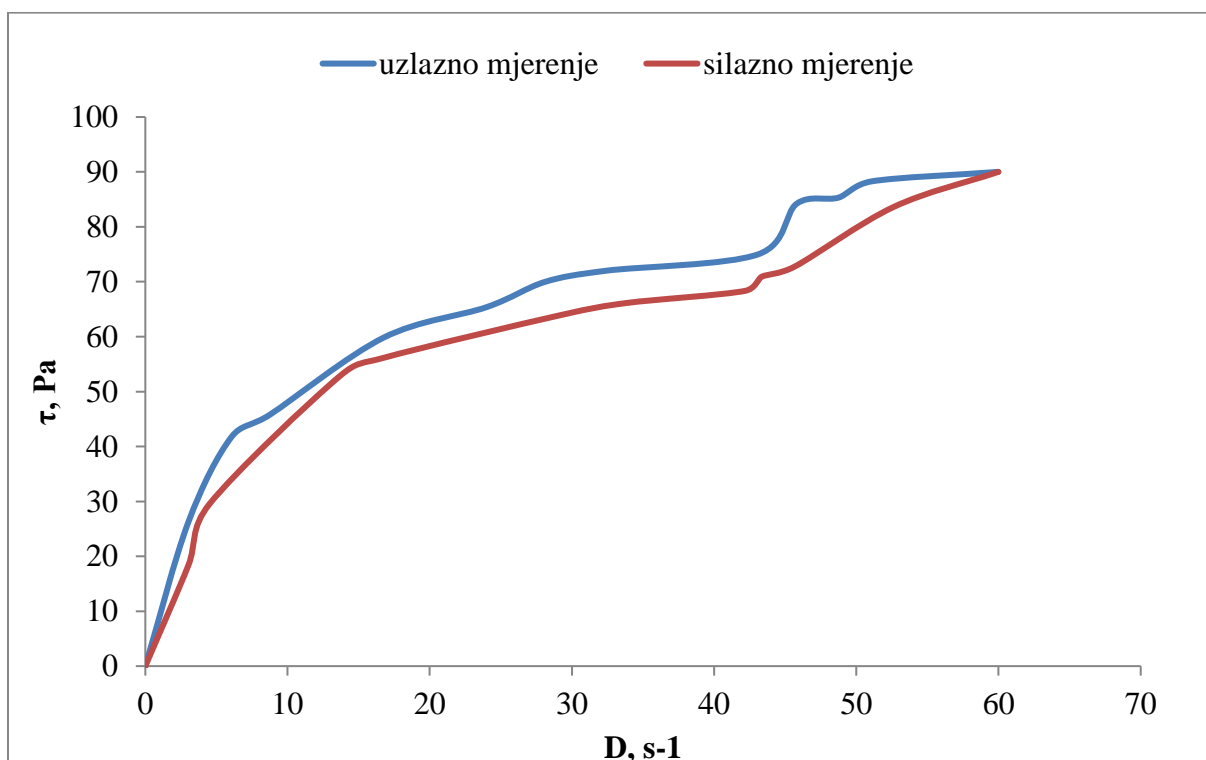
Slika 22. Reološka svojstva uzorka JAGODA-3 prije skladištenja



Slika 23. Reološka svojstva uzorka JAGODA-3 nakon 3 mjeseca skladištenja u zamrzivaču



Slika 24. Reološka svojstva uzorka JAGODA-3 nakon 6 mjeseci skladištenja u zamrzivaču



Slika 25. Reološka svojstva uzorka JAGODA-3 nakon 9 mjeseci skladištenja u zamrzivaču

Tablica 6. Reološki parametri uzorka JAGODA-3

Vrijeme skladištenja	Indeks tečenja, n		Koeficijent konzistencije, k (Pa·s ⁿ)	
	Uzlazno mjerjenje	Silazno mjerjenje	Uzlazno mjerjenje	Silazno mjerjenje
0 mjeseci	0,738	0,782	20,02	14,73
3 mjeseca	0,395	0,416	59,86	50,76
6 mjeseci	0,984	0,987	1,33	1,56
9 mjeseci	0,384	0,458	19,15	19,59

5. RASPRAVA

Reološka svojstva ispitivanih kaša jagoda prije i tijekom skladištenja kroz devet mjeseci u zamrzivaču prikazana su na Slikama 14. do 25. te Tablicama 4. do 6. Na Slikama 14. do 17. dovedene su u odnos vrijednosti napona smicanja pri brzinama smicanja od 0 do 60 s^{-1} kaše jagode označene kao JAGODA-1 prije skladištenja i tijekom skladištenja kroz 9 mjeseci u zamrzivaču. Slike 18. do 21. prikazuju reološka svojstva kaša jagoda označenih kao uzorak JAGODA-2 dok Slike 22. do 25. prikazuju reološka svojstva kaša jagode označenih kao uzorak JAGODA-3 tijekom skladištenja u zamrzivaču 9 mjeseci.

