

Primjena kemometrijskih metoda za razvrstavanje namjenskog brašna prema zahtjevima prerađivača

Stojanović, Filip

Master's thesis / Diplomski rad

2019

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:109:277668>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-31**

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

Filip Stojanović

**PRIMJENA KEMOMETRIJSKIH METODA ZA
RAZVRSTAVANJE NAMJENSKOG BRAŠNA PREMA
ZAHTJEVIMA PRERAĐIVAČA**

DIPLOMSKI RAD

Osijek, siječanj, 2019.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

DIPLOMSKI RAD

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek
Zavod za procesno inženjerstvo
Katedra za modeliranje, optimiranje i automatizaciju
Franje Kuhača 20, 31000 Osijek, Hrvatska

Diplomski sveučilišni studij Prehrambeno inženjerstvo

Znanstveno područje: Biotehničke znanosti
Znanstveno polje: Prehrambena tehnologija
Nastavni predmet: Modeliranje i upravljanje u prehrambeno-tehnološkim procesima
Tema rada je prihvaćena na X. redovitoj sjednici Fakultetskog vijeća Prehrambeno-tehnološkog fakulteta Osijek u akademskoj godini 2017./2018. održanoj 12. srpnja 2018.
Mentor: prof. dr. sc. *Damir Magdić*
Komentor: dr. sc. *Daniela Horvat*, znan. savj.- trajno zvanje

Primjena kemometrijskih metoda za razvrstavanje namjenskog brašna prema zahtjevima prerađivača

Filip Stojanović, 434-DI

Sažetak: U radu su primijenjene deskriptivne statističke i kemometrijske metode analize podataka. Analizirane su prosječne vrijednosti svojstava brašna izmjerene tijekom 12 godina. Iz 24 kultivara pšenice proizvedena su u laboratoriju pojedinačna brašna i na njima je određeno 19 kemijskih i reoloških svojstava kvalitete. Rezultati su obrađeni programskim paketom „Statistica“. Deskriptivnom statističkom analizom određene su srednja vrijednost, standardna devijacija, koeficijent varijabilnosti te minimalna i maksimalna vrijednost svakog svojstva. Primjenom kemometrijskih metoda (analiza glavnih komponenti i klaster analiza) smanjen je broj varijabli potrebnih za objašnjavanje varijabilnosti seta podataka, a varijable su grupirane u klustere. Analizom glavnih komponenti utvrđeno je da je samo šest svojstvenih vrijednosti potrebno za opisati varijabilnost cijelog skupa podataka s više od 95% točnosti. Klaster analizom provedeno je grupiranje svojstava brašna prema jakosti utjecaja na varijabilnost. Izvedeni su zaključci o prikladnosti pojedinog kultivara za proizvodnju namjenskog brašna prema zahtjevima proizvođača za odabrane prehrambene proizvode.

Ključne riječi: brašno, kultivari, kemometrija, zahtjevi prerađivača

Rad sadrži: 49 stranica
9 slika
8 tablica
25 literaturnih referenci

Jezik izvornika: Hrvatski

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

- | | |
|----------------------------------------------------------------|---------------|
| 1. izv. prof. dr. sc. <i>Đurđica Ačkar</i> | predsjednik |
| 2. prof. dr. sc. <i>Damir Magdić</i> | član-mentor |
| 3. dr. sc. <i>Daniela Horvat</i> , znan. savj. – trajno zvanje | član-komentor |
| 4. doc. dr. sc. <i>Antun Jozinović</i> | zamjena člana |

Datum obrane: 31. siječanj 2019.

Rad je u tiskanom i elektroničkom (pdf format) obliku pohranjen u Knjižnici Prehrambeno-tehnološkog fakulteta Osijek, Franje Kuhača 20, Osijek.

BASIC DOCUMENTATION CARD

GRADUATE THESIS

University Josip Juraj Strossmayer in Osijek
Faculty of Food Technology Osijek
Department of Process Engineering
Sub department of Modelling, Optimization and Automation
Franje Kuhača 20, HR-31000 Osijek, Croatia

Graduate program Food Engineering

Scientific area: Biotechnical sciences
Scientific field: Food technology
Course title: Modelling and management in food technology processes
Thesis subject was approved by the Faculty of Food Technology Osijek Council at its session no. X. held on July 12, 2018
Mentor: *Damir Magdić*, PhD, prof.
Co-mentor: *Daniela Horvat*, PhD, sci. adv.

The Application of the Chemometric Methods for Classification of Special Purpose Flour According to the Requirements of the Processors

Filip Stojanović, 434-DI

Summary: Descriptive statistical and chemometric data analysis were used in this thesis. The average values of flour properties measured over 12 years were analyzed. Of the 24 wheat cultivars, individual flours were produced and 19 chemical and rheological properties were determined. The results were processed by the "Statistica" program package. Using descriptive statistical analyzes the mean values, standard deviations, variability coefficients and minimum and maximum values of each property were determined. Using the chemometric methods (principal component analysis and cluster analysis), the number of variables needed to explain the variability of the data set was reduced and the variables were grouped into clusters. By analyzing the principal components, only six eigenvalues were determined for describing the variability of the entire set of data with more than 95% accuracy. Cluster analysis was carried out for grouping of flour properties according to the influence on variability. Conclusions were made on the suitability of a particular cultivar for the production of flour based on the manufacturers' requirements for the selected food products.

Key words: Flour, cultivars, chemometrics, manufacturer's requirements

Thesis contains: 49 pages
9 figures
8 tables
25 references

Original in: Croatian

Defense committee:

- | | |
|--------------------------------------------------|---------------------|
| 1. <i>Đurđica Ačkar</i> , PhD, associate prof. | chair person |
| 2. <i>Damir Magdić</i> , PhD, prof. | supervisor |
| 3. <i>Daniela Horvat</i> , PhD, sci. adv. | member-cosupervisor |
| 4. <i>Antun Jozinović</i> , PhD, assistant prof. | stand-in |

Defense date: January 31, 2019

Printed and electronic (pdf format) version of thesis is deposited in Library of the Faculty of Food Technology Osijek, Franje Kuhača 20, Osijek.

Zahvaljujem se svome mentoru prof. dr. sc Damiru Magdiću na strpljivosti, profesionalnosti, ljubaznosti i velikoj pomoći prilikom izrade diplomskog rada, brojnim savjetima i razumijevanju.

Zahvaljujem se dr. sc. Danieli Horvat na pomoći i stručnim komentarima te Poljoprivrednom institutu u Osijeku što mi je omogućio izradu ovog diplomskog rada.

Posebno se zahvaljujem obitelji i Josipi za svu podršku i ljubav koju su mi pružali tijekom studiranja jer su oni zaslužni za sve što danas jesam. Također bih se zahvalio i svim prijateljima koji su bili uz mene sve ove godine i vjerovali u moj uspjeh.

Sadržaj

1. UVOD	1
2. TEORIJSKI DIO	3
2.1. Brašno	4
2.2. Svojstva brašna	5
2.2.1. Farinografska svojstva brašna i farinograf	5
Farinograf	6
2.2.2. Ekstenzografska svojstva brašna i ekstenzograf	6
Ekstenzograf	7
2.3. Kemijske analize	7
2.4. Uređaji za analizu brašna	9
2.4.1. Amilograf	9
2.4.2. Uređaj za broj padanja	9
2.5. Važnost opisanih svojstava brašna za pojedini tip proizvoda te zahtijevana industrijska svojstva brašna .	9
2.6. Proizvodi od brašna	10
2.7. Statističke metode	13
2.7.1. Opisna statistika	13
2.7.2. Inferencijalna (viša) statistika	15
2.8. Kemometrijske analize	15
2.8.1. Analiza glavnih komponenti (PCA)	15
2.8.2. Klaster analiza (CA)	16
2.8.3. Dendogram	16
3. EKSPERIMENTALNI DIO	17
3.1. Zadatak	18
3.2. Materijali i metode	18
3.2.1. Materijali	18
3.2.2. Metode	21
4. REZULTATI	24
4.1. Statistička obrada podataka	25
5. RASPRAVA	41
6. ZAKLJUČCI	45
7. LITERATURA	47

Popis oznaka, kratica i simbola

P	eng. <i>Protein</i> , udio proteina
SED	eng. <i>Sedimentation</i> , vrijednost sedimentacije
WG	eng. <i>Wet gluten</i> , vlažni gluten
GI	eng. <i>Gluten index</i> , gluten indeks
FN	eng. <i>Falling number</i> , broj padanja
FY	eng. <i>Flour yield</i> , izbrašnjavanje
WG/P	eng. <i>Wet gluten/Protein</i> , omjer vlažnog glutena i udjela proteina
WA	eng. <i>Water absorption</i> , sposobnost upijanja vode
DDT	eng. <i>Dough development time</i> , vrijeme razvoja tijesta
STAB	eng. <i>Stability</i> , stabilnost tijesta
R	eng. <i>Resistance</i> , otpor
DS	eng. <i>Degree of softening</i> , stupanj omekšanja
FQN	eng. <i>Farinograph quality number</i> , Farinografski broj kakvoće
E	eng. <i>Energy</i> , Energija tijesta
R5MIN	eng. <i>Resistance after 5 minute</i> , Otpor kroz pet minuta
RMAX	eng. <i>Maximum Resistance</i> , maksimalni otpor
EXT	eng. <i>Extensibility</i> , rastezljivost tijesta
R/EXT	eng. <i>Resistance/Extensibility</i> , Omjer otpora i rastezljivosti tijesta
RMAX/EXT	eng. <i>Maximum Resistance/Extensibility</i> , Omjer maksimalnog otpora i rastezljivosti tijesta
FJ	Farinografska jedinica
EJ	Ekstenzografska jedinica
QG	eng. <i>Quality group</i> , kvalitetna grupa
PCA	eng. <i>Principal components analysis</i> , analiza glavnih komponenti
CA	eng. <i>Cluster analysis</i> , klaster analiza

1. UVOD

Pšenično brašno jedan je od temelja naše prehrane, također i glavni sastojak svake pekarske industrije. Glavni i najpoznatiji proizvod od pšeničnog brašna je kruh, ali tu su i lisnata tijesta, vafli, keksi, čajna peciva, slani štapići. Postoji više tipova brašna, a svaki tip se razlikuje po svojstvima i prema tome se koristi za proizvodnju odgovarajućih proizvoda. Najčešće upotrebljavano brašno u domaćinstvu je pšenično brašno.

