

Svojstva pasti i gelova škrobova različitih sorti krumpira

Šakić, Katarina

Master's thesis / Diplomski rad

2023

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, FACULTY OF FOOD TECHNOLOGY / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:109:038477>

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

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

REPOZITORIJ

PTF OS

PREHRAMBENO-TEHNOLOŠKI FAKULTET OSIJEK

dabar
DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJ

Repository / Repozitorij:

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



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

Katarina Šakić

**SVOJSTVA PASTI I GELOVA ŠKROBOVA RAZLIČITIH
SORTI KRUMIPRA**

DIPLOMSKI RAD

Osijek, lipanj 2023.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

DIPLOMSKI RAD

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek
Zavod za prehrambene tehnologije
Katedra za tehnologiju ugljikohidrata
Franje Kuhača 18, 31000 Osijek, Hrvatska

Diplomski sveučilišni studij Prehrambeno inženjerstvo

Znanstveno područje: Biotehničke znanosti

Znanstveno polje: Prehrambena tehnologija

Nastavni predmet: Tehnologija ugljikohidrata i konditorskih proizvoda

Tema rada je prihvaćena na VII. redovitoj sjednici Fakultetskog vijeća Prehrambeno-tehnološkog fakulteta Osijek u akademskoj godini 2021./2022. održanoj 28. travnja 2022.

Mentor: prof. dr. sc. *Drago Šubarić*

Pomoć pri izradi: *Mario Kovač*, mag. ing.

Svojstva pasti i gelova škrobova različitih sorti krumpira

Katarina Šakić, 0113142236

Sažetak: Polisaharid koji je naišao na široku primjenu ne samo u prehrambenoj, već i u tekstilnoj i papirnoj industriji upravo je škrob. Riječ je o polisaharidu kojeg je moguće izolirati iz brojnih namirnica među kojima je svakako važno istaknuti krumpir, kojeg karakterizira visok udio škroba u suhoj tvari. Proizvodnja škroba iz krumpira jest složena te kao takva podrazumijeva sistematiziran pristup samoj proizvodnji. U ovom diplomskom radu provedeno je određivanje svojstava pasti i gelova škrobova izoliranih iz 8 različitih sorti krumpira uzgojenih na području Osječko-baranjske županije u 2021. godini. Škrobovima izoliranim iz krumpira u laboratorijskim uvjetima najprije je određen sadržaj suhe tvari, a zatim su provedene sljedeće analize: određivanje bistroće škrobnih pasti, određivanje svojstava paste Brabenderovim mikro visko-amilografom te određivanje teksture škrobnih gelova. Rezultati su pokazali da je najmanji udio suhe tvari imao škrob iz sorte *SL 13-25*, a najveći udio suhe tvari škrob iz sorte *Dartiest*. Najveću maksimalnu vrijednost viskoznosti paste imala je sorta krumpira *Scala*, dok je najmanja bila kod krumpira sorte *Stilieto*. Miješanje na visokoj temperaturi rezultiralo je smanjenjem viskoznosti svih pasti, pri čemu je kod sorte *Saprodi* uočeno najznačajnije smanjenje. Kao rezultat hlađenja najveći porast viskoznosti imala je sorta *Saprodi*, što je rezultiralo rastom sklonosti retrogradaciji. Najveću bistroću pasti, čvrstoću gela i vrijednost adhezije imala je sorta *Dartiest*, dok je gel škroba krumpira sorte *Sereno* imao najveću vrijednost za silu pucanja.

Ključne riječi: škrob, krumpir, izolacija, svojstva pasti i gelova

Rad sadrži: 39 stranica
14 slika
5 tablica
0 priloga
25 literaturnih referenci

Jezik izvornika: Hrvatski

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

- | | |
|--|---------------|
| 1. prof. dr. sc. <i>Đurđica Ačkar</i> | predsjednik |
| 2. prof. dr. sc. <i>Drago Šubarić</i> | član-mentor |
| 3. izv. prof. dr. sc. <i>Antun Jozinović</i> | član |
| 4. prof. dr. sc. <i>Jurislav Babić</i> | zamjena člana |

Datum obrane: 6. lipnja 2023.

Rad je u tiskanom i elektroničkom (pdf format) obliku pohranjen u Knjižnici Prehrambeno-tehnološkog fakulteta Osijek, Franje Kuhača 18, Osijek.

BASIC DOCUMENTATION CARD

GRADUATE THESIS

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek
Faculty of Food Technology Osijek
Department of Food Technology
Subdepartment of Carbohydrate technology
Franje Kuhača 18, HR-31000 Osijek, Croatia

Graduate program Food Engineering

Scientific area: Biotechnical sciences

Scientific field: Food technology

Course title: Technology of Carbohydrate and Confectionery Products

Thesis subject was approved by the Faculty of Food Technology Osijek Council at its session no. VII. held on April 28, 2022.

Mentor: *Drago Šubarić*, PhD, prof.

Technical assistance: *Mario Kovač*, mag. ing.

Properties of Starch Pastes and Gels of Different Potato Varieties

Katarina Šakić, 0113142236

Summary: The polysaccharide with wide use not only in the food industry but also in the textile and paper industry is starch. It is a polysaccharide that can be isolated from numerous sources, among which it is certainly important to highlight potato, which is characterized by a high proportion of starch in dry matter. The production of starch from potato is complex and as such implies a systematized approach to the production itself. In this graduate thesis, the properties of starch pastes and gels isolated from 8 different varieties of potato grown in Osijek-Baranja County in 2021 were determined. The dry matter content of the starches isolated from potatoes in laboratory conditions was determined, followed by the following analyses: determination of the clarity of starch pastes, determination of paste properties with Brabender's micro visco-amylograph and determination of the texture of starch gels. The results showed that starch from the variety *SL 13-25* had the smallest proportion of dry matter, and starch from the *Dartiest* variety had the largest proportion of dry matter. The maximum value of paste viscosity had the *Scala* potato variety, while the lowest value had the *Stilieto* potato variety. Mixing at a high temperature resulted in a decrease in the viscosity of all pastes, with the *Saprodi* variety showing the most significant decrease. As a result of cooling, the *Saprodi* variety had the greatest increase in viscosity, which resulted in an increase in retrogradation tendency. The *Dartiest* variety had the highest paste clarity, hardness and adhesiveness, while the potato starch gel of the *Sereno* variety had the highest fracturability.

Key words: starch, potato, isolation, properties of starch pastes and gels

Thesis contains: 39 pages
14 figures
5 tables
0 supplements
25 references

Original in: Croatian

Defense committee:

- | | |
|--|--------------|
| 1. <i>Đurđica Ačkar</i> , PhD, prof. | chair person |
| 2. <i>Drago Šubarić</i> , PhD, prof. | supervisor |
| 3. <i>Antun Jozinović</i> , PhD, associate prof. | member |
| 4. <i>Jurislav Babić</i> , PhD, prof. | stand-in |

Defense date: June 6th, 2023

Printed and electronic (pdf format) version of thesis is deposited in Library of the Faculty of Food Technology Osijek, Franje Kuhača 18, Osijek.

Sadržaj

1. UVOD	1
2. TEORIJSKI DIO	3
2.1. KRUMPIR	4
2.2. ŠKROB	7
2.2.1. Općenito o škrobu	7
2.2.2. Proizvodnja škroba iz krumpira	8
2.2.3. Škrobna granula	10
2.2.4. Amiloza	11
2.2.5. Amilopektin	11
2.2.6. Želatinizacija	13
2.2.7. Retrogradacija škroba	14
2.3. NATIVNI I MODIFICIRANI ŠKROB	15
2.4. PRIMJENA ŠKROBA	16
3. EKSPERIMENTALNI DIO	19
3.1. ZADATAK	20
3.2. MATERIJAL I METODE	20
3.2.1. Metoda izolacije škroba	20
3.2.2. Određivanje udjela suhe tvari (ISO 6540)	22
3.2.3. Određivanje svojstava paste Brabenderovim mikro visko-amilografom	23
3.2.4. Određivanje bistroće škrobnih pasti	24
3.2.5. Određivanje teksture škrobnih gelova	25
4. REZULTATI	27
5. RASPRAVA	31
6. ZAKLJUČCI	35
7. LITERATURA	37

1. UVOD

Škrob se smatra najvažnijim ugljikohidratom u ljudskoj prehrani kao i glavnom hranjivom tvari biljnog svijeta. Pohranjen je u gomoljima, stabljikama i lišću biljaka. Biljke iz kojih se dobiva škrob su prvenstveno žitarice i to kukuruz i pšenica te povrće i to krumpir. Ačkar (2010) navodi značajnu primjenu škroba u prehrambenoj industriji ističući njegovu upotrebu kao sredstva za ugušćivanje, stabiliziranje koloidnih sustava, zadržavanje vlage, vezanje arome, kao sredstva za želiranje i sredstva za poboljšanje kakvoće proizvoda.

Nativni škrob jest škrob dobiven izoliranjem škroba iz biljaka i to kukuruza, pšenice, krumpira i drugih biljaka. No, nativni škrob ima određene probleme vezane za funkcionalna svojstva, a koja se odnose na želatinizaciju, retrogradaciju kao i stabilnost pri visokim temperaturama pri miješanju kao i u kiselim uvjetima. U cilju poboljšanja funkcionalnih svojstava škroba provode se kemijski i fizikalni postupci modifikacije škroba.

Cilj ovog diplomskog rada jest određivanje svojstava pasti i gelova škrobova izoliranih iz 8 različitih sorti krumpira uzgojenih na području Osječko-baranjske županije. Sorte krumpira na kojima je temeljeno određivanje svojstava pasti i gelova krumpirovih škrobova su: *Saprodi*, *Sofista*, *Stileto*, *Dartiest*, *Sereno*, *Senata*, *Scala* te *SL 13-25*. Svojstva škroba razmatrana u okviru istraživanja su: udio suhe tvari, svojstva škrobne paste, bistroća škrobnih pasti i tekstura škrobnih gelova.