Iz grafičkog prikaza napona smicanja pri zadanim brzinama smicanja vidljivo je kako su vrijednosti napona smicanja kaša jagoda prije skladištenja (Slike 14., 18. i 22.) izrazito manje od vrijednosti nakon skladištenja za sve tri vrste uzoraka. Najmanje početne vrijednosti napona smicanja (prije skladištenja u zamrzivaču) pokazuje uzorak JAGODA-3 čiji je maksimalni napon smicanja 373,1 Pa, a najveće JAGODA-2 sa maksimalno postignutim naponom smicanja 836,2 Pa za maksimalnu zadanu brzinu smicanja.

Grafički prikazi ponašanja promjene napona smicanja pri zadanim brzinama smicanja tijekom skladištenja u zamrzivaču pokazuju tendenciju opadanja vrijednosti napona smicanja pri zadanim brzinama smicanja u odnosu na početne uzorke jagoda. Tijekom skladištenja uzorka JAGODA-1, nakon prva tri mjeseca skladištenja u zamrzivaču dolazi do opadanja maksimalne vrijednosti napona smicanja s početnih 650,5 Pa (Slika 14.) na 498,7 Pa (Slika 15.), nakon šest mjeseci skladištenja dolazi do pada na 403,8 Pa (Slika 16.) dok se za sljedećih tri mjeseca maksimalni iznos napona smicanja smanjio za polovicu vrijednosti te iznosi 201,3 Pa (Slika 17.). Uzimajući u obzir reološke parametre uzorka JAGODA-1 prikazanih u Tablici 4. može se zaključiti kako tijekom skladištenja u zamrzivaču dolazi do opadanja koeficijenta konzistencije kako za uzlazna tako i za silazna mjerenja pri čemu se vrijednosti kreću od $171,0 \text{ Pa}\cdot\text{s}^n$ do $20,06 \text{ Pa}\cdot\text{s}^n$. Vrijednosti indeksa tečenja su u granicama za pseudoplastične tekućine, od 0 do 1, pri čemu je vidljivo kako tijekom skladištenja dolazi do njegova porasta (od 0,27 do 0,98).

Tendencija pada vrijednosti napona smicanja uzorka JAGODA-2 tijekom skladištenja u zamrzivaču tijekom 9 mjeseci najviše je izražena s obzirom da maksimalna vrijednost napona smicanja uzorka prije skladištenja iznosi 836,2 Pa (Slika 18.), dok nakon tri mjeseca skladištenja pada na gotovo polovicu vrijednosti te iznosi 427 Pa (Slika 19.). Nakon šest mjeseci skladištenja uzorku JAGODA-2 zabilježen je maksimalni napon smicanja 188,7 Pa (Slika 20.), a nakon 9 mjeseci 153,4 Pa (Slika 21.). Kao i kod prethodnog uzorka JAGODA-1 dolazi do

porasta indeksa tečenja tijekom skladištenja s 0,219 do 0,932, dok vrijednosti koeficijenta konzistencije opadaju tijekom skladištenja te se kreću od $359,58 \text{ Pa}\cdot\text{s}^n$ do $4,07 \text{ Pa}\cdot\text{s}^n$.