Namjenska kvaliteta brašna najčešće se karakterizira udjelom vode, proteina i vlažnog glutena te reološkim (konzistencija, sposobnost upijanja vode, vrijeme razvoja tijesta, stabilnost, elastičnost, stupanj omekšanja, rezistencija, otpor rastezanju, maksimalni otpor, energija, rastezljivost) i **enzimatskim pokazateljima kvalitete** (padajući broj, maksimalni viskozitet).

Različiti kultivari pšenice međusobno se razlikuju po svojstvima dobivenog brašna. U ovom diplomskom radu rađena je analiza na 24 kultivara s Poljoprivrednog instituta Osijek u razdoblju 2004. – 2015. godine. Cilj ovog diplomskog rada je primjena statističkih metoda za analizu velikih skupova podataka o sirovinama u prehrambenoj industriji. Pomoću statističkih metoda prikazane su promjene svojstava tijekom godina. Kemometrijskim metodama, poput analize glavnih komponenti, klusterske analize i dijagram analize prikazani su načini razvrstavanja namjenskog brašna prema zahtjevima prerađivača.

2. TEORIJSKI DIO

2.1. Brašno

Brašno je proizvod uzastopnoga mehaničkog usitnjavanja i prosijavanja zrna žitarica, leguminoza, gomolja, sjemena uljarica, ostalih prehrambenih sirovina i začina te drugih tvari. S prehrambenog stajališta brašno je poluproizvod koji služi kao osnova sirovina za proizvodnju kruha, peciva, keksa, tjestenina i slastica ili kao dodatak u pripremi jela. Za različite proizvode u pekarskoj industriji upotrebljavaju se različita brašna te brašno koje je idealno za uporabu u proizvodnji pekarskih proizvoda vrlo vjerojatno ne odgovara za proizvodnju konditorskih proizvoda. Najčešće brašno koje se upotrebljava u domaćinstvu je pšenično brašno koje je dobiveno mljevenjem prethodno očišćene i pripremljene pšenice *Triticum aestivum* (Đaković, 1980; Kljusurić, 2000).

Budući da je sadržaj pepela u brašnu i drugim mlinskim proizvodima proporcionalan količini samljevenih tamnijih dijelova ljuske, osnovni tipovi brašna razlikuju se po boji (Belak i sur., 2005):

- bijelo brašno i krupica su tipa "400" i "550",
- polubijelo brašno tipa "700" i "850"
- crno brašno tipa "1100" i "1600" .
- brašno cijelog zrna pšenice "graham brašno ili integralno pšenično brašno".

Tip 400 potječe iz glavnih dijelova endosperma pšenice i može biti različite granulacije. Uglavnom se proizvodi u obliku krupice za proizvodnju tjestenina, ali se može proizvoditi i kao meko brašno s oznakom O (slovo „O“) i koristiti za proizvodnju pekarskih proizvoda. Osnovne karakteristike ovog tipa su nizak sadržaj mineralnih tvari, masti, proteina i vitamina te visok sadržaj škroba, što ovo brašno sa nutritivnog gledišta čini manje vrijednim. Međutim, gluten, a samim time i pecivost ovog brašna su znatno bolji nego kod tamnijih brašna iste pšenice. Ovaj tip brašna se koristi za izradu mliječnih peciva i drugih pekarskih proizvoda od kojih se zahtjeva izuzetno bijela boja (Žeželj, 2005).

Tip 550 - Udio pepela u pšeničnom brašnu ovog tipa iznosi od 0,49 do 0,58%. Iz središnjih dijelova endosperma mljevenjem pšenice dobiva se bijelo brašno T-550 koje u odnosu na brašno T-850 sadrži manji udio mineralnih tvari i nižeg je postotka izmeljavanja, sadrži veći udio škroba, manji udio nutritivno vrijednih proteina, formira gluten boljih svojstava i ima manji udio celuloze i masti. Zbog dobrih svojstava glutena i slabe enzimske aktivnosti, tijesto

dobiveno od brašna T-550 je rastezljivo, elastično i stabilno (Đaković, 1997; Ugarčić - Hardi, 1999a).

Tipovi 700 i 850 također potječu iz glavnih dijelova endosperma, ali sadrže znatno više usitnjenih čestica aleuronskog sloja i omotača zrna sa čime mu se povećava sadržaj mineralnih tvari, masti, proteina i vitamina. Kod ovog tipa brašna gluten je slabiji, boja tamnija te se počinje osjećati prisutnost enzima. Iako ima povećanu nutritivnu vrijednost, brašno tipa 850 se uglavnom koristi za proizvodnju polubijelog kruha i peciva te vrlo rijetko za druge pekarske proizvode (Ugarčić – Hardi, 1999a).

Crno pšenično brašno (tip 1100 i tip 1600) po svojim je nutritivnim karakteristikama visokokvalitetno brašno zbog visokog sadržaja vitamina, minerala, a osobito dijetalnih vlakana. Upotrebljava se u domaćinstvu prvenstveno za pripremu proizvoda od dizanog tijesta (kruh, peciva).

Brašno cijelog zrna pšenice sadrži sve dijelove očišćenog i samljevenog zrna pšenice uključujući ovojnicu i klicu te je bogato dijetalnim vlaknima, vitaminima B grupe, E vitaminom, mineralima Na, K, Ca, Fe i ima povećan sadržaj proteina u odnosu na bijelo brašno. Na tržištu se nalazi i pod nazivom graham brašno ili integralno pšenično brašno.

2.2. Svojstva brašna

2.2.1. Farinografska svojstva brašna i farinograf

1. Konzistencija (tvrdoća) tijesta u farinografskim jedinicama,
2. Sposobnost upijanja vode (WA) - Voda potrebna za zamjes tijesta normalne konzistencije ovisi o pšenici od koje je brašno dobiveno, te o udjelu bjelančevina odnosno glutena. Udio vode potrebne za zamjes normalne konzistencije varira 50-70%, a taj udio je veći što je kakvoća glutena s tehnološkog aspekta bolja. Sposobnost upijanja vode može se odrediti farinografom po Brabender-u gdje se brašnu dodaje voda uvijek do određene (500 FJ) konzistencije tijesta. Približno isto se može učiniti i ručnim miješanjem. Moć upijanja vode se smanjuje dodatkom masnoća i šećera koji povećavaju elastična svojstva tijesta (ne plastična), što otežava postizanje željene konzistencije tijesta za keks i otežava njegovu daljnju obradu. Dodavanjem vode je moguće smanjiti elastična svojstva tijesta škroba.
3. Vrijeme razvoja tijesta (min) tj. vrijeme u tijeku kojeg konzistencija ispitivanog tijesta postiže maksimum,

4. Stabilnost ili postojanost tijesta (min)– vrijeme neizmijenjene maksimalne konzistencije tijesta izraženo u minutama.
5. Elastičnost i rastezljivost tijesta koje karakterizira širina krivulje (amplituda kolebanja pisača),
6. Stupanj omekšanja (FJ) – predstavlja razliku između maksimalno postignute konzistencije pri miješanju i maksimalne konzistencije u trenutku završetka miješanja.
7. Rezistencija (min)- je zbroj razvoja i stabilnosti tijesta. Izražava se u minutama (Filipović, 2016; Ugarčić – Hardi, 1999b).

Farinograf

Rad farinografa, uređaja za ocjenjivanje reoloških svojstava tijesta zasniva se na mjerenju otpora koje pruža tijesto pri miješanju u vremenu od početka kada se prvi put formira prvo tijesto preko maksimalnog razvoja i daljnjeg miješanja sve do kraja miješanja i zaustavljanja miješalice.