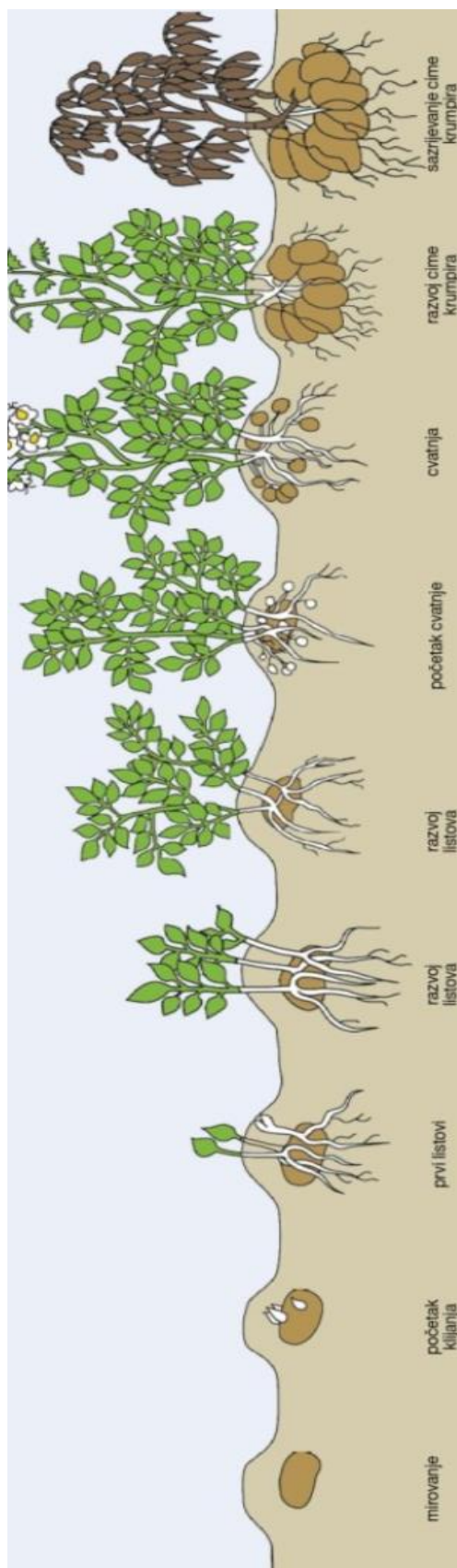
2. TEORIJSKI DIO

2.1. KRUMPIR

Krumpir (*Solanum tuberosum* L.) je višegodišnja gomoljasta biljka iz porodice *Solanacea*. Uzgojen je u južnoameričkoj državi Peru, a povijest uzgoja datira iz 8. stoljeća prije Krista. Nakon otkrića Amerike u 16. stoljeću proširio se Europom. Cijela biljka osim gomolja je otrovna jer sadrži solanin i kakonin. Najviše alkaloida sadrže krumpirove klice, isključujući zelene, nezreli plodovi ili gomolji. Šarkanj i sur. (2010) navode da se nove sorte krumpira rutinski testiraju na sadržaj ovih spojeva koji ne bi trebao prelaziti 20 mg/100g.

Krumpir se uzgaja na područjima gdje se može skladištiti tijekom cijele zime, stoga se prosječna temperatura tijekom zime ne bi trebala previše razlikovati od temperature skladištenja krumpira (kako bi se spriječili visoki troškovi), a to je 4 – 7 °C (Kovač i sur., 2022). U industriji najpovoljnije uvjete za čuvanje krumpira osiguravanju hladnjače, dok bi se u kućanstvima trebao skladištiti na tamnim i hladnim mjestima kako bi se spriječio utjecaj topline i svjetlosti koji snažno povisuju sintezu glikoalkaloida.

Tijekom rasta biljke krumpira, prema Van Es i Hartmans (1981) ispod tla formira se niz bočnih izdanaka koji rastu vodoravno. S vremenom vodoravni izdanci počinju bubriti i formira se krumpir. Svaka sorta krumpira ima karakterističan oblik gomolja. Kovač i sur. (2022) ističu deformiranost gomolja kao posljedice "stresa" tijekom rasta, a koji nastaje tijekom sušnog razdoblja praćenog obilnom kišom što uzrokuje novi (sekundarni) rast. Osim smanjenja tržišne vrijednosti, nepovoljno utječe i na kvalitetu gomolja u kojem dolazi do sekundarnog rasta. Sekundarni dijelovi gomolja često rastu na temelju prvih, stoga prvi dio može imati vrlo nizak sadržaj suhe tvari, a sekundarni može biti potpuno lišen škroba jer se kao konačni rezultat dobije "staklasti" gomolj. Faze rasta krumpira su dane **Slikom 1**.



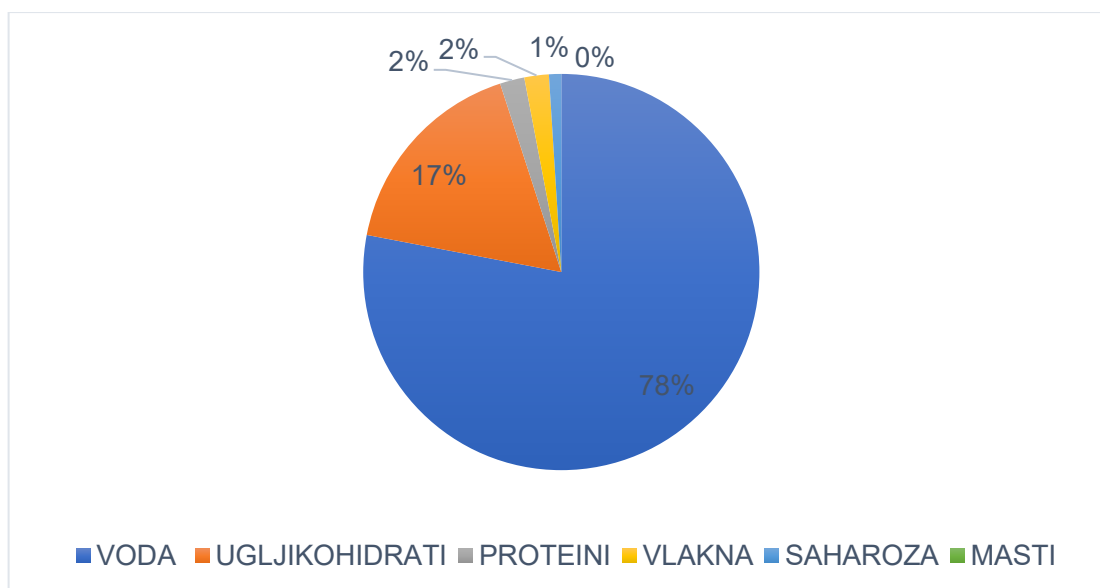
Slika 1 Faze rasta krumpira (BASF, 2023)

Ovisno o sorti krumpira, ekološkim i proizvodnim faktorima (klimatski uvjeti, zemljište, gnojidba, način pripreme) razlikuju se kemijski sastav i odnos hranjivih tvari. Kemijski sastav krumpira vrlo je važan za industriju krumpirovog škroba. Prerađivači krumpira moraju uzeti u obzir čimbenike kao što su suha tvar, škrob i sadržaj proteina. Sadržaj suhe tvari uglavnom je genetski uvjetovan i ovisi o sorti. Suha tvar većinom se sastoji od škroba, stoga postoji velika korelacija između sadržaja škroba i suhe tvari u gomolju. Jedan od spomenutih faktora koji utječu na rast i sadržaj suhe tvari u gomolju je tlo. Primjerice, u Nizozemskoj krumpir s najvećim sadržajem suhe tvari dobiva se iz muljevito tla, dok najniži sadržaj ima krumpir uzgojen na pjeskovitom tlu, što je povezano s dostupnošću vode biljci (Grommers i van der Krogt, 2009). Toplo, suho vrijeme pospješuje sadržaj suhe tvari, dok ga hladno, vlažno vrijeme smanjuje.

Metodom vaganja gomolja pod vodom određuje se količina škroba prilikom isporuke krumpira u tvornicu. Težina pod vodom (UWW – engl. *The Under Water Weight*) jest težina pod vodom 5000 g krumpira. Kao standard EU koristi se 5050 g. Za zreli i neskladišteni krumpir dobiva se sadržaj škroba primjenom formule (1):

$$\% \text{ sadržaja škroba} = 0,0477 * (UWW - 70,3) \quad (1)$$

Prosječni sadržaj suhe tvari u krumpiru je 22,3 %. Glavna komponenta suhe tvari, škrob, sastoji se od 21-25 % amiloze i 75-79 % amilopektina. Znatan dio šećera čine reducirajući šećeri D-glukoza i D-fruktoza, te nereducirajući disaharid saharoza. Skladištenje krumpira može utjecati na omjer škroba i šećera, gdje pri nižim temperaturama može doći do povećanja udjela glukoze uslijed enzimske hidrolize škroba u glukozu. Pektin, celuloza, hemiceluloza i lignin izgrađuju stanične stijenke.



Slika 2 Udio nutritivnih sastojaka u 100 g krumpira (Čošić i sur., 2019)

Krumpir je izvor nutritivno vrijednih sastojaka. Pripisuju mu se pozitivni učinci na zdravlje kao što su antioksidacijski, hepatoprotektivni, protuupalni, antitumorski, antidijabetički, antimikrobni učinci te smanjenje znakova starenja. Glavni je sastojak bezglutenske hrane, jer krumpir za razliku od raži i pšenice ne sadrži gluten u svome sastavu. Krumpir je nakon pšenice, kukuruza i riže najzastupljenija poljoprivredna kultura u svijetu. Najveći udio proizvedenog krumpira prema Sito i sur. (2014) koristi se za ljudsku prehranu, zatim hranidbu stoke, za sjeme, za preradu, a ostatak su gubici.