Izrazito manje vrijednosti maksimalno postignutih napona smicanja zabilježene su kod uzorka JAGODA-3 u odnosu na prethodna dva uzorka. Maksimalno postignuta vrijednost napona smicanja za zadane brzine smicanja prije skladištenja iznosi 373,1 Pa (Slika 22.), dok je nakon tri mjeseca skladištenja u zamrzivaču došlo do neznatnog opadanja napona smicanja pri čemu je maksimalno zabilježena vrijednost 318,6 Pa (Slika 23.). Daljnjim skladištenjem dolazi također do minimalnog opadanja maksimalne vrijednosti napona smicanja koja iznosi 306,6 Pa (Slika 24.) dok je na kraju skladištenja došlo do znatnog opadanja maksimalne vrijednosti napona smicanja na 104,34 Pa (Slika 25.) što je ujedno najniža postignuta maksimalna vrijednost napona smicanja gledano za sva tri uzorka tijekom cjelokupnog vremena skladištenja. Vrijednosti koeficijenta konzistencije niže su u odnosu na prethodne uzorke te se kreću od $1,56 \text{ Pa}\cdot\text{s}^n$ do $59,86 \text{ Pa}\cdot\text{s}^n$ (Tablica 6.) s tendencijom opadanja vrijednosti tijekom skladištenja. Vrijednosti indeksa tečenja prikazanih u Tablici 6. kreću se od 0,384 do 0,984 što je karakteristično za pseudoplastične tekućine.

6. ZAKLJUČAK

Na osnovu dobivenih rezultata mjerenja reoloških svojstava uzoraka jagoda tijekom skladištenja u zamrzivaču devet mjeseci mogu se donijeti sljedeći zaključci:

- Maksimalne vrijednosti napona smicanja kaša jagode prije skladištenja manje su od vrijednost nakon skladištenja.
- Najmanje početne vrijednosti napona smicanja (prije skladištenja u zamrzivaču) pokazuje uzorak JAGODA-3 a najveće JAGODA-2.
- Vrijednosti indeksa tečenja ispitivanih kaša jagoda kreću se u rasponu vrijednosti za pseudoplastične tekućine od 0 do 1.
- Vrijednosti koeficijenta konzistencije kod ispitivanih kaša jagoda opadaju tijekom skladištenja u zamrzivaču.

7. LITERATURA

1. Ergović M. (2007) *Utjecaj skladištenja na reološka svojstva kaše maline sa dodatkom šećera, modificiranih škrobova i hidroklorida*. Diplomski rad, Osijek: Prehrambeno tehnološki fakultet Osijek.
2. Hessayon D. G. (1991) *The Fruit Expert*. New York: Expert Books.
3. Herceg Z. (2009) *Procesi konzerviranja hrane, novi postupci*. Zagreb: Golden marketing-tehnička knjiga.
4. Hui Y. H. (2006) *Handbook of fruits and fruit processing*. Oxford: Blackwell Publishing.
5. Lovrić T., Pilžota V. (1994) *Konzerviranje i prerada voća i povrća*. Zagreb: Globus.
6. Lovrić T. (2003) *Procesi u prehrambenoj industriji s osnovama prehrambenog inženjerstva*. Zagreb: Hinus.
7. Matthew B., McVicar J., Flowerdew B. (2005) *Enciklopedija voća, povrća i začinskog bilja*. Rijeka: Naklada Uliks.
8. Mišić P. D., Nikolić M. D. (2003) *Jagodaste voćke*. Beograd: Institut za istraživanja u poljoprivredi Srbija.
9. Mohsenin, N. N. (1986) *Physical properties of plant and animal materials. Structure, physical characteristics and mechanical properties. Second updated and revised edition*. New York: Gordon and Breach science publishers.
10. Obradović, V. (2011.) *Tehnologija konzerviranja i prerade voća i povrća – interna skripta*. Požega: Veleučilište u Požegi.
11. Wallace, T. C., Giusti, M. M. (2014) *Anthocyanins in health and disease*. New York: CRC Press.

Internetski izvori:

11. Anonymous_1:

https://www.google.hr/search?q=jagoda&rlz=1C1CHMO_hrHR581HR581&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjTjem6s9TTAhXDaRQKHQSUAakQ_AUICigB&biw=1366&bih=662#imgrc=ZzS66beVG-ZwrM, 18.03.2017.

12. Anonymous_2:

https://www.google.hr/search?q=nasadi+jagode&rlz=1C1CHMO_hrHR581HR581&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwi_M6stNTTAhWBnhQKHR1ICaAQ_AUICigB&biw=1366&bih=662#imgrc=PgEH7wqnC2U5LM, 18.03.2017.

13. Anonymous_3:

https://www.google.hr/search?q=strukturna+formula+glukoze&rlz=1C1CHMO_hrHR581HR581&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiSqbefh8_TAhWEShQKHQ-IAB8Q_AUICigB&biw=1366&bih=613#imgrc=OX_EfETogF04tM, 01.05.2017.