Farinogram je vrsta dijagrama gdje su na ordinati vrijednosti otpora u farinografskim jedinicama (FJ), a na apscisi je navedeno vrijeme u minutama. Dogovoreno je da maksimalna konzistencija tijesta na farinogramu bude točno 500 farinografskih jedinica (FJ). Stoga, na početku mjerenja treba izračunati količinu vode s kojom će se dobiti odgovarajuća konzistencija tijesta, a to svojstvo se zove sposobnost upijanja vode prema farinografu (WA) (Ugarčić – Hardi, 1999b).

2.2.2. Ekstenzografska svojstva brašna i ekstenzograf

Ekstenzogram je dijagram koji nam pokazuje sljedeće osobine tijesta:

1. Otpor rastezanju (R, EJ) – Visina srednje vrijednosti dvaju krivulja registriranih 135 minuta nakon zamjesa tijesta, na 5 cm od početka krivulje, predstavlja otpornost tijesta prema rastezanju pri konstantnoj brzini rastezanja.
2. Maksimalan otpor (R_{max}, EJ) – srednja vrijednost maksimalne visine krivulja opisanih 135 minuta nakon zamjesa.
3. Energija (E, cm²) – predstavlja površinu koju ograničavaju ekstenzografska krivulja i apscisa. Što je veća površina koju ograničava krivulja, veća je količina utrošene energije za rastezanje tijesta. Brašna se nazivaju „jaka“, ako je energija velika i obratno, mala površina ekstenzografa znači da je brašno „slabo“.

4. Rastezljivost (Ext, mm)– predstavlja dužinu osnovice ekstenzograma u mm. Ukoliko je osnovica ekstenzografa duža, tijesto je rastezljivije. Rastezljivost tijesta mjeri se upotrebom ekstenzografa ili Chopinovog alveografa. Ovi instrumenti mjere rastezljivost do koje normalno razvijeno tijesto može biti rastegnuto ili razvučeno u list i sposobnost glutena da zadržava plinove. Rastezljivost glutena je specifična osobina sorte pšenice pa ova osobina može biti forsirana željenom selekcijom. Poželjno je da brašno ima dobra svojstva rastezanja i da dobro zadržava plinove u fazi pečenja. Rastezljivost i otpor prema rastezanju tijesta mogu se modificirati tretiranjem sa sredstvima za zrenje tijesta.
5. Otpor/rastezljivost (R/Ext)–Odnos otpora i rastezljivosti
6. Maksimalan otpor / rastezljivost (R_{max} / Ext) – Odnos maksimalnog otpora i rastezljivosti (Filipović, 2016; Đaković, 1997).

Ekstenzograf

Ekstenzograf je uređaj na kojem se mjeri otpor tijesta na rastezanje, a na osnovu koga se ocjenjuje jačina odnosno kvaliteta brašna. Promjena otpora se očitava na ekstenzografskoj krivulji. Početak rastezanja na krivulji se označava sa O (slovo „O“). Rastezanjem, otpor se povećava i u točki O_m dostiže maksimalnu vrijednost koja se izražava u jedinicama uređaja. Daljnjim rastezanjem tijesto se stanjuje i otpor opada, a u točki O_k dolazi do kidanja kada otpor pada na nulu. Pošto se otpor rastezanja mijenja, za vrijednost se uzima otpor odnosno visina krivulje na 5 cm od početka rastezanja. Ova vrijednost se označava sa O (Žeželj, 2005).

2.3. Kemijske analize

Određivanje vlage i pepela

Određivanje vlage temelji se na sušenju brašna pri čemu dolazi do isparavanja vode. Sušenje brašna provodi se pri temperaturi od 130 °C u trajanju od 1h i 30min. Određivanje udjela pepela u brašnu zasniva se na spaljivanju ili žarenju uzorka pri temperaturi od 900 °C i vaganju dobivenog ostatka. Dobiveni ostatak nakon žarenja ili spaljivanja, pomnožen s 1000 određuje tip brašna. Udio pepela (mineralnih tvari) služi kao mjerilo udjela čestica omotača u brašnu, te pokazuje stupanj iskoristivosti pšenice pri mljevenju.

Određivanje udjela proteina

Proteini su velika skupina strukturno vrlo složenih spojeva. Njihov udjel u namirnicama se najčešće određuje indirektno iz udjela dušika i to pomoću Dumasovog postupka, Will-Varrentroppovog, Meulen-Heslingovog ili Kjeldahlovog postupka. Za određivanje udjela proteina u brašnu najčešće se koristi Kjeldahlov postupak kojim se određuje ukupni dušik koji je prisutan u brašnu. Udjel proteina se dobije tako da se udjel dušika pomnoži s odgovarajućim faktorom pretvorbe F (Vahčić i sur., 2008).

Određivanje udjela ugljikohidrata

Ugljikohidrati su važan izvor energije, a u brašnu ih ima oko 75 g u 100 g brašna, ovisno o vrsti brašna. Jedno od karakterističnih svojstava ugljikohidrata je sposobnost redukcije metala iz alkalnih otopina njihovih soli, a to svojstvo je vezano uz prisustvo slobodne aldehidne ili ketonske skupine kod pojedinih ugljikohidrata. Kao tipičan reagens za određivanje ugljikohidrata na osnovu njihove redukcijske sposobnosti služi nam alkalna otopina bakrova (II) sulfata pentahidrata i kalijeva natrijeva tartarata poznata pod imenom Fehlingova otopina (Vahčić i sur., 2008).

Određivanje udjela masti

Masti su esteri glicerola i viših masnih kiselina. Postoji više načina za određivanje udjela masti, a jedan od načina određivanja masti je metoda po Soxhletu kod koje se provodi ekstrakcija pomoću otapala čiji se volumen ne mjeri točno, a nakon završene ekstrakcije i otparavanja otapala cjelokupni ekstrakt se suši i važe. Kod metode po Grossfeldu ekstrakcija se provodi s točno mjerenom količinom otapala te se nakon završene ekstrakcije uzima alikvotni dio smjese otapala i ekstrakta, otapalo se otpari, ekstrakt suši i važe, te se izračuna udjel masti u uzorku. Metoda po Weibull-Stoldu i metoda po Rose-Gottliebu se koriste kod uzoraka koji su bogati proteinima, a specifične su po tome što se prije ekstrakcije provodi hidroliza uzoraka (najčešće s jakim kiselinom), pri čemu se razore stanične stijenke (Vahčić i sur., 2008).

2.4. Uređaji za analizu brašna

2.4.1. Amilograf

Amilograf je uređaj s kojim se mjeri viskozitet suspenzije brašna i na osnovu promjene viskoziteta ocjenjuje se amilolitička aktivnost brašna.

Amilogram je vrsta dijagrama, gdje je na apscisi nanescena podjela centimetara gdje svaki centimetar odgovara vremenu od 1 minute i temperaturi od 1,5 °C. Na ordinatu su nanescene amilografske jedinice do 1000, a svaki dio označava 50 AJ (amilografskih jedinica).

2.4.2. Uređaj za broj padanja

Padajući broj (s) je međunarodna standardna metoda za određivanje aktivnosti alfa amilaze u žitaricama i brašnu te sličnim proizvodima koji sadrže škrob, npr. pšenici i raži. Metoda se temelji na brzom želatinizaciji suspenzije brašna ili krupice u vrućoj vodenoj kupelji te mjerenju topljivosti škroba pomoću alfa amilaze. Vrijednost broja padanja obrnuto je proporcionalna udjelu alfa amilaze u uzorku. Broj padanja izražava se u sekundama (Ugarčić – Hardi, 1999b).

2.5. Važnost opisanih svojstava brašna za pojedini tip proizvoda te zahtijevana industrijska svojstva brašna

Zahtjevi u pogledu kvalitete brašna su različiti. Neki proizvodi, kao što su kruh, peciva i lisnata tijesta zahtijevaju brašno sa što većom količinom glutena sa određenim mehaničkim karakteristikama, dok proizvodi kao što su keks, čajna peciva i slični proizvodi, zahtijevaju brašno sa slabijim glutenom i povećanim sadržajem škroba. Brašno koje se koristi za proizvodnju vafel listova ili vafel proizvoda je kvalitetne grupe B - 2 i C - 1. Brašno ima moć upijanja vode 55 – 58% te je siromašno glutenom (slabo brašno), male enzimске aktivnosti i vrlo fine granulacije (puder brašno). Udio vlažnog glutena iznosi do 26%, a udio proteina 9-10%. Gluten treba biti kratak te treba imati srednji otpor na rastezanje (280 - 300 EJ) i rastezljivost 150 - 160 mm. U proizvodnji keksa koristi se brašno kvalitete B – 2 ili C – 2. Tijesto za proizvodnju keksa je najtvrdje tijesto u keksarstvu. Valjanjem tijesta dolazi do rastezanja pri čemu se razvijaju plastična svojstva tijesta te keks poprima ujednačenu poroznu strukturu. Udio vlage u tijestu za proizvodnju štapića iznosi 25 – 35% te je potrebno tijesto mekše konzistencije. Čajna peciva se proizvode od oštrog brašna, tijesto je meke konzistencije i lako se kida. Udio vlage u tijestu iznosi 18 – 26%.