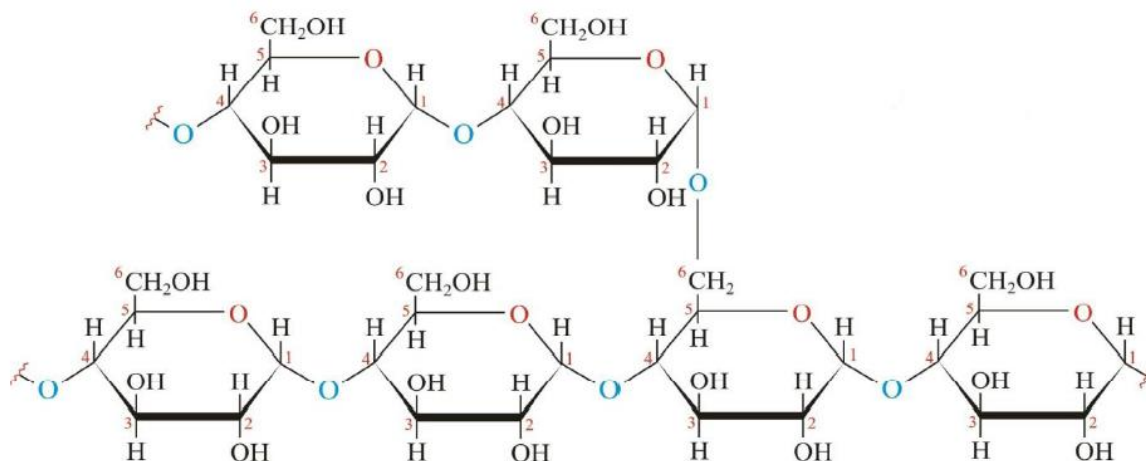
Kovač i sur. (2022) ukazuju na važnost učinkovitije proizvodnje krumpirovog škroba ističući veće količine škrobnog sadržaja navodeći pri tome korištenje posebnih vrsta krumpira od strane modernih europskih tvornica, a koje imaju visok udio škroba te koji upravo zbog visokog udjela škroba nisu pogodni za konzumaciju te pripremu jela.

2.2. ŠKROB

Uz celulozu, škrob je najzastupljeniji ugljikohidrat koji se nalazi u prirodi. Škrob se nalazi u sjemenkama, stabljikama i korijenju biljaka. Zahvaljujući brojnim korisnostima, škrob je naišao na široku primjenu u prehrambenoj industriji. No, Šubarić i sur. (2012) navode kako je primjena nativnih škrobova relativno niska i to zbog sljedećih nedostataka: gubitka viskoznosti, svojstava ugušćivanja nakon kuhanja i skladištenja, nestabilnosti u kiselim uvjetima i dr. Kako bi bila proširena primjena škroba u različitim industrijama, provode se kemijski, fizikalni i enzimski postupci modificiranja škroba.

2.2.1. Općenito o škrobu

Škrob je prema Šubarić i sur. (2012) polisaharid izgrađen od jedinica glukoze povezanih u dva polimerna lanca: amilozu i amilopektin (**Slika 3**).



Slika 3 Kemijska struktura škroba (Chaplin, 2007)

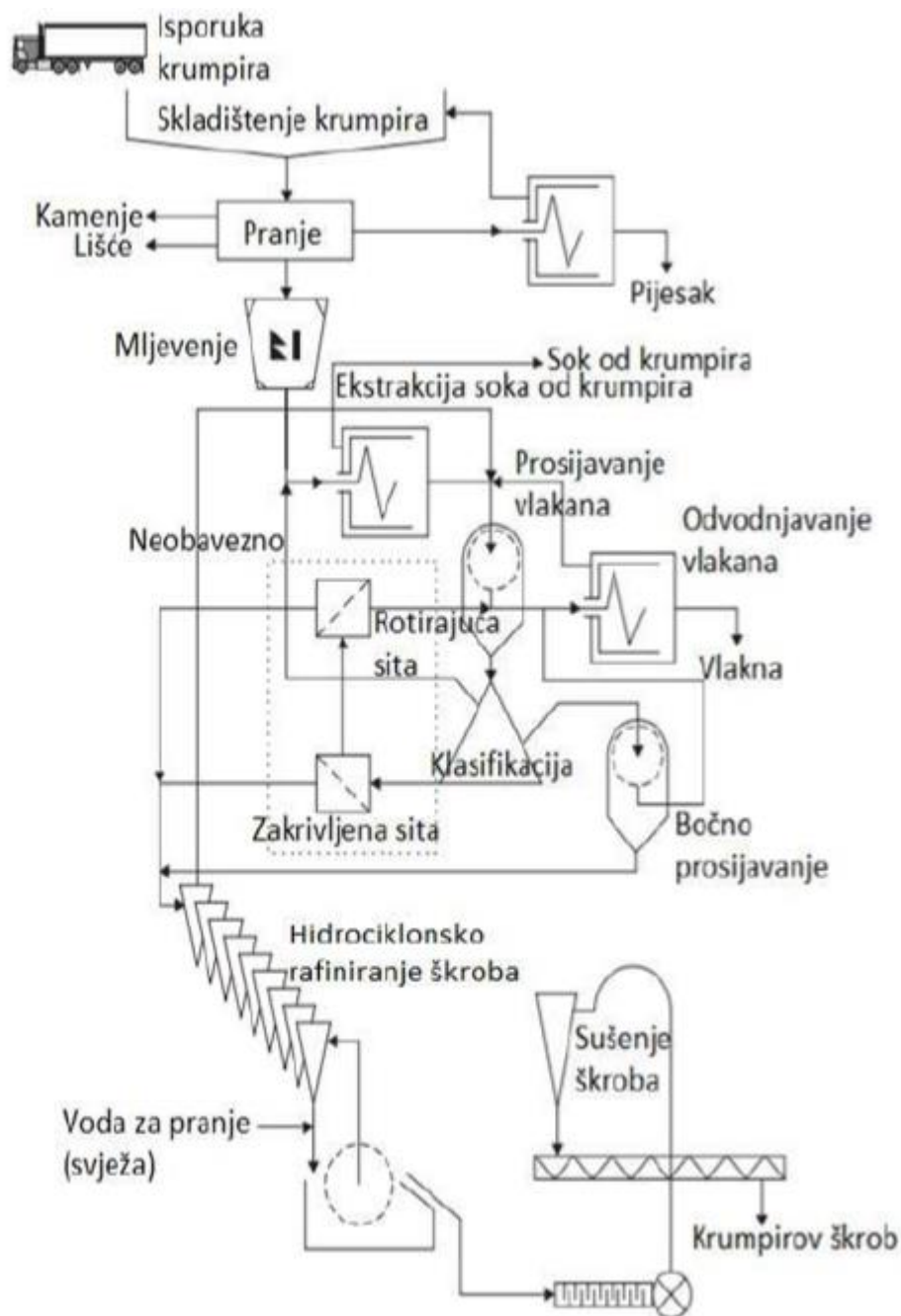
Babić (2007) dijeli škrob obzirom na udio amiloze i amilopektina na:

- voštane škrobove (sadrže manje od 15 % amiloze);
- normalne škrobove (sadrže 20-35 % amiloze);
- visoko-amilozne škrobove (sadrže preko 40 % amiloze).

Nadalje, škrob jest i produkt fotosinteze biljaka pri čemu Šubarić i sur. (2012) ističu kako je primarni proizvod fotosinteze biljaka upravo glukoza koja se u listu kondenzira u netopljivi škrob koji se preko noći razgrađuje i transportira u druga tkiva te se tamo izgrađuju zrnca rezervnog škroba.

2.2.2. Proizvodnja škroba iz krumpira

Jedna od namirnica iz koje se dobiva škrob upravo je krumpir pri čemu je važno istaknuti kako postoji više načina proizvodnje krumpirova škroba. Sam proces proizvodnje krumpirova škroba prema Kovač i sur. (2022), započinje isporukom krumpira kao i uzorkovanjem samog krumpira, njegovim pranjem i mljevenjem, nakon čega slijede različiti procesi proizvodnje krumpirova škroba. **Slikom 4** dan je prikaz postupka proizvodnje škroba iz krumpira.



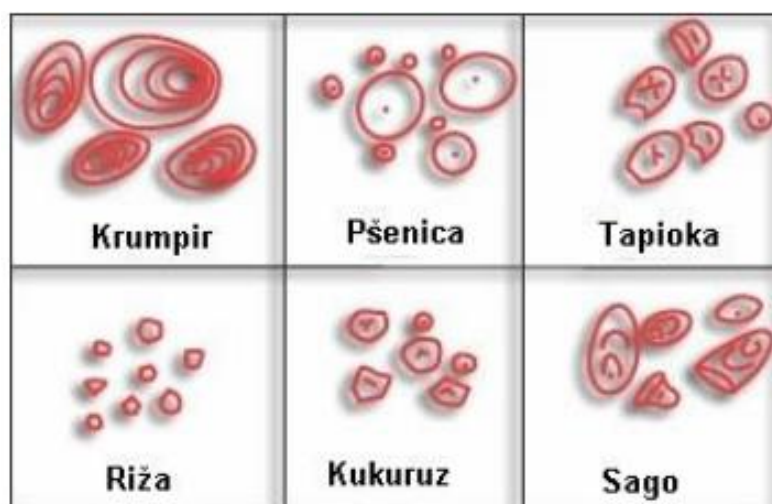
Slika 4 Shematski prikaz postupka proizvodnje škroba iz krumpira (Grommers i van der Kroght, 2009 u Kovač i sur., 2022)

Sam postupak proizvodnje škroba iz krumpira podrazumijeva mljevenje krumpira, ekstrakciju krumpirova soka, ekstrakciju vlakana, klasifikaciju škroba, rafiniranje škroba, bočnu ekstrakciju, uklanjanje vode iz škroba te sušenje i skladištenje škroba (Kovač i sur., 2022). Upravo mljevenjem krumpira nastaju škrobne granule koje predstavljaju posljedicu razbijanja krumpirovih stanica, slomljene stanične stjenke kao i ostatak sadržaja stanice tj. voda u kojoj su otopljene topljive bjelančevine, aminokiseline, šećeri i soli te se takva otopina prema Kovač

i sur. (2022) naziva krumpirov sok. U svom radu Kovač i sur. (2022) navode i načine razdvajanje čvrstih komponenti (škroba i vlakana) od tekućih komponenti (krumpirovog soka).