14. Anonymous_4:

https://www.google.hr/search?q=strukturna+formula+fruktoze&rlz=1C1CHMO_hrHR581HR581&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjFksLRiM_TAhXGyRQKHVr4AAQQ_AUICigB&biw=1366&bih=613#imgrc=bm-XX9gBOkoeM, 01.05.2017.

15. Anonymous_5:

https://www.google.hr/search?q=strukturna+formula+saharoze&rlz=1C1CHMO_hrHR581HR581&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiK5KL2h8_TAhULsBQKHZavCVwQ_AUICigB&biw=1366&bih=613#imgrc=pCV269cIFkkSjM, 01.05.2017.

16. Anonymous_6: <http://www.tehnologijahrane.com/enciklopedija/konzervisanje-maline-zamrzavanje>, 01.05.2017.

17. Anonymous_7:

https://www.google.hr/search?q=VT550+3620001+HAAKE&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiWurfXybjTAhXGI1AKHVqNDLsQ_AUICSgC&biw=1920&bih=950#imgdii=O8iqgBwDIditkM:&imgrc=WYzBftQlmYnUXM, 22.04.2017.

18. Anonymous_8:

<http://researchndevelopment.com/>, 22.04.2017.

POPIS TABLICA I SLIKA

Tablice

- Tablica 1. Kemijski sastav jagode
- Tablica 2. Sadržaj vitamina u jagodi
- Tablica 3. Sadržaj minerala u jagodi
- Tablica 4. Reološki parametri uzorka JAGODA-1
- Tablica 5. Reološki parametri uzorka JAGODA-2
- Tablica 5. Reološki parametri uzorka JAGODA-3

Slike

- Slika 1. Plod jagode
- Slika 2. Nasadi jagode
- Slika 3. Strukturna formula glukoze
- Slika 4. Strukturna formula fruktoze
- Slika 5. Strukturna formula saharoze
- Slika 6. Opća strukturna formula antocijanidina
- Slika 7. Podjela tekućina s obzirom na reološka svojstva
- Slika 8. Odnos smičnog naprezanja (a) te viskoznosti (b) o brzini smicanja za newtonske tekućine
- Slika 9. Odnos između smičnog naprezanja i brzine smicanja za newtonske i nenwtonske tekućine
- Slika 10. Reometar s koncentričnim cilindrima
- Slika 11. Uzorci jagoda nakon usitnjavanja
- Slika 12. Skladišteni uzorci jagoda
- Slika 13. Rotacijski reometar s koncentričnim cilindrima VT550 362-0001 HAAKE
- Slika 14. Reološka svojstva uzorka JAGODA-1 prije skladištenja
- Slika 15. Reološka svojstva uzorka JAGODA-1 nakon 3 mjeseca skladištenja u zamrzivaču
- Slika 16. Reološka svojstva uzorka JAGODA-1 nakon 6 mjeseci skladištenja u zamrzivaču
- Slika 17. Reološka svojstva uzorka JAGODA-1 nakon 9 mjeseci skladištenja u zamrzivaču
- Slika 18. Reološka svojstva uzorka JAGODA-2 prije skladištenja
- Slika 19. Reološka svojstva uzorka JAGODA-2 nakon 3 mjeseca skladištenja u zamrzivaču
- Slika 20. Reološka svojstva uzorka JAGODA-2 nakon 6 mjeseci skladištenja u zamrzivaču
- Slika 21. Reološka svojstva uzorka JAGODA-2 nakon 9 mjeseci skladištenja u zamrzivaču

Slika 22. Reološka svojstva uzorka JAGODA-3 prije skladištenja

Slika 23. Reološka svojstva uzorka JAGODA-3 nakon 3 mjeseca skladištenja u zamrzivaču

Slika 24. Reološka svojstva uzorka JAGODA-3 nakon 6 mjeseci skladištenja u zamrzivaču

Slika 25. Reološka svojstva uzorka JAGODA-3 nakon 9 mjeseci skladištenja u zamrzivaču

IZJAVA O AUTORSTVU RADA

Ja, Tina Gelemanović, pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor završnog rada pod naslovom „Praćenje reoloških svojstava kaša jagoda tijekom skladištenja u zamrzivaču“ te da u navedenom radu nisu na nedozvoljen način korišteni dijelovi tuđih radova.

U Požegi, 16.6.2017.

Tina Gelemanović