Industrija zahtijeva određena svojstva brašna za proizvodnju proizvoda s ciljem smanjenja manipulacije brašnom i smanjenjem troškova proizvodnje. Za čajna peciva, slane štapiće, vafel list, tvrdi keks i biskvit, zahtjevi industrije za svojstvima brašna su vrlo slični. Pepero (%) mora biti između 0,35 i 0,65, vlažni gluten (%) u rasponu 23 – 26, moć upijanja vode na 500 FJ (%) na 14% vlage brašna mora iznositi 50 – 55 (osim za vafel list), maksimalni otpor (EJ) 220 – 350, rastezljivost (mm) 150 – 200 te granulacija iznad 145 µm mora biti između 0 i 10 (osim za vafel list). Za drugu skupinu proizvoda (trajni slatki kolač, kreker, medenjak) drugačija su zahtijevana svojstva: pepero (%) mora biti između 0,46 i 1,15, vlažni gluten (%) u rasponu 26 – 30, moć upijanja vode na 500 FJ (%) na 14% vlage brašna mora iznositi 55 – 60, maksimalni otpor (EJ) 300 – 450, rastezljivost (mm) 160 – 180 te granulacija iznad 145 µm mora biti između 3 i 10 (Gavrilović, 2011).

2.6. Proizvodi od brašna

Kolači

Kolači su proizvodi izrađeni od mlinskih proizvoda i/ili škroba, invertnog sirupa i/ili meda, šećera, začina i drugih dozvoljenih dodataka, a moraju sadržavati najmanje 50 kg šećera na 100 kg mlinskih proizvoda i/ili škroba (Ugarčić – Hardi, 1999c).

Vafli

Vafli su proizvodi dobiveni pečenjem rijetkog tijesta - mase između zagrijanih metalnih površina, a kao sirovine za proizvodnju koriste se brašno T-500, masnoće, voda i drugi dozvoljeni dodatci.

U promet se stavljaju kao nepunjeni (vafel listovi) i punjeni (vafel proizvodi), a po obliku mogu biti ravni, reljefni, u obliku cjevčica, preliveni, djelomično preliveni, dekorirani ili nepravilni.

Vafel listovi moraju imati najmanje 4% masnoće računato na gotov proizvod s 4% vode, a dozvoljena je i upotreba brašna T-800 do 50% od ukupno upotrijebljene količine brašna.

Vafel proizvodi se sastoje od dva ili više vafel listova, u jednom od navedenih oblika, koji se drže zajedno pomoću nadjeva. Ovi proizvodi moraju imati najmanje 70% mase za punjenje (i najviše 30% vafel listova) u odnosu na gotov proizvod. Masa za punjenje ovih proizvoda izrađuje se od čvrstih biljnih masti, šećera u prahu i drugih dodataka po izboru: kakao prah, prženi lješnjak, prženi badem, čokolada i drugih dodataka kojima se postiže određeni miris, okus, boja svojstveni ovim proizvodima (Ugarčić – Hardi, 1999c).

Keksi

Keksi su proizvodi dobiveni od tvrdog tijesta, a moraju sadržavati najmanje 6% masnoće računato na gotov proizvod s 5% vode.

Slani keksi su proizvodi s najmanje 10% masnoće računato na gotov proizvod i s 5% vode i onom količinom soli koja proizvodu daje karakterističan okus.

Za proizvodnju keksa upotrebljava se pšenično brašno tipa T-500, biljna mast, šećer i drugi dozvoljeni dodatci.

Prema udjelu masti dijele se na kvalitetne grupe:

- keks ekstra kvalitete
- keks prve kvalitete
- keks druge kvalitete.

Keks ekstra kvalitete mora sadržavati najmanje 16% masnoće, od toga najmanje 13,5% mora biti mliječna mast. Keks prve kvalitete mora sadržavati najmanje 10% masnoće, a keks druge kvalitete mora sadržavati najmanje 6% masnoće računato na gotov proizvod s 5% vode (Ugarčić – Hardi, 1999c).

Lisnata tijesta

Lisnata tijesta spadaju u fine pekarske proizvode posebno lisnate strukture i sa vrlo visokim sadržajem masti, što je osnovna karakteristika ovih proizvoda. Pored brašna i masti, u sirovinski sastav ulaze još i sol, jaja, šećer, a kod kvasnih lisnatih tijesta i kvasac. Proizvodi od lisnatih tijesta razlikuju se po sirovinskom sastavu, obliku i po načinu proizvodnje. Osnovna podjela je po načinu proizvodnje, odnosno prema udjelu kvasca. U tom smislu proizvodi od lisnatog tijesta se uglavnom dijele na beskvasna i kvasna (Ugarčić – Hardi, 1999c).

Čajno pecivo

Kod obrade mase za čajna peciva nema procesa laminiranja, stanjivanja i odmaranja mase, već dobiveno meko tijesto poslije izrade direktno odlazi na stroj za oblikovanje. Prema načinu obrade, svojstvima sirovina te sastavu tijesta, čajna peciva dijelimo na: rezana, sječena, dresirana i formirana. Struktura čajnih peciva se razlikuje od strukture keksa, jer se upotrebljava oštro brašno, drukčiji odnos ostalih sirovina, način izrade mase i obrade na stroju. Čajna peciva imaju prhku, rahlu i ne slojevitu strukturu.

Rezana čajna peciva

Rezana čajna peciva se izrađuju od oštrog brašna granulacije 40-50% ostatka na situ i udjela vlažnog lijevka 22-24% uz dodatak drugih sirovina. Miješalice su manjeg kapaciteta kako bi se tijesto što prije oblikovalo, jer stajanjem žilavi, što otežava obradu. Izrađeno tijesto doprema se u dozirni koš stroja za oblikovanje odakle ga valjci s žlijebovima po dužini povlače i potiskuju kroz forme za oblikovanje. Forme daju željeni oblik proizvodu, a po izlasku iz formi uređaj sa zategnutom žicom odsijeca željenu debljinu proizvoda.

Sječena čajna peciva

Masa za sječena čajna peciva izrađuje se u istoj miješalici kao i masa za rezana čajna peciva i oblikuje se u istom stroju, samo izlazi u vidu trake određene debljine i širine. Tjestene trake transportiraju se platnenom transportnom trakom do noža koji odsijeca određenu dužinu proizvoda. Dužina i veličina ovih proizvoda se regulira brzinom okretaja valjka.

Dresirana čajna peciva

Za izradu dresiranih čajnih peciva upotrebljava se oštro brašno visoke granulacije (60-70%) i s 24-25% vlažnog glutena. Stroj za oblikovanje je kompliciran i osjetljiv, posebno na čvrstoću tijesta. Izrađuju se male količine mase kako tijesto ne bi dugo čekalo na obradu, a kod miješanja se koristi najveća brzina okretaja mješača kako bi se masa što bolje izmiješala jer masa ne smije biti tvrda (otežano oblikovanje) niti mekana (razlijevanje nakon oblikovanja).

Formirana čajna peciva

Formirana čajna peciva dobiju se od rastresitog tijesta izrađenog na sporohodnim miješalicama od oštrog brašna granulacije 45-50% i udjelom vlažnog glutena 22-25% uz dodatak drugih sirovina. Vrijeme izrade ovog tijesta je 20-30 minuta. Tijesto iz dozirnog koša dolazi do valjaka. Tijesto upada u udubljenu formu i potisnuto glatkim valjkom dobro je napuni, a višak uklanja nož postavljen koso na valjak. Oblikovani proizvod ispada na transportnu platnenu traku i prenosi se do žičane trake kojom se odvodi na pečenje (Ugarčić – Hardi, 1999b).

Za proizvodnju čajnog peciva najčešće se koristi pšenično brašno T-400 i T-550. Granulacija brašna je vrlo važna i izbor brašna po granulometrijskom sastavu ovisi o sirovinskom sastavu tijesta i načinu mehaničke obrade. Brašna za proizvodnju čajnog peciva imaju nizak udio proteina i brašnastu strukturu i veću granulaciju od brašna za proizvodnju keksa, a razlog tomu je što se upotrebom čestica veće veličine i brašna s niskim udjelom proteina smanjuje moć upijanja (Gavrilović, 2011).

Slani štapići

Slani štapići ubrajaju se u trajna peciva. Zajednička karakteristika trajnih peciva je niski sadržaj vlage najviše do 10% i trajnost između tri i dvanaest mjeseci. Tijesto za slane štapiće zamijesi se na uobičajeni način: miješanjem tekuće faze koja sadrži vodu, biljnu mast, šećer, dio kuhinjske soli i sladni ekstrakt, doda se brašno i izdrobljeni kvasac. Tijesto se miješa u brzohodnoj ili sporohodnoj miješalici ili u mikseru. Vrijeme miješanja tijesta kreće se od svega nekoliko minuta do pola sata. Zamiješano tijesto pokriveno u kolicima ostavi se u proizvodnoj prostoriji 1 do 2 sata kako bi fermentiralo. Tijesto za štapiće oblikuje se potiskivanjem tijesta između dva para rebrastih valjaka. Oblikovano tijesto prolazi kroz vodenu kupelj koja je ispunjena natrijevim hidroksidom. Vrijeme prolaska kroz vodenu kupelj iznosi oko 10 sekundi. Tokom prolaska kroz vodenu kupelj škrobna zrnca djelomično bubre, gube površinsku strukturu i gluten djelomično mijenja strukturu. Sadržaj vlage tijesta se povećava. Nakon napuštanja vodene kupelji, tijesto se posipa sa soli i nožem odsijeca na predviđenu dužinu te odlazi na pečenje. Tokom pečenja u tunelskoj peći, povećana vlaga u tijestu dovodi do bubrenja, a vodena para i dio plinova isparavaju. Temperatura na ulazu peći iznosi oko 260°C, a vrijeme pečenja iznosi oko desetak minuta. Nakon pečenja štapići odlaze na hlađenje i zatim pakiranje (Gavrilović, 2011).