2.2.3. Škrobna granula

Obradović (2014) navodi kako se škrob u prirodi javlja u obliku škrobnih granula. Glavni izvor ugljikohidrata i energije u ljudskoj prehrani upravo je škrob nastao zrenjem voća. Granule škroba nastaju u vrlo ranim fazama, a sadržaj škroba povećava se s rastom gomolja i čini 77 % njegove suhe tvari. Veličina granula kreće se u rasponu od 1 μm do 120 μm (Kovač i sur., 2022). Oblik i veličina granule varira s obzirom na botaničko podrijetlo škroba, a mogu biti okruglaste, ovalne i uglate. Eliasson (2004) navodi kako su oblik i veličina škrobnih granula karakteristični za pojedinu biljnu vrstu te je prema tome moguće odrediti biljku iz koje potječe škrob, ističući pri tome kako su granule škrobova žitarica mali poliedri, dok je u krumpiru škrob u obliku elipsoidnih granula (**Slika 5**).



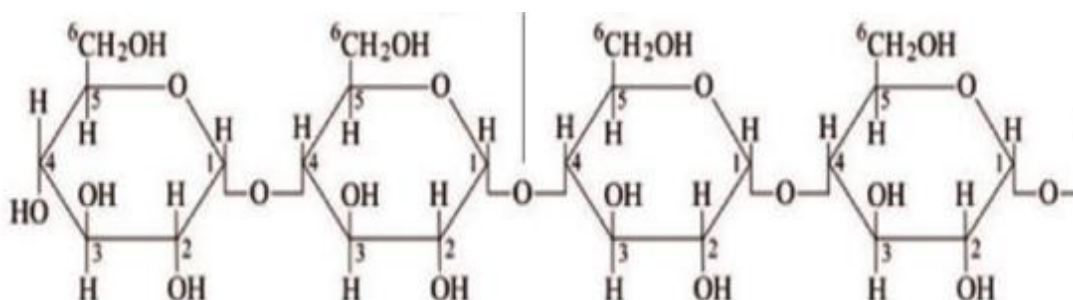
Slika 5 Mikroskopski izgled granula škroba različitih vrsta škrobova (Babić, 2007)

Škrobne granule sadrže amilozu i amilopektin koji se radijalno grupiraju, lipide (uključujući fosfolipide i slobodne masne kiseline) vezane za površinu granule ili u kompleks s amilozom, fosfat monoester i proteine/enzime.

Škrobne granule imaju ulogu rezervnog materijala u gomolju tijekom disanja i nicanja. Funkcionalna svojstva škroba određuju sadržaj i struktura amiloze i amilopektina. Značajne učinke na ova svojstva imaju i lipidi, fosfolipidi i fosfatne monoesterske skupine iako je njihov udio u sastavu granula znatno manji.

2.2.4. Amiloza

Polisaharid amiloza linearni je polimer u kojemu su jedinice D-glukoze međusobno povezane α -1,4 glikozidnim vezama. Molekule amiloze mogu u manjoj mjeri biti razgranate, u njima su jedinice glukoze na mjestima grananja vezane i α -(1 \rightarrow 6)-glikozidnom vezom (Eliasson, 2004). Babić (2007) navodi da stupanj grananja amiloze ovisi o molekulskoj masi i raste s povećanjem molekulske mase. Udio amiloze u škrobu je 20-30 %, za razliku od voštanih škrobova koji sadrže 15 % i visokoamiloznih škrobova koji sadrže više od 40 % amiloze.



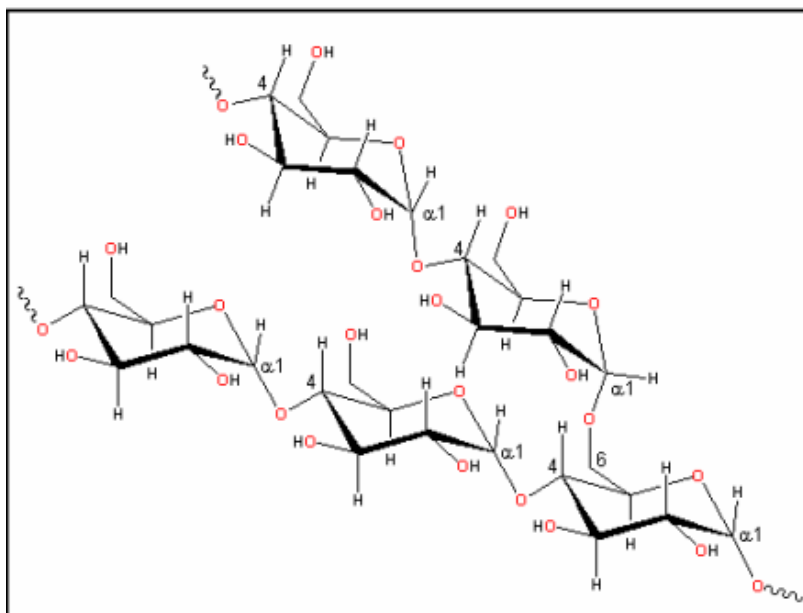
Slika 6 Kemijska struktura amiloze (Nawaz i sur., 2020)

Vodikovi atomi smješteni su u unutrašnjosti molekule, koja je hidrofobna (lipofilna), a na vanjskom dijelu lanca nalaze se hidroksilne skupine, što omogućuje njenu topljivost u vodi. Svojstvo hidrofobnosti omogućava stvaranje amiloza-jod kompleksa. Kompleks se koristi za utvrđivanje škroba u namirnicama i određivanje udjela amiloze u škrobu.

Zbog slabe topivosti molekularnog joda (I_2) u vodi dodaje se otopina kalijevog jodida. Otopina joda (I_2) i kalijevog jodida (KI) u vodi ima svijetlu narančasto-smeđu boju. Njihovom reakcijom nastaju polijodidni ioni (I_3^- , I_5^- , I_7^-). Amilozni lanac ima oblik spirale, a jod u obliku trijodida (Lugolova otopina) može se vezati unutar te spirale u dugački lanac. Ako se jod doda uzorku koji sadrži škrob, atomi joda apsorbiraju narančastu boju iz bijele sunčeve svjetlosti i nastaje kompleks plave boje.

2.2.5. Amilopektin

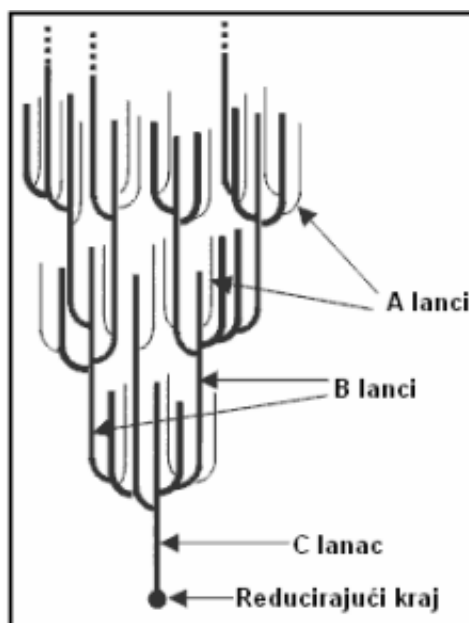
Krumpirov škrob sadrži 70-80 % amilopektina. Razgranata molekula amilopektina sastoji se od jedinica glukoze povezanih α -1,4-vezama u strukturu ravnog lanca, a na mjestima grananja α -1,6 glikozidnim vezama. Prisutnost lipida i molekula amilopektina utječu na rezultate dobivene metodom kompleksiranja amiloze i joda. Razgranata struktura amilopektina onemogućuje stvaranje stabilnog kompleksa s jodom, odnosno veže nižu količinu joda (<0,6 %). Zahvaljujući dugačkim lancima amilopektin se može povezati s jodom te pospješiti afinitet i plavu boju.



Slika 7 Strukturna molekula amilopektina (Babić, 2007)

Molekulu amilopektina izgrađuju tri različite vrste lanaca:

- A-lanci – sami nisu razgranati, povezani s drugim lancima (B- ili C-) svojim redukcijskim krajevima preko α -1,6 veza;
- B-lanci – povezani su s drugim B-lancem ili C-lancem α -1,4 i α -1,6 vezama;
- C-lanci – posjeduje reducirajući kraj molekule.



Slika 8 Organizacija lanaca u model grozda i tipovi lanaca u molekuli amilopektina (Babić, 2007)

Zbog vrlo velike molekularne težine, polidisperznosti i osjetljivosti na smičnu razgradnju, određivanje molekularne težine amilopektina je teško i rezultati variraju ovisno o analitičkoj tehnici i metodi koja se koristi za disperziju uzorka. Prosječne molekularne mase amilopektina variraju između 10^7 i 10^9 .

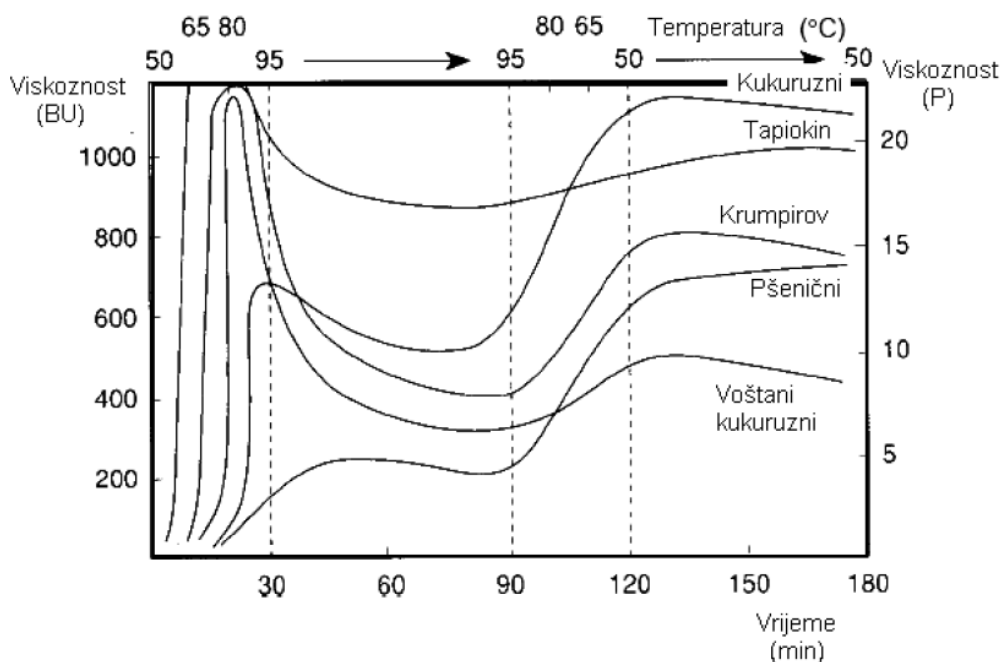
2.2.6. Želatinizacija

Škrob ima jedinstvena toplinska i funkcionalna svojstva koja su mu omogućila široku primjenu u prehrambenoj i drugim industrijama. Prije industrijske upotrebe škrob se mora otopiti. Karakterizira ga netopljivost u vodi i većini organskih otapala, ali zagrijavanjem suspenzije u vodi dolazi do njegovog otapanja. Želatinizacija je proces kroz koji prolaze škrobne granule kada se podvrgnu povišenoj temperaturi u prisustvu vode, iako se isti rezultat može postići i pod utjecajem tlaka, smicanja, drugih otapala i mljevenja (Sopade i sur., 2004). Želatinizacija uzrokuje niz promjena u granulama škroba:

- gubitak strukture,
- bubrenje,
- izlučivanje amiloze,
- poboljšanu probavljivost,
- kidanje granula,
- povećanje topljivosti te
- povećanje viskoznosti.

Temperatura želatinizacije je temperatura pri kojoj škrobna granula prelazi iz uređenog u neuređeno stanje. Želatinizacija je prema Terwer Ubva i sur. (2012) uvjetovana vrstom biljke, količinom prisutne vode, pH, vrstom i koncentracijom soli, šećera, masti, proteina, stupnju umreženosti amilopektina i količini oštećenih škrobnih granula.

Proces želatinizacije škroba započinje zagrijavanjem škroba u vodi na temperaturi od $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ i više, pri čemu dolazi do apsorpcije vode u granulama i škrob počinje bubriti. Zagrijavanjem škrobne granule upijaju veće količine vode i kada dosegnu temperaturu $60 - 70\text{ }^{\circ}\text{C}$ razara se struktura granule i kidaju veze u kristalnom području. Time dolazi do rasta viskoznosti i nastanka gela.



Slika 9 Krivulje želatinizacije različitih škrobnih suspenzija (8 %) dobivene mjerenjem Brabenderovim amilografom (Babić, 2007)

Ačkar (2010) ističe kako se proces želatinizacije sastoji od tri stupnja:

- apsorpcija vode u škrobnim granulama i povećanje mobilnosti polimera u amorfim područjima granule,
- reorganizacija polimera u amornim područjima i stvaranje novih intermolekulskih veza te
- povećanjem hidrotérmičkog tretmana polimeri su sve mobilniji, intermolekulske sile prestaju djelovati i gubi se struktura granule.

2.2.7. Retrogradacija škroba

Retrogradacija škroba je proces suprotan želatinizaciji. Predstavlja proces rekristalizacije škroba nakon hlađenja škrobnog gela. Starenjem viskoznog ili želatiniziranog škroba, želatinizirane tvari amiloza i amilopektin ponovo se povezuju i rekristaliziraju. Faktori koji utječu na proces su:

- priroda škroba,
- koncentracija škroba,
- temperature želatinizacije i skladištenja,
- pH,
- prisutnost lipida, elektrolita i šećera.

Provodi se u dvije faze. Miles i sur. (1985) i Walter (1998) navode kako u prvoj fazi dolazi do brzog razvoja gela i kristala od strane amiloze, dok se u drugoj fazi kristali sporije razvijaju od strane amilopektina i taj razvoj može trajati tjednima.

Neki od učinaka retrogradacije škroba prema Pichler (2011) uključuju:

- porast viskoznosti,
- pojava neprozirnosti i mutnoće,
- taloženje netopljivih škrobnih dijelova,
- stvaranje gela i
- izlučivanje vode iz paste (sinereza).

Retrogradacija je štetna pojava u proizvodima na bazi škroba. Neke od neželjenih posljedica su primjerice starenje kruha.

2.3. NATIVNI I MODIFICIRANI ŠKROB

Industrijska proizvodnja škroba nastaje izoliranjem škroba iz biljaka i to najčešće kukuruza, tapioke, pšenice te krumpira i riže ali u manjoj mjeri. Škrob koji se dobiva izoliranjem iz biljaka se naziva nativni škrob. Nativni i modificirani škrob prema Babiću i sur. (2013) primjenu su našli u prehrambenoj industriji i to kao:

- sredstvo za povezivanje različitih sastojaka, stvaranja filma, stabiliziranja pjene, vezanja vode i arome,
- kao emulgatori, zamjenske masti,
- sredstva za povećanje viskoznosti,
- sredstvo za postizanje određene teksture, kao i
- sredstvo za poboljšanje stabilnosti.

No, primjena nativnog škroba je u industriji ograničena i to zbog problema sa želatinizacijom, retrogradacijom, stabilnošću pri visokim temperaturama tijekom miješanja i u kiselim uvjetima. Kako bi se poboljšala određena funkcionalna svojstva škroba, provode se razni postupci modifikacije škroba. Najčešće korišteni kemijski postupci modifikacije škroba prema Babiću i sur. (2013) su: esterifikacija, eterifikacija, oksidacija te umrežavanje.

Kada je riječ o fizikalnim svojstvima modifikacije škroba, Babić i sur. (2013) navode sljedeće najčešće korištene fizikalne modifikacije škroba: preželatinizacija, ekstruzija, bubrenje i dekstrinizacija. Pri tome je važno reći kako se fizikalni postupci modifikacije škroba mogu koristiti zasebno ili zajedno s kemijskim postupcima modifikacije škroba. **Tablicom 1** dana je klasifikacija modificiranih škrobova.

Tablica 1 Klasifikacija modificiranih škrobova (Jašić i sur., 2015)

Tip modifikacije		Proizvodi
Kemijska modifikacija	Umrežavanje Supstitucija	Diškrob fosfat, i sl. Škrobni esteri: acetilirani škrob, Škrob fosfat, Acetilsukcinatno tretirani škrob, Škrobni eteri: hidroksipropilirani škrob, Karboksimetilirani škrob, Kationizirani škrob, i sl.
	Konverzija	Kiselo konvertirani škrob, Oksidirani škrob, Blanširani škrob, Pirokonvertirani (dekstrinizirani): Dekstrini, Britanska guma, i sl.
Fizikalna modifikacija	Preželatinizacija	Preželatinizirani škrob
	Termički obrađeni	Termički modificiran škrob
	Mikrovalno zračenje	Prženi škrob Mikrovalno modificiran škrob
Enzimska modifikacija		Maltodekstrini, ciklodekstrin, amiloza, itd.

2.4. PRIMJENA ŠKROBA

Već je rečeno kako je škrob naišao na široku primjenu u prehrambenoj industriji. Brojne primjene nativnog i modificiranog škroba u prehrambenoj industriji su dane **Tablicom 2**.

Tablica 2 Primjena škroba u prehrambenoj industriji (Jašić i sur., 2015)

Prehrambena industrija	Proizvodi
Žitarice i snack proizvodi	Ekstrudirani snack proizvodi, Čips, peleti, corn flakes Ekstrudirana i pržena hrana Žitarice
Pekarstvo	Pite, kolači Filovi, glazure Kreme, šećerni preljevi Biskviti, kolači
Preljevi, umaci	Juhe, umaci Majoneze Preljevi za salate
Smrznuta hrana	Smrznuto povrće, meso, riba Voćna punjenja Bureci Orijentalna hrana Kremasti proizvodi
Pića	Emulzije za pića
Industrija kolača, slastičarstvo	Praškasti proizvodi Gumeni bomboni, Žele bomboni
Mliječni proizvodi	Jogurt Sirevi UHT pudinzi
Mesna industrija	Dimljeno meso Nemasna mesa Hrana za kućne ljubimce

Primjena škroba u pekarskoj industriji važna je jer se dodavanjem škroba poboljšavaju svojstva brašna i to posebice u pripravi zamrznutih pekarskih proizvoda, hlađenih proizvoda, kao i proizvoda sa smanjenim udjelom masti i bezglutenskih proizvoda. Škrob se prema Šubariću i sur. (2012) primjenjuje i u proizvodnji konditorskih proizvoda kako bi bila postignuta određena konzistencija i tekstura konditorskih proizvoda, ali i željeni izgled samih proizvoda. Autori naglašavaju kako kod korištenja škroba za oblikovanje konditorskih proizvoda, škrob ima dvojaku funkciju koja se očituje u oblikovanju proizvoda i zadržavanju vlage. Nadalje, škrob je naišao i na široku primjenu u proizvodnji mliječnih proizvoda, pri čemu se koriste hidroksipropilni škrobovi jer su manje viskozni nego li acetilirani škrobovi nakon hlađenja, a

kao posljedica visoke viskoznosti mliječnih proizvoda rezultiraju kremastijom strukturom samih proizvoda.

Škrob se koristi i u proizvodnji bezalkoholnih pića, juha, preljeva te umaka. Škrob se primjenjuje i u mesnoj industriji. Babić i sur. (2013) navode kako se u mesnoj industriji primjenjuju dodaci na bazi škroba, a koji se koriste sami ili s drugim dodacima s ciljem vezivanja vode, kao emulgatori, zamjenske masti, razvoja novih proizvoda ili pak poboljšanja iskorištenja, stabilnosti i teksture mesnih proizvoda.