2.7. Statističke metode

2.7.1. Opisna statistika

„Opisna (deskriptivna) statistika u cijelosti obuhvaća skup svih promatranih objekata, a ima za zadaću "opisati" dobivene rezultate, tj. srediti ih i sažeti tako da budu što pregledniji, razumljiviji i pogodniji za interpretaciju, daljnju analizu i primjenu“ (web 1).

Deskriptivna statistika se većinom koristi:

- za pregled prosjeka, poput sredine ili medijana,
- za dobivanje informacije, poput sredine za grupe od interesa, koje treba interpretirati s drugim statističkim testovima,
- za dobivanje grafičke reprezentacije podataka, poput histograma i grafikona kvadrata (web 1).

Neke od bitnijih mjera centralne tendencije i raspršenosti podataka, te metode opisivanja numeričkih podataka su:

1. Aritmetička sredina (eng. *arithmetic mean*) niza podataka x_1, x_2, \dots, x_n iz varijable X definirana je izrazom (1):

$$\bar{x}_n = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i. \quad (1)$$

Aritmetička sredina je numerička karakteristika koja spada u mjere centralne tendencije, tj. ona mjeri "srednju vrijednost" podataka.

2. Varijanca

Varijanca je mjera rasipanja podataka oko aritmetičke sredine. Varijanca niza izmjerenih vrijednosti x_1, x_2, \dots, x_n varijable X definirana je izrazom (2) (web2):

$$s_n^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \quad (2)$$

3. Standardna devijacija

Standardna devijacija jedna je od mjera raspršenosti podataka. Takve mjere karakteriziraju raspršenost podataka oko aritmetičke sredine. Standardna devijacija (3) je kvadratni korijen varijance:

$$s_n = \sqrt{S_n^2} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (3)$$

4. Koeficijent varijabilnosti

Koeficijent varijabilnosti izračunava se kao udio standardne devijacije u srednjoj vrijednosti (4):

$$CV = \frac{s_n}{\bar{x}_n} \times 100 [\%] \quad (4)$$

i objašnjava koliko je odstupanje minimalne i maksimalne vrijednosti u skupu podataka od srednje vrijednosti (Benšić i Šuvak, 2013).

5. Korelacija

U ovom slučaju skupovi podataka su svojstva brašna, koji istovremeno rastu ili padaju, a da su zapravo nezavisni jedan o drugom. Korelacija može biti visoka ili niska, a povezanosti između skupova uopće nema.

2.7.2. Inferencijalna (viša) statistika

Inferencijalna statistika se odnosi na provjeravanje postavljenih hipoteza, uz pomoć statističkih testova, koeficijenata i njihove značajnosti.

2.8. Kemometrijske analize

Kemometrija je definirana kao kemijska disciplina koja pomoću matematičkih i statističkih metoda oblikuje ili odabire optimalan mjeriteljski postupak (eksperiment) te omogućuje dobivanje maksimalnog broja informacija analizom što manjeg broja podataka iz cjelokupnog seta podataka. Razvoj kemometrije i njena primjena povezana je s razvojem i primjenom osobnih računala u kemiji (Mathias, 2007; Petersen, 2007).

Metode koje su korištene u ovom radu pri obradi podataka su analiza glavnih komponenta (eng. *Principal Component Analysis*, PCA), klaster analiza (eng. *Cluster analysis*, CA) i dendogram.

2.8.1. Analiza glavnih komponenti (PCA)

Analiza glavnih komponenta je statistička metoda koja se koristi kod obrade podataka s više varijabli. Cilj metode je objasniti što veći broj varijabli pomoću što manjeg broja varijabli formiranjem novih, umjetnih varijabli koje su linearne složenice – kombinacije izvornih varijabli. Maksimalni broj novih varijabli koji se može formirati jednak je broju izvornih, a nove varijable nisu međusobno korelirane (Pecina, 2006).

Ovom metodom se veći broj visoko koreliranih varijabli zamjenjuje manjim brojem varijabli.

Metoda stvara p linearnih kombinacija izvornih varijabli koje se nazivaju glavne komponente (5):

$$\begin{aligned}\xi_1 &= w_{11} X_1 + w_{12} X_2 + \dots + w_{1p} X_p \\ \xi_2 &= w_{21} X_1 + w_{22} X_2 + \dots + w_{2p} X_p \\ &\dots \\ \xi_p &= w_{p1} X_1 + w_{p2} X_2 + \dots + w_{pp} X_p\end{aligned}\tag{5}$$

gdje su $\xi_1, \xi_2 \dots \xi_p$, p glavnih komponenta i w_{ij} su težinski koeficijenti tj. konstante koje čine koeficijente j -te varijable za i -tu glavnu komponentu. Konstante w_{ip} nazivaju se svojstveni ili latentni vektori (eng. *eigenvectors*) i geometrijski su u dvodimenzionalnoj strukturi. Suma varijanci svih izvornih varijabli je ukupna varijanca, dio te varijance objašnjen jednom glavnom

komponentom naziva se svojstvena vrijednost ili latentni korijen (eng. *eigenvalue*). Svojstvena vrijednost najveća je u prvoj komponenti i u svakoj sljedećoj njena vrijednost je manja. Suma svih svojstvenih vrijednosti jednaka je ukupnoj varijanci. Cilj ove metode je izdvojiti čim veći dio ukupne varijance u tek nekoliko prvih glavnih komponenti, što se izražava u kumulativnim postocima ukupne varijance i time se smanjuje broj izvornih varijabli.

2.8.2. Klaster analiza (CA)

Klaster analiza je naziv za skup multivarijantnih tehnika čija je primarna svrha grupiranje objekata temeljem osobina koje posjeduju. Multivarijantnost označava svojstvo klaster analize da više varijabli analizira istovremeno i zajedno kao dio jedne cjeline. Predmet klaster analize najčešće su objekti, a ne varijable kao što je to slučaj kod faktorske analize. No, osobine objekata se definiraju pomoću varijabli koje samim time ulaze u proces klaster analize. Za razliku od ostalih multivarijantnih statističkih tehnika, klaster analiza varijable ne procjenjuje empirijski, već koristi one varijable koje su zadane od strane samog istraživača (Devčić, 2012). Matematičke metode klusterske analize klasificiraju grupe na matematički način. Umjesto sortiranja stvarnih objekata, ove metode razvrstavaju objekte koji su opisani kao podaci. Kao i kod korelacije, grupiranje ne znači i međusobnu zavisnost. Samo ukazuje na jednaki red veličine podataka. Npr. sve varijable čije su vrijednosti u rasponu 1-3 bit će povezane u jedan klaster, a varijable vrijednosti 500-1000 u drugi klaster.

2.8.3. Dendogram

Dendogram je dijagram koji prikazuje hijerarhijski odnos između objekata, u ovom slučaju svojstava brašna. Glavna zadaća dendograma je raspoređivanje objekata u klastere. Bitno je napomenuti da je dendogram sažetak matrice udaljenosti. Ključ za tumačenje dendograma je usredotočiti se na visinu pri kojoj su dva objekta povezana (Web3).

3. EKSPERIMENTALNI DIO

3.1. Zadatak

Zadatak diplomskog rada je primjena deskriptivnih statističkih i kemometrijskih metoda analize na 24 različita kultivara pšenice s 22 izmjerena svojstva pšenice i brašna tijekom višegodišnjeg razdoblja. Potrebno je utvrditi varijabilnost svojstava i sastava kultivara pšenice te prema zahtjevima prerađivačke industrije odrediti najprikladnije kultivare za proizvodnju namjenskog brašna za različite prehrambene proizvode.