Osim primjene škroba u prehrambenoj industriji, krumpirov škrob je svoju primjenu pronašao i u tekstilnoj i papirnoj industriji. Kovač i sur. (2022) kao razlog navode visoku molekularnu masu amiloze i dobru topljivost škroba. Razlog korištenja krumpirovog škroba u tekstilnoj industriji prema Kovač i sur. (2022) jesu dobra svojstva formiranja filma, dobra svojstva škrobne paste te moći lijepljenja.

3. EKSPERIMENTALNI DIO

3.1. ZADATAK

Zadatak ovog diplomskog rada bilo je određivanje svojstava pasti i gelova škrobova izoliranih iz 8 različitih sorti krumpira uzgojenih na području Osječko-baranjske županije u 2021. godini. Škrobovima izoliranim iz krumpira u laboratorijskim uvjetima, prvo je određen sadržaj suhe tvari, a zatim su provedene sljedeće analize: određivanje bistroće škrobnih pasti, određivanje svojstava paste Brabenderovim mikro visko-amilografom te određivanje teksture škrobnih gelova.

3.2. MATERIJAL I METODE

3.2.1. Metoda izolacije škroba

Postupak izolacije škroba iz krumpira započeo je temeljitim pranjem gomolja krumpira u običnoj vodi, a zatim su se gomolji krumpira isprali u destiliranoj vodi. Krumpir je rezan na male komadiće a zatim vagan.

Odvagano je 0,5 kg usitnjenog krumpira koji je stavljen u laboratorijski mikser, odnosno blender marke Kenwood, gdje je dodano 250 mL destilirane vode. Blender je uključen na brzinu 6 oko 25 sekundi.

Sljedeći korak bio je ručno ispiranje škroba iz krumpirove pulpe. Sadržaj iz blendera je stavljen na škrobnu gazu sa simbolom 11xxx (132 μm), to je gaza za ispiranje škroba koja se koristi u industriji škroba. Zatim je postupak ispiranja škroba ponovljen 4-5 puta destiliranom vodom, sve dok škrob više nije sklizak na dodir i voda nije postala bistra. Postupak ručnog ispiranja škroba prikazan je na **Slici 10a**.

Otopina škroba je ostavljena preko noći (12 sati) da se škrob istaloži, a zatim je izlivena voda iznad taloga (pretakanje). Zatim je dodana nova destilirana voda te se provelo miješanje, taloženje i pretakanje. Taj je proces izveden još dva puta, što znači da su škrobovi isprani ukupno 3 puta. U ovom procesu vrijeme igra dosta važnu ulogu što je dulje, manje se gubi škroba.

Tijekom četvrtog miješanja škroba s destiliranom vodom provedeno je rafiniranje, tj. suspenzija škroba i destilirane vode izlivena je kroz škrobnu gazu s oznakom 13xxx (104 μm), koja se koristi za rafiniranje škroba. Nakon obavljenog procesa rafiniranja ponovno je pušten škrob da se taloži (**Slika 10b**).



(a)

(b)

Slika 10 Postupak ručnog ispiranja škroba (a) i taloženje škroba (b) (PTF Osijek, 2021)

Nakon što je posljednja voda izlivena preko taloga, mokri škrob je stavljen u plastične posude na sušenje. Uzorci su sušeni u laboratorijskom sušioniku Memmert UFE 500 (**Slika 11a**) Schwabach, Njemačka, pri temperaturi od 30 °C. Osušeni škrob je samljeven u laboratorijskom mlinu IKA M20 (**Slika 11b**), Staufen, Njemačka, vrijeme mljevenja 6 sekundi, a zatim je prosijan kroz sito s veličinom otvora 400 µm.

Škrobovi su pakirani u polietilenske vrećice i čuvaju se najmanje 6 tjedana (sazrijevanje škroba), a zatim im se određuju svojstva.



(a)

(b)

Slika 11 Laboratorijski sušionik Memmert UFE 500 (a) i mlin IKA M20 (b)

3.2.2. Određivanje udjela suhe tvari (ISO 6540)

Sušenjem izoliranih krumpirovih škrobova do konstantne mase na temperaturi od 130 °C u laboratorijskom sušioniku s ventilacijom, Memmert UFE 500, Schwabach, Njemačka, određuje se udio suhe tvari. Izvažuje se oko 5 g uzorka u prethodno osušene i izvagane aluminijske posudice za sušenje. Nakon sušenja posudice s uzorkom izvade se iz sušionika, hlade u eksikatoru te važu. Mjerenje je provedeno u dvije paralele za svaki uzorak, a udio suhe tvari ($w_{s.tv}$) računa se prema formuli (2):

$$w_{s.tv} [\%] = \frac{m_2}{m_1} \times 100 \quad (2)$$

gdje je:

- $w_{s.tv}$ – udio suhe tvari [%]
- m_1 - masa uzorka prije sušenja [g]
- m_2 – masa uzorka nakon sušenja [g]

3.2.3. Određivanje svojstava paste Brabenderovim mikro visko-amilografom

Određivanje pastoznih svojstava provedeno je Brabenderovim mikro visko-amilografom. Uređaj je povezan s računalom koje upravlja radom uređaja te vrši obradu dobivenih rezultata. Nativni škrob je dodan u destiliranu vodu (u posudu Brabenderovog mikro visko-amilografa) kako bi se pripravilo 100 g 7 %-tne suspenzije. Uzorci su pripremani tako da su se prvo na osnovi određenog udjela suhe tvari računale korigirane mase uzoraka škroba i potrebnog dodatka destilirane vode.

Kod mjerenja reoloških svojstava uzorci su bili podvrgnuti temperaturnom programu:

1. Zagrijavanje od 30 do 92 °C, brzina zagrijavanja 7,5 °C/min.
2. Izotermno na 92 °C, 15 minuta.
3. Hlađenje od 92 do 50 °C, brzina hlađenja 7,5 °C/min.
4. Izotermno na 50 °C, 15 minuta.

Mjerenje je provedeno pri okretanju mjernog tijela Brabenderovog mikro viskoamilografa od 250 min⁻¹.

Mjerenjem reoloških svojstava Brabenderovim mikro viskografom dobiju se parametri:

1. Viskoznost vrha - označava maksimalnu vrijednost viskoznosti paste nastale želatinizacijom škroba, a izražava se u Brabenderovim jedinicama [MV / BU].
2. Vrijednost viskoznosti škrobne paste pri 92 °C [Visk. 92 °C / BU].
3. Vrijednost viskoznosti škrobne paste nakon 15 minuta miješanja pri 92 °C [Visk. mij. 92 °C / BU].
4. Vrijednost viskoznosti škrobne paste pri 50 °C [Visk. 50 °C / BU].
5. Vrijednost viskoznosti škrobne paste nakon 15 minuta miješanja pri 50 °C [Visk. mij. 50 °C / BU].
6. *Kidanje* [BD]. Izračunava se oduzimanjem vrijednost viskoznosti nakon 15 minuta miješanja pri 92 °C od vrijednost viskoznosti vrha. Označava stabilnost škrobne paste tijekom miješanja pri visokim temperaturama (92 °C).
7. *Setback* [SB]. Izračunava se oduzimanjem vrijednosti viskoznosti pri 92 °C nakon 15 minuta miješanja od vrijednosti viskoznosti pri 50 °C, označava sklonost škrobne paste retrogradaciji.

3.2.4. Određivanje bistroće škrobnih pasti

Bistroća paste nativnog i modificiranog škroba određena je na temelju metode po Kerr-u i Cleveland-u (1959). U prethodno izvagane prazne kivete od 50 mL s konusnim dnom doda se 0,2 g s. tv. škroba i destilirana voda do mase od 20 g te se uzorci potom homogeniziraju na Vortex tresilici.

1 %-tna suspenzija svakog uzorka se zagrijava u vrijućoj vodenoj kupelji u vremenu od 30 minuta uz konstantnu trešnju. Kivete s uzorcima se potom izvade iz kupelji i puste da se ohlade na sobnoj temperaturi sat vremena. Ukoliko postoji gubitak u masi suspenzije, nadoknadi se dodatkom vode koja je isparila te se ponovi miješanje na Vortexu.

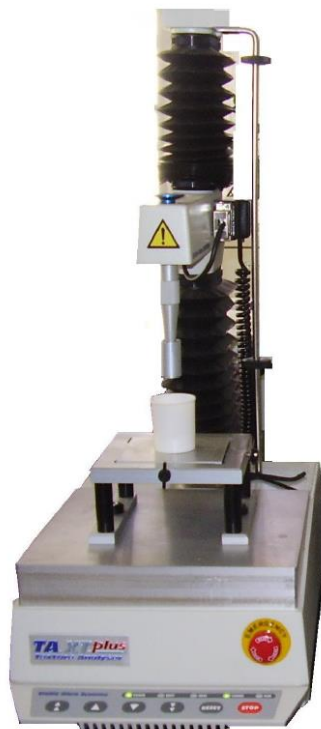
Naposljetku je uzorcima izmjerena transmitancija na 650 nm pomoću laboratorijskog LLG Uni Spec 2 spektrofotometra (**Slika 12**).



Slika 122 LLG Uni Spec 2 spektrofotometar

3.2.5. Određivanje teksture škrobnih gelova

Za određivanje teksturalnih svojstava uzoraka koristi se uređaj TA-XT Plus, Stable microsystem, Velika Britanija (**Slika 13**).



Slika 133 Uređaj Texture analyzer TA-XT plus

Dobiveni gelovi nakon analize provedene na Brabenderovom mikro visko-amilografu važu se u plastične posude sljedećih dimenzija: promjer = 35 mm; visina = 50 mm. U svaku posudicu važe se 25 g gela. Priređeni uzorak se ohladio na sobnoj temperaturi. Tekstura gelova mjerena je nakon 24 sata kako bi se uklonili mjehurići zraka uklopljeni tijekom pripreme gelova. Postupak analiza strukture gela provodi se pomoću cilindričnog nastavka dimenzija: promjer = 25 mm; visina = 35 mm.

Metoda mjerenja:

1. Brzina prije mjerenja – 3 mm/s;
2. Brzina mjerenja (tijekom penetracije) – 2 mm/s;
3. Brzina nakon mjerenja – 10 mm/s.

Dubina penetracije mjernog tijela tijekom mjerenja je 20 mm, a sila mjerenja 1 g.

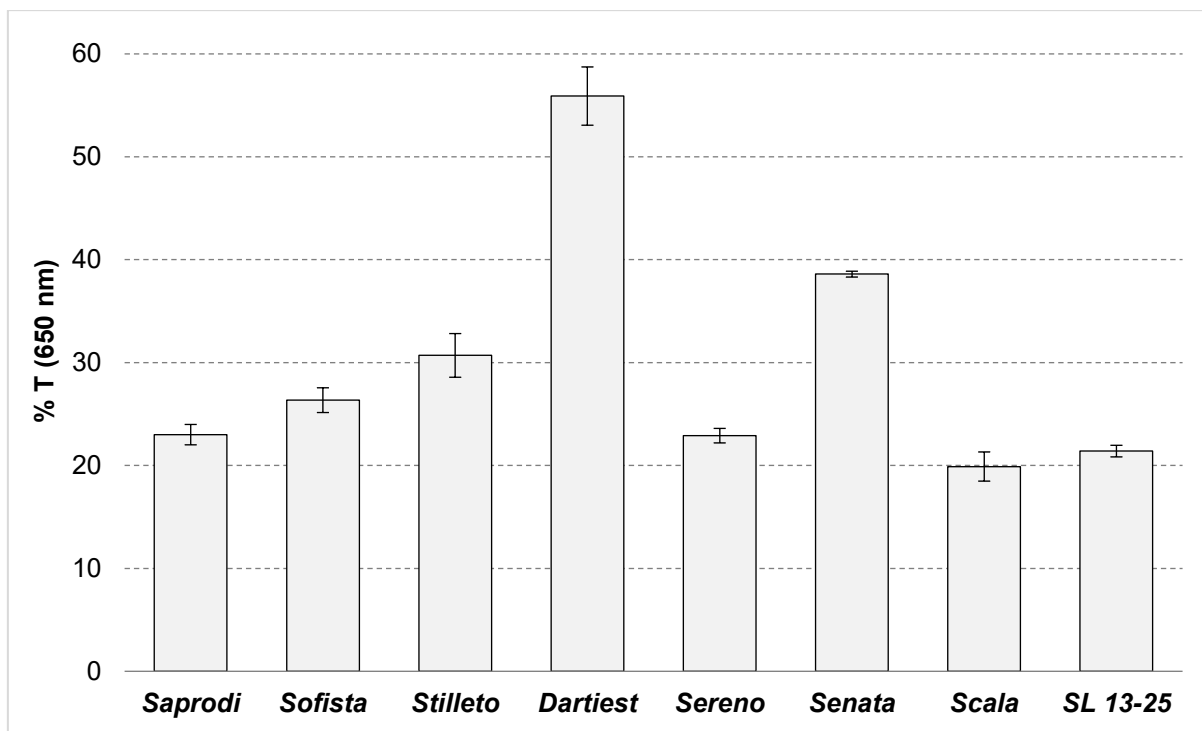
4. REZULTATI

Tablica 3 Rezultati analize sadržaja suhe tvari izoliranih krumpirovih škrobova

Uzorak	Suha tvar [%]
Saprodi	84,66 ± 0,02
Sofista	85,33 ± 0,02
Stilleto	84,67 ± 0,01
Dartiest	85,69 ± 0,02
Sereno	84,33 ± 0,08
Senata	84,92 ± 0,03
Scala	84,95 ± 0,01
SL 13-25	83,51 ± 0,13

Tablica 4 Rezultati analize svojstava škrobnih pasti izoliranih krumpirovih škrobova

Uzorak	SL 13-25	Scala	Senata	Sereno	Dartiest	Stilleto	Sofista	Saprodi
viskoznost vrha [BU]	1519,0 ± 9,9	1673,5 ± 20,5	1490,0 ± 1,4	1518,5 ± 21,9	1446,5 ± 9,2	1410,0 ± 2,8	1499,5 ± 19,1	1505,5 ± 33,2
viskoznost pri 92 °C [BU]	870,0 ± 9,9	974,0 ± 9,9	888,5 ± 9,2	1048,0 ± 11,3	904,5 ± 16,3	1006,0 ± 18,4	1016,0 ± 7,1	1130,5 ± 6,4
viskoznost nakon miješanja na 92 °C [BU]	474,0 ± 5,7	521,0 ± 4,2	487,0 ± 4,2	562,5 ± 6,4	468,0 ± 7,1	514,5 ± 12,0	539,0 ± 8,5	600,0 ± 2,8
viskoznost pri 50 °C [BU]	796,0 ± 0,0	915,0 ± 4,2	806,5 ± 6,4	962,5 ± 19,1	834,5 ± 19,1	898,0 ± 18,4	924,5 ± 3,5	1046,0 ± 18,4
viskoznost nakon miješanja na 50 °C [BU]	663,0 ± 7,1	738,0 ± 4,2	641,5 ± 10,6	799,0 ± 15,6	693,0 ± 11,3	745,5 ± 33,2	758,5 ± 0,7	854,5 ± 13,4
kidanje [BU]	1045,0 ± 4,2	1152,5 ± 16,3	1003,0 ± 5,7	956,0 ± 28,3	978,5 ± 2,1	895,5 ± 9,2	960,5 ± 27,6	905,5 ± 30,4
„setback“ [BU]	322,0 ± 5,7	394,0 ± 0,0	319,5 ± 2,1	400,0 ± 12,7	366,5 ± 12,0	383,5 ± 6,4	385,5 ± 4,9	446,0 ± 15,6



Slika 14 Bistoća pasti izoliranih krumpirovih škrobova

Tablica 5 Rezultati analize teksture škrobnih gelova izoliranih krumpirovih škrobova

Uzorak	Čvrstoća gela [g]	Sila pucanja [g]	Adhezija [g sec]
Saprodi	3,14 ± 0,08	928,89 ± 18,84	-219,78 ± 6,00
Sofista	2,98 ± 0,01	840,18 ± 17,90	-202,52 ± 4,58
Stilleto	3,25 ± 0,08	959,33 ± 6,77	-224,69 ± 4,04
Dartiest	3,30 ± 0,16	776,63 ± 9,16	-73,02 ± 9,50
Sereno	2,48 ± 0,23	998,99 ± 10,61	-348,49 ± 2,23
Senata	3,08 ± 0,00	758,10 ± 4,46	-219,27 ± 8,41
Scala	3,03 ± 0,08	912,11 ± 17,51	-192,56 ± 5,68
SL 13-25	3,08 ± 0,00	873,06 ± 1,98	-205,13 ± 8,11

5. RASPRAVA

Ovim diplomskim radom je provedeno eksperimentalno istraživanje usmjereno određivanju svojstava pasti i gelova krumpirovih škrobova izoliranih iz 8 različitih sorti krumpira uzgojenih na području Osječko-baranjske županije u 2021. godini. Kako bi bila određena svojstva pasti i gelova krumpirovih škrobova, analizirani su: sadržaj suhe tvari, viskoznost paste, bistroća škroba te tekstura škrobnih gelova.

Sadržaj suhe tvari

Udjeli suhe tvari dobiveni sušenjem izoliranih škrobova iz osam sorti krumpira prikazani su u **Tablici 3**. Na temelju prikazanih podataka vidljivo je da škrob iz sorte *Dartiest* sadrži najveći udio suhe tvari (85,69 %), dok je sorta *SL 13-25* sadržavala najmanji udio (83,51 %).

Viskoznost paste

Rezultati prikazani u **Tablici 4**, određeni su mjerenjem viskoznosti pomoću Brabenderovog mikro visko-amilografa. Maksimalnu vrijednost viskoznosti paste nastale želatinizacijom škroba, odnosno viskoznost vrha, imala je sorta *Scala*, dok je najmanju vrijednost imala sorta *Stilieto*. Značajan utjecaj na svojstva škrobnih pasti ima udio amiloze, pri čemu škrob koji sadrži manji udio amiloze ima veću maksimalnu viskoznost (Yoo i Jane, 2002)

Na 92 °C viskoznost škrobne paste sorte *SL 13-25* pokazuje najnižu vrijednost, dok sorta *Saprodi* ima najvišu vrijednost. Uslijed miješanja na 92 °C došlo je do smanjenja viskoznosti svih pasti, međutim najznačajnije smanjenje bilo je kod sorte *Saprodi*. Viskoznost se najmanje smanjila kod sorte *SL 13-25*.

Hlađenje na 50 °C rezultiralo je porastom viskoznosti pasti. Najveći porast dogodio se kod sorte *Saprodi*, dok je najmanji porast bio kod sorte *Senata*. Do porasta viskoznosti tijekom hlađenja dolazi zbog retrogradacije, odnosno povezivanja otopljenih molekula škroba (Chung i sur., 2006). Nakon miješanja na 50 °C ponovno se smanjila viskoznost. Najveću razliku u vrijednostima pokazuje pasta sorte *Saprodi*, a najmanju razliku *SL 13-25*.

Kidanje označava stabilnost tijekom miješanja pri visokim temperaturama (92 °C) i izražava se u Brabenderovim jedinicama [BU]. Dobije se razlikom vrijednosti za viskoznost nakon 15 minuta miješanja pri 92 °C i vrijednosti maksimalne viskoznosti. Sorta *Scala* pokazuje najveću stabilnost tijekom miješanja pri visokim temperaturama, dok sorta *Stilieto* ima najmanju stabilnost.

Setback definira sklonost škrobne paste retrogradaciji. Vrijednost za *setback* izračuna se iz razlike viskoznosti pri 50 °C i 92 °C kroz pet minuta. Iz navedenih rezultata uočava se da je sorta *Saprodi* najpodložnija retrogradaciji, za razliku od sorte *Senata*.