3.2. Materijali i metode

3.2.1. Materijali

Tablica 1 Imena 24 kultivara pšenice s Poljoprivrednog instituta Osijek korištenih u ovom diplomskom radu na kojem su rađene analize:

R. br.	Naziv kultivara
1	S. Prolific (SP)
2	U1
3	Dubrava (DU)
4	Libellula (LI)
5	Bezostaja 1 (BE)
6	Zlatna dolina (ZD)
7	Tena (TE)
8	OS Crvenka (OC)
9	Osječka 20 (OS20)
10	Osječanka (OS)
11	Slavonija (SL)
12	Žitarka (ŽI)
13	S. Žitarka (SŽ)
14	Golubica (GO)
15	Demetra (DE)
16	Srpanjka (SR)
17	Lucija (LU)
18	Alka (AL)
19	Sana (SA)
20	Ficko (FI)
21	Divana (DI)
22	Felix (FE)
23	Katarina (KA)
24	Renata (RE)

U ovom diplomskom radu korišteno je brašno kultivara pšenice uzgojenih na površinama Poljoprivrednog instituta Osijek tijekom 12 godina. Svojstva pšenice i brašna analizirana su u laboratoriju Poljoprivrednog instituta Osijek. U diplomskom radu pri izradi matematičkih modela korištena su svojstva 24 kultivara pšenice. Svake godine, poslije žetve, pšenična zrna nakon sortiranja i čišćenja, odlaze u laboratorije na meljavu i analize gdje se mjere i izračunavaju različita svojstva kao pokazatelji kakvoće raznih kultivara pšenice. Dobiveni kemijski parametri kakvoće pšenice te ekstenzografska i farinografska svojstva, poslužili su u ovom diplomskom radu kao materijal za kemometrijske analize koje imaju svrhu razvrstavanja brašna prema potrebama prehrambene industrije. U ovom diplomskom radu korištena su sljedeća svojstva dobivena analizama: udio proteina, sedimentacija, vlažni gluten, gluten indeks, padajući broj, omjer vlažnog glutena i udjela proteina, izbrašnjavanje, sposobnost upijanja vode, vrijeme razvoja tijesta, stabilnost tijesta, otpor rastezanju, stupanj omekšanja, farinografski broj kakvoće, energija tijesta, otpor kroz pet minuta, rastezljivost tijesta, maksimalan otpor, omjer otpora i rastezljivosti, omjer maksimalnog otpora i rastezljivosti.

3.2.1.1. Zahtjevi proizvođača

Svojstva brašna trebaju biti unutar navedenih minimalnih i maksimalnih vrijednosti zadanih od prerađivačke industrije. U tablici 2 nedostaju neke vrijednosti, odnosno zahtjevi proizvođača za određene proizvode. Vrijednosti, odnosno zahtjevi koji nedostaju pokazuju da nisu sva svojstva jednako važna za proizvodnju pojedinog proizvoda. Proizvođači zahtijevaju brašno sa specifičnim svojstvima kako ne bi morali dodavati aditive. Zahtjevi proizvođača proizvoda od brašna razlikuju se za svaki proizvod.

Tablica 2 Zahtjevi proizvođača za sljedeće proizvode: lisnato tijesto, *croissant*, pecivo, glatko brašno za vafel, vafel i slane štapići

Oznaka proizvoda	Vlažni gluten (%)	Upijanje vode (%)	Razvoj tijesta (min)	Stabilitet (min)	Rezistencija (min)	Stupanj omekušanja (FJ)	Kvalitetna grupa	Rastezljivost (min)	Otpor (EJ)	O/R	Max otpor (EJ)	Energija (cm ²)	Max. viskozitet (EJ)
Lt_min	20	58,5	8,5	3,5	12	10	A1	150			400	90	
Lt_max	22	59,5	7	5	12,5	10	A2	170			450	100	
Cro_min	32	61,5	8,5	3,5	12	10	A1	150	200		400	100	350
Cro_max	34	61,5	7	5	12,5	10	A2	160	400		450	130	750
Pec_min	20	53				80	C1	140			350	65	400
Pec_max	23	60				115	B1	155			400	80	700
Keks_min	22	53				70	C1	120	200		300		350
Keks_max	27	60				120	B2	160	400		600		750
Gvl_min	21	53				60	B1	110	200		300		
Gvl_max	27	60				100	B2	180	400		500		
Vfl_min	20	55				80	C1	140		1,8	350	70	
Vfl_max	23	60				110	B2	160		2	420	85	
Sšt_min	21	55				60	B1	110	200		300		
Sšt_max	28	62				100	B2	180	400		500		

Lt = Lisnato tijesto, Cro = *Croissant*, Pec = Pecivo, Gvl = Glatko brašno za vafel, Vfl = Vafel, Sšt = Slani program

Lt_min = zahtjevi proizvođača za minimalne vrijednosti prikazanih svojstava pri proizvodnji lisnatog tijesta, Lt_max = zahtjevi proizvođača za maksimalne vrijednosti prikazanih svojstava pri proizvodnji lisnatog tijesta, (jednako vrijedni i za ostale oznake „_min“ i „_max“)

Cro_min i Cro_max = zahtjevi proizvođača za *croissant*, Pec_min i Pec_max = zahtjevi proizvođača za peciva, Keks_min i Keks_max = zahtjevi proizvođača za kekse, Gvl_min i Gvl_max = zahtjevi proizvođača za glatko brašno za vafel, Vfl_min i Vfl_max = zahtjevi proizvođača za vafel, Sšt_min i Sšt_max = zahtjevi proizvođača za slane štapiće

Izvor: Poljoprivredni institut Osijek

3.2.2. Metode

3.2.2.1. Statističke metode

Nad dobivenim podacima analize pšenice provedena je opisna i viša statistika. Određena je srednja vrijednost, standardna devijacija, koeficijenti varijabilnosti, varijanca i korelacija. Nakon toga su primijenjene kemometrijske metode: analiza glavnih komponenti (PCA), klaster analiza (CA) i dendogram za prikaz klastera. Statistička obrada podataka je provedena pomoću programskog paketa Statistica ver. 13.

3.2.2.2. Određivanje udjela proteina, P

U novije vrijeme određivanje proteina vrši se na jako brz način pomoću uređaja koji rade na principu infracrvene transmisije. U ovom radu korišten je NIT analizator Infratec 1241 za određivanje udjela proteina.

3.2.2.3. Određivanje vlažnog glutena WG i WG/P

Vlažni gluten formiraju bjelančevine glijadin i glutenin u određenom odnosu. Kao najpovoljniji odnos smatra se jedan dio glutenina prema tri dijela glijadina. Glutenini su proteini koji nisu topljivi u vodi te se nalaze samo u žitaricama zajedno s glijadinom. Vrlo su važni za pekarstvo, pogotovo kod dobivanja tijesta jer formiraju gluten (Đaković, 1980).

U komoru za pranje sa poliesterskim sitom se prebaci 10 g uzorka te se komora lagano protrese da bi se ravnomjerno raspodijelio uzorak. Potom se dodaje određena količina 2%-tne otopine natrijevog klorida iz dispenzera. Komora ima automatski redoslijed pranja i miješanja uzorka. Nakon završetka rada, pažljivo se ukloni komora za pranje, izvadi dobiveni gluten, te se nastavlja s centrifugiranjem uzorka radi dobivanja još jednog važnog svojstva – gluten indeksa (Hajek, 2014).

Formirana loptica glutena stavlja se na centrifugiranje, a nakon toga se pomoću špatule ostruže sav gluten koji je prošao kroz sito, važe se te ostavlja na vagi. Pomoću pincete se ostali gluten koji je ostao na situ dodaje na vagu radi izračunavanja ukupne težine glutena (6). Ona količina vlažnog glutena koja je zaostala na situ definirana je kao „gluten indeks“ izračunava se formulom (7) i izražava se u postotcima.

Izračunavanje vlažnog glutena:

$$\text{sadržaj vlažnog glutena} = \frac{\text{ukupni gluten (g)} \times 100}{10(\text{g})} = \text{ukupni gluten} \times 10 \quad (6)$$

Izračunavanje gluten indeksa:

$$\text{gluten indeks} = \frac{\text{gluten koji je ostao na situ (g)} \times 100}{\text{ukupni gluten (g)}} \quad (7)$$

(Hajek, 2014).

3.2.2.4. Određivanje sedimentacijske vrijednosti

Metoda se temelji na sposobnosti glutena da bubri pod utjecajem mliječne kiseline. Princip metode je u usitnjavanju i prosijavanju uzoraka pšenice, a potom suspendiranje u otopini mliječne kiseline. Suspenzija se taloži i nakon određenog vremena očita se volumen taloga koji predstavlja sedimentacijsku vrijednost, koja se izražava u cm^3 .

3.2.2.5. Određivanje broja padanja

Metoda padajućeg broja je prihvaćena metoda za detekciju oštećenja klice u brašnu, pšenici i drugom zrnju. Temelji se na brzom želatinizaciji suspenzije brašna ili krupice u vrućoj vodenoj kupelji te mjerenju topljivosti škroba pomoću alfa amilaze. Broj padanja se definira kao ukupno vrijeme od trenutka ulaganja kivete sa suspenzijom u vodenu kupelj pa do kraja penetracije miješalice viskozimetra kroz škrobni gel, odnosno to je zbir vremena potrebnog za miješanje i vremena za koje miješalice viskozimetra prijeđe određenu udaljenost kroz zagrijani škrobni gel koji se nalazi u fazi topljenja (Ugarčić – Hardi, 1999b).

3.2.2.6. Određivanje sposobnosti upijanja vode WA, razvoja tijesta DDT, stabilnosti STAB, otpora R i stupnja omekšanja DS

Sposobnost upijanja vode jedno je od farinografskih svojstava brašna. Očitava se iz farinograma, dobivenog na uređaju farinograf. Rad uređaja se temelji na mehaničkom otporu koje tijesto pruža mješalici od trenutka formiranja tijesta preko tijesta u punom razvoju pa do trenutka završetka rada mješalice. Nakon 15 minuta ispisuje se farinogram. Udio vode potrebne za zamjes normalne konzistencije varira 50 – 70 %, a taj udio je veći što je kakvoća glutena s tehnološkog aspekta bolja. Prema tome, pšenice slabih osobina daju manju količinu tijesta nego pšenice dobre konzistencije.

Otpor tijesta ovisi o moći upijanja vode promatranog brašna, stoga je potrebno ponajprije utvrditi količinu vode koju treba dodati u odvagano količinu brašna da bi konzistencija u točki punog razvoja tijesta bila 500 FJ. Moć upijanja vode je količina vode koja je bila potrebna za dobivanje tijesta, te se izražava u postocima na osnovu očitavanja utrošenih mililitara sa birete (8):

$$\text{moć upijanja vode (\%)} = \frac{V}{3} \quad (8)$$

V – broj mililitara vode potreban za stvaranje tijesta konzistencije od 500 FJ, dobivenog od brašna količine 300 g (Kljusurić, 2000).

3.2.2.7. Određivanje energije tijesta E, otpora nakon 5 min R5MIN, rastezljivosti EXT i maksimalnog otpora RMAX

Energija tijesta i maksimalni otpor su ekstenzografska svojstva brašna. Očitavaju se iz ekstenzograma, dobivenog na uređaju ekstenzograf. Analizom takvim uređajem ispituje se reakcija tijesta na mehaničku obradu i odmaranje, a podaci koji se dobiju iz ekstenzograma upotpunjuju sliku o kvaliteti brašna pšenice. Područje ispod krivulje je proporcionalno energiji potrebnoj za istezanje ispitivanog komada tijesta do njezine točke kidanja. Ovaj parametar, izražen u cm^2 , prikladan je pokazatelj karakteristike jačine brašna. Što je jače brašno, to je veća energija potrebna da se rasteže tijesto (Dapčević Hadnađev i sur., 2011).

Maksimalan otpor (R_{\max} , EJ) je srednja vrijednost maksimalne visine krivulja opisanih 135 minuta nakon zamjesa tijesta i iskazuje se u EJ.

4. REZULTATI

4.1. Statistička obrada podataka

Izmjerene vrijednosti prinosa i svojstava pšenice te farinografskih i ekstenzografskih svojstava brašna prikupljene su za razdoblje 2004.-2015. godine. Tijekom navedenog razdoblja različitim analitičkim metodama analizirana su 24 kultivara pšenice s Poljoprivrednog instituta u Osijeku od koji je jedan hrvatski kultivar poboljšivač, Divana. Obzirom da se u zahtjevima prerađivača navode zahtjevi za brašno, a ne i za pšenicu, iz statističke obrade podataka izostavljeni su prinos pšenice, hektolitarska masa i masa tisuću zrna. U konačnu statističku obradu uvrštene su vrijednosti 19 svojstava brašna, a 3 navedena svojstva pšenice su izostavljena iz statističke obrade. Programom „Statistica“ izvedene su deskriptivna statistika i kemometrijska analiza za izmjerene vrijednosti 19 svojstva brašna (u statističkoj analizi su označeni nazivom „varijable“). Setovi izmjerenih vrijednosti su međusobno usklađeni tako da su iste izmjerene veličine prikazane za cjelokupno navedeno vremensko razdoblje i uvijek za iste kultivare. U ovom radu provedena je deskriptivna statistika, PCA metoda - analiza glavnih komponenti, CA metoda - klaster analiza, a rezultati su prikazani u tablicama i na grafikonima.

Tablica 3 Izmjerena svojstva 24 kultivara

R.br.		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
		P	SED	WG	GI	FN	WG/P	FY	WA	DDT	STAB	R	DS	FQN	E	R5MIN	EXT	RMAX	R/EXT	RMAX/EXT
1	SP	16,97	32,30	43,60	56,13	306,25	2,57	63,61	56,73	2,52	0,74	3,25	86,20	54,10	37,50	104,40	203,10	124,20	0,53	0,65
2	U1	17,06	29,10	44,31	47,44	293,80	2,60	60,66	56,11	2,23	0,53	2,73	109,20	41,30	33,00	101,10	192,60	117,20	0,54	0,63
3	DU	15,11	50,00	34,84	80,65	315,30	2,30	69,15	59,85	3,86	1,46	5,31	69,40	89,60	58,60	208,70	153,00	279,40	1,36	1,84
4	LI	14,28	24,60	35,51	63,84	312,10	2,48	61,65	57,98	2,20	0,46	2,65	96,40	45,70	43,80	148,70	169,30	180,30	0,89	1,09
5	BE	14,21	53,10	33,43	83,07	266,30	2,35	71,21	58,25	3,04	1,67	4,74	53,90	108,50	80,50	303,00	144,70	428,90	2,12	2,98
6	ZD	12,81	27,40	29,92	81,50	286,40	2,34	55,11	54,61	1,81	0,66	2,50	91,60	45,70	44,50	182,40	146,40	214,40	1,27	1,49
7	TE	15,20	50,70	35,24	80,44	291,50	2,31	70,02	63,78	4,12	1,34	5,46	66,40	101,50	65,60	219,10	158,00	311,90	1,41	2,00
8	OC	14,70	49,70	35,24	85,09	364,60	2,40	74,01	60,49	4,57	1,60	6,17	58,30	112,80	71,60	257,00	152,60	356,10	1,73	2,38
9	OS20	13,70	31,50	34,53	66,11	347,40	2,51	69,66	60,59	2,32	0,43	2,76	95,40	51,00	26,70	123,70	136,30	132,00	0,93	0,98
10	OS	14,50	38,60	36,44	64,67	323,70	2,51	72,23	63,31	2,47	0,91	3,38	87,00	55,40	36,20	139,30	152,10	164,70	0,93	1,10
11	SL	13,55	49,30	32,72	75,42	345,90	2,41	68,61	60,67	2,69	1,13	3,81	74,20	72,40	58,60	219,60	153,20	284,40	1,48	1,94
12	ŽI	13,84	49,20	34,69	73,94	337,60	2,50	67,30	62,51	2,78	0,93	3,71	80,70	65,40	54,60	198,60	151,60	256,30	1,33	1,72
13	SR	13,35	46,50	29,15	94,37	372,10	2,17	69,40	57,21	2,97	0,86	3,81	50,60	93,30	93,50	361,60	141,30	513,50	2,62	3,69
14	DE	12,70	52,10	27,35	98,47	284,50	2,14	71,20	57,49	1,97	0,89	2,85	69,00	56,50	98,20	341,70	153,70	500,20	2,34	3,36
15	GO	14,30	61,30	34,56	90,78	333,90	2,41	71,02	60,62	5,19	2,07	7,25	41,10	133,40	77,80	225,70	174,40	339,10	1,34	2,01
16	SŽ	13,16	48,00	32,10	85,76	329,60	2,43	70,00	62,35	2,09	0,90	2,99	76,50	59,10	63,90	248,50	143,70	331,70	1,79	2,32
17	LU	12,93	49,30	27,66	97,35	320,30	2,13	68,00	58,60	3,50	0,76	4,28	50,60	94,50	98,20	323,30	153,20	502,80	2,18	3,32
18	AL	12,61	47,90	26,87	95,57	304,70	2,12	71,00	57,97	2,16	2,10	4,23	69,60	71,22	80,44	300,89	149,67	422,22	2,19	3,01
19	SA	12,81	35,70	28,38	84,33	259,90	2,19	68,80	57,04	2,20	0,91	3,11	101,10	49,90	42,90	166,20	150,00	204,50	1,15	1,39
20	FI	14,07	46,20	30,60	85,08	276,90	2,17	70,10	60,04	4,55	1,63	6,17	67,80	118,50	46,60	181,30	142,20	238,60	1,29	1,69
21	RE	14,06	56,50	30,38	96,40	380,20	2,15	71,30	58,17	2,86	2,90	5,74	47,90	112,20	98,80	323,70	156,40	496,10	2,17	3,26
22	KA	12,86	48,40	29,51	95,57	293,90	2,28	70,80	56,73	2,61	1,06	3,67	51,80	80,00	88,00	305,30	152,00	454,50	2,05	3,03
23	FE	12,95	50,70	27,92	96,27	365,60	2,15	69,60	59,90	2,00	0,87	2,90	47,70	92,60	89,90	318,60	150,40	461,10	2,19	3,14
24	DI	16,44	68,10	34,91	90,74	313,90	2,12	69,50	61,03	10,31	4,02	14,31	18,30	184,10	114,90	298,00	180,40	488,30	1,66	2,72

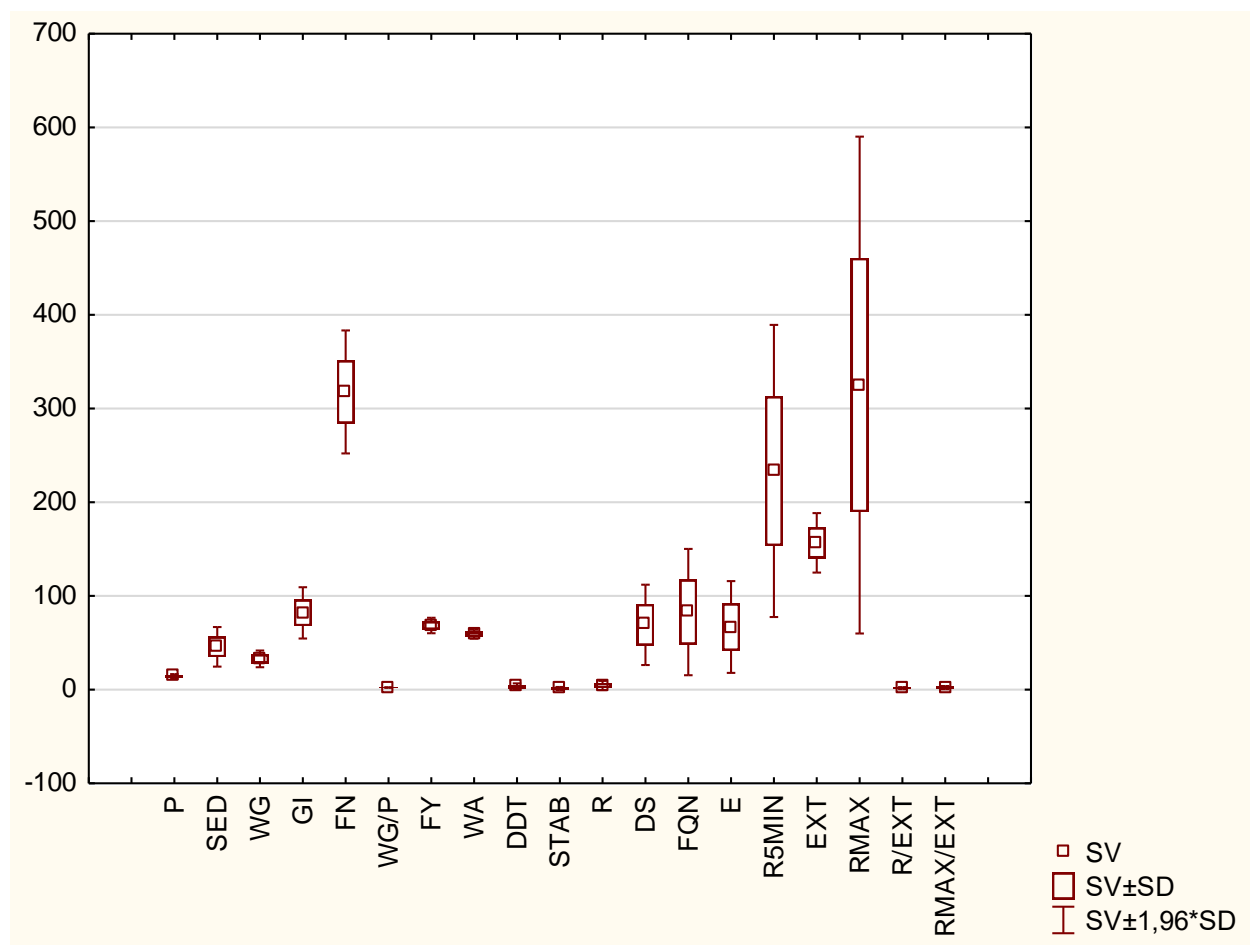
P = udio proteina, eng. *proteins* (%), SED = vrijednost sedimentacije, eng. *sedimentation* (cm³), WG = vlažni gluten, eng. *wet gluten* (%), GI = gluten indeks, eng. *gluten index*, FN = broj padanja, eng. *falling number* (s), WG/P = omjer vlažnog glutena i udjela proteina eng. *wet gluten and protein ratio*, FY = izbrašnjevanje, eng. *flour yield* (%), WA = sposobnost upijanja vode, eng. *water absorption* (%), DDT = vrijeme razvoja tijesta, eng. *dough development time* (min), STAB = stabilnost tijesta, eng. *stability* (min), R = otpor, eng. *resistance* (EJ), DS = stupanj omekšanja, eng. *degree of softening*, FQN = farinografski broj kakvoće, eng. *farinograph quality number*, E = energija tijesta, eng. *dough energy* (cm²), R5MIN = otpor kroz pet minuta, eng. *resistance through 5 min* (EJ), EXT = rastezljivost tijesta, eng. *extensibility* (mm), RMAX = maksimalni otpor, eng. *max resistance* (EJ), R/EXT = omjer otpora i rastezljivosti tijesta, eng. *resistance and extensibility ratio*, RMAX/EXT = omjer maksimalnog otpora i rastezljivosti tijesta, eng. *max resistance and extensibility ratio*, Vmax = maksimalni viskozitet, eng. *max viscosity*, Qg = kvilietna grupa, eng. *quality group* (EJ)

Deskriptivna statistika izvedena je na 19 svojstava brašna i prikazana je u **tablici 4**. Deskriptivna statistika svojstava brašna provedena je iz izmjerenih podataka koji se nalaze u **tablici 3**.

Tablica 4 Deskriptivna statistička analiza za 19 svojstava brašna proizvedenog iz 24 kultivara pšenice (N=24)

Svojstva	Srednja vrijednost	Medijan	Minimum	Maksimum	Standardna devijacija	Pouzdanost SD -95,000%	Pouzdanost SD +95,000%	Koeficijent varijabilnosti
P	14,0904	13,9500	12,6100	17,0600	1,3025	1,0124	1,8272	9,24421
SED	45,6750	48,8000	24,6000	68,1000	10,8060	8,3986	15,1582	23,65847
WG	32,9101	33,0770	26,8725	44,3105	4,5599	3,5440	6,3964	13,85564
GI	82,0406	84,0406	47,4434	98,4670	13,9733	10,8802	19,6012	17,03214
FN	317,764	314,600	259,9000	380,2000	33,4825	26,0231	46,9679	10,53689
WG/P	2,3231	2,3255	2,1152	2,5953	0,1567	0,1218	0,2199	6,74660
FY	68,4975	69,6300	55,1100	74,0100	4,2217	3,2812	5,9221	6,16334
WA	59,2511	59,2250	54,6100	63,7800	2,3877	1,8558	3,3494	4,02980
DDT	3,2090	2,6500	1,8100	10,3100	1,7752	1,3797	2,4902	55,31905
STAB	1,2846	0,9200	0,4300	4,0200	0,8302	0,6453	1,1646	64,62930
R	4,4910	3,7600	2,5000	14,3100	2,4744	1,9232	3,4711	55,09829
DS	69,1958	69,2000	18,3000	109,2000	21,8851	17,0094	30,6995	31,62775
FQN	82,863	76,2000	41,3000	184,1000	34,3952	26,7325	48,2483	41,50836
E	66,8477	64,7500	26,7000	114,9000	24,9933	19,4252	35,0597	37,38847
R5MIN	233,349	222,6500	101,1000	361,6000	79,5366	61,8170	111,5709	34,08476
EXT	156,677	152,3500	136,3000	203,1000	16,1881	12,5816	22,7080	10,33209
RMAX	325,100	321,8000	117,2000	513,5000	135,2542	105,1214	189,7292	41,60375
R/EXT	1,5620	1,4450	0,5300	2,6200	0,5811	0,4516	0,8151	37,19909
RMAX/EXT	2,1558	2,0050	0,6300	3,6900	0,9272	0,7206	1,3006	43,00877

P = udio proteina, eng. *proteins* (%), SED = vrijednost sedimentacije, eng. *sedimentation* (cm³), WG = vlažni gluten, eng. *wet gluten* (%), GI = gluten indeks, eng. *gluten index*, FN = broj padanja, eng. *falling number* (s), WG/P = omjer vlažnog glutena i udjela proteina eng. *wet gluten and protein ratio*, FY = izbrašnjavanje, eng. *flour yield* (%), WA = sposobnost upijanja vode, eng. *water absorption* (%), DDT = vrijeme razvoja tijesta, eng. *dough development time* (min), STAB = stabilnost tijesta, eng. *stability* (min), R = otpor, eng. *resistance* (EJ), DS = stupanj omekšanja, eng. *degree of softening*, FQN = farinografski broj kakvoće, eng. *farinograph quality number*, E = energija tijesta, eng. *dough energy* (cm²), R5MIN = otpor kroz pet minuta, eng. *resistance through 5 min* (EJ), EXT = rastezljivost tijesta, eng. *extensibility* (mm), RMAX = maksimalni otpor, eng. *max resistance* (EJ), R/EXT = omjer otpora i rastezljivosti tijesta, eng. *resistance and extensibility ratio*, RMAX/EXT = omjer maksimalnog otpora i rastezljivosti tijesta, eng. *max resistance and extensibility ratio*



Slika 1 Kutijasti dijagram, eng. *Box and whisker* dijagram raspršenosti podataka za 19 svojstva brašna proizvedenog iz 24 kultivara pšenice

Slika 1 prikazuje raspršenost srednjih vrijednosti podataka tijekom analiziranog razdoblja. Ova vrsta dijagrama služi da se opiše raspon podataka jedne varijable odnosno u ovome slučaju jednog svojstva.

Tablica 5 Korelacijski koeficijenti za 19 svojstava brašna ($p < 0,05$) proizvedenog iz