Bistroća pasti izoliranih krumpirovih škrobova

Metodom po Kerr-u i Cleveland-u (1959) određena je bistroća pasti izoliranih krumpirovih škrobova. Škrob izoliran iz sorte *Dartiest* imao je najveću bistroću, za razliku od škroba iz sorte *Scala* koji je imao najmanju bistroću pasti. Na bistroću škrobne paste utječu udio amiloze, molekulska masa i struktura granule škroba koji izravno utječu na bubrenje škrobne granule (Bhandari i Singhal, 2002; Van Hung i Morita, 2005). Budući da najveći udio suhe tvari čini škrob i da se škrob sastoji od polimera amiloze i amilopektina, dobiveni rezultati za bistroću u skladu su s rezultatima prikazanim na **Slici 14 i Tablici 3.** Vrijednosti transmitancije u izoliranim krumpirovim škrobovima kreću se u rasponu od 20 % do 55 %, te su ove vrijednosti niske u usporedbi s vrijednostima transmitancije za škrobove koji su izolirani iz tri autohtona krumpira andske regije (Martínez i sur., 2019) i krumpirovom škrobu iz Venezuele (Lovera i sur., 2017).

Tekstura škrobnih gelova izoliranih krumpirovih škrobova

U **Tablici 5** prikazani su rezultati analize teksture škrobnih gelova dobivenih na uređaju Texture analyzer TA-XT Plus. Tako je gel sorte *Dartiest* imao je najveću čvrstoću, dok je najmanju čvrstoću imao gel sorte *Sereno* s 2,48 g. Veličina „mreža“ koje izgrađuju otopljene molekule amiloze i svojstva deformacije otopljenih granula škroba određuju čvrstoću škrobnog gela. Manja čvrstoća škrobnih gelova ukazuje na slabije povezivanje otopljenih molekula škroba što u konačnici rezultira smanjenom retrogradacijom.

Gel iz sorte *Sereno* imao je najveću vrijednost za silu pucanja, a gel iz sorte *Senata* najmanju vrijednost u odnosu na gelove iz drugih sorti. Gelovi s nižom vrijednosti imaju veću elastičnost i mekoću.

Adhezija je „površinsko“ svojstvo materijala te predstavlja rad potreban da se nadvladaju privlačne sile između gela i površine mjernog tijela, odnosno rad potreban da se gel odvoji od njegove površine (Huang i sur., 2007). Sukladno tome veće vrijednosti adhezije uzrokuju veće lijepljenje materijala za površinu. Iz rezultata prikazanih u **Tablici 5** vidljivo je da je sorta *Dartiest* imala najveću vrijednost adhezije, a sorta *Sereno* najmanju.

6. ZAKLJUČCI

Ovim diplomskim radom je provedeno eksperimentalno istraživanje usmjereno određivanju svojstava pasti i gelova krumpirovih škrobova izoliranih iz 8 različitih sorti krumpira uzgojenih na području Osječko-baranjske županije u 2021. godini.

Temeljem provedenog istraživanja, moguće je istaknuti sljedeće zaključke:

- analizirajući sadržaj suhe tvari, utvrđeno je kako najveći udio suhe tvari ima škrob izoliran iz krumpira sorte *Dartiest*, dok najmanji udio suhe tvari ima škrob izoliran iz krumpira sorte *SL 13-25*,
- viskoznost vrha (maksimalna vrijednosti viskoznosti paste) imala je sorta krumpira *Scala*, dok je najmanja bila kod krumpira sorte *Stilieto*,
- miješanje na visokoj temperaturi je rezultiralo smanjenjem viskoznosti svih sorti korištenih u istraživanju, pri čemu je najznačajnije smanjenje zabilježeno kod sorte *Saprodi*,
- hlađenje je rezultiralo povećanjem viskoznosti pasti, pri čemu je najveći porast bio kod sorte krumpira *Saprodi*, što je posljedica retrogradacije škroba,
- najveća bistroća pasti izoliranih iz škroba krumpira zabilježena je kod škroba izoliranog iz krumpira sorte *Dartiest*, dok je najmanja bistroća pasti zabilježena kod škroba izoliranog iz krumpira sorte *Scala*,
- najveću čvrstoću imao je gel krumpira sorte *Dartiest*, dok je najmanju čvrstoću imao gel krumpira sorte *Sereno*,
- najveću vrijednost za silu pucanja imao je gel iz sorte *Sereno*, a gel iz sorte *Senata* najmanju vrijednost u odnosu na gelove iz drugih sorti,
- najveću vrijednost adhezije imala je sorta *Dartiest*, a sorta *Sereno* najmanju.

7. LITERATURA

- Ačkar Đ: *Izoliranje, modificiranje i karakteriziranje škroba pšenice*. Prehrambeno tehnološki fakultet u Osijeku, Osijek, 2010.
- Babić J: Utjecaj acetiliranja i dodataka na reološka i termofizikalna svojstva škroba kukuruza i tapioke. *Doktorski rad*. Prehrambeno tehnološki fakultet, Osijek, 2007.
- Babić J, Šubarić, D, Ačkar, Đ, Jozinović, A, Miličević B, Pajin, B, Aličić, D: Primjena dodataka na bazi škroba u mesnoj industriji. *Meso*, Vol. XV, 3:209-213, 2013.
- BASF: Program zaštite krumpira, 2023. https://www.agro.basf.hr/Pictures/2023/Programi-zastite/BASF-Program-zastite-Krumpira-2023_1540x866.jpg?1668674731240 [15. ožujka 2023.]
- Bhandari PN, Singhal RS: Effect of succinylation on the corn and amaranth starch pastes - review. *Carbohydrate Polymers*, 48:233-240, 2002.
- Chaplin M: The memory of water; an overview. *Homeopathy* 96:143-150, 2007.
- Čošić Z, Repajić M, Pelajić Z, Pedisić S, Levaj B.: Nutritivna vrijednost krumpira i njegov utjecaj za ljudsko zdravlje. *Glasnik zaštite bilja*, 3:20 – 28, 2019.
- Eliasson AC: *Starch in Food*. Woodhead Publishing Ltd., Cambridge, Engleska, 2004
- Grommers HE, van der Krogt DA (2009) Potato Starch: Production, Modifications and Uses. In: *Starch: Chemistry and Technology* (BeMiller J, Whistler R, eds.). Elsevier Inc., Burlington, str. 511-539.
- Jašić M, Muhamedbegović B, Šubarić, D, Babić, J: *Upotreba škroba u tradicionalnim i suvremenim kulinarskim proizvodima*, 2015. https://www.researchgate.net/publication/280939023_Upotreba_skrоба_u_tradicionalnim_i_savremenim_kulinarskim_proizvodima/link/55cd0d4b08aebbb8f577d77/download [15. rujna 2022.]
- Huang M, Kennedy JF, Li B, Xu X, Xie BJ: Characters of rice starch gel modified by gellan, carrageenan and glucomannan: a texture profile analysis study. *Carbohydrate Polymers* 69:411-418, 2007
- Lovera M, Pérez E, Laurentin A: Digestibility of starches isolated from stem and root tubers of arracacha, cassava, cush–cush yam, potato and taro. *Carbohydrate Polymers* 176:50– 55, 2017.
- Kovač M, Šubarić D, Babić J, Ačkar Đ, Amidžić Klarić D, Klarić I, Jozinović A: Neke mogućnosti iskorištenja nusproizvoda iz proizvodnje krumpirovog škroba. *U: Neke mogućnosti iskorištenja nusproizvoda prehrambene industrije*, str. 159-181, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek, 2022.

- Martínez P, Peña F, Bello-Pérez LA, Núñez-Santiago C, Yee-Madeira H, Velezmore C: Physicochemical, functional and morphological characterization of starches isolated from three native potatoes of the Andean region. *Food Chemistry: X*, 100030, 2019.
- Miles JM, Morris JV, Oxford DP, Ring GS: The roles of amylose and amylopectin in the gelation and retrogradation of starch. *Carbohydrate Research*, Vol 135, No. 2, str. 271 – 281, 1985.
- Nawaz H, Waheed R, Nawaz M, Shahwar D: *Physical and Chemical Modifications in Starch Structure and Reactivity*, 2020. <https://www.intechopen.com/chapters/68720>, [28. veljače 2023.]
- Obradović V: Utjecaj temperature i dodataka na fizikalna, kemijska i senzorska svojstva kukuruznih ekstrudata. *Doktorski rad*. Prehrambeno-tehnološki fakultet u Osijeku, Osijek, 2014.
- Pichler A: Utjecaj dodataka i skladištenja na kvalitetu, reološka i termofizikalna svojstva paste od maline. *Doktorski rad*. Prehrambeno-tehnološki fakultet, Osijek, 2011.
- Sito S, Šket B, Koren M, Džaja V, Grubor M, Maletić I: Uzgoj i potrošnja krumpira u Hrvatskoj i Sloveniji. *Glasnik zaštite bilja*, br. 5:28 – 35, 2014.
- Šubarić D, Babić J, Ačkar Đ: Modificiranje škroba radi proširenja primjene. *Radovi Zavoda za znanstveni i umjetnički rad u Požegi*, 1:247-258, 2012.
- Šarkanj B, Kipčić D, Vasić – Rački Đ, Delaš F, Galić K, Katalenić M, Dimitrov N, Klapac T: *Kemijske i fizikalne opasnosti u hrani*. Osijek: Hrvatska agencija za hranu, 2010.
- Terwer Ubva S, Asemave K, Shambe T, Abah J: Studies on the gelatinization temperature of some cereal starches. *International journal of chemistry*, No. 4-6:22 – 28, 2012.
- Van Es A, Hartmans KJ: *Structure and Chemical Composition of the Potato*. The Netherlands: Pudoc, Wageningen, 1981.
- Van Hung P, Morita N: Physicochemical properties of hydroxypropylated and cross-linked starches from A-type and B-type wheat starch granules. *Carbohydrate Polymers* 59:239-246, 2005.
- Walter H, R: *Polysaccharide Association Structures in Food*. Marcel Dekker, New York, 1998.
- Yoo SH, Jane JL: Structural and physical characteristics of waxy and other wheat starches. *Carbohydrate Polymers* 49:297-305, 2002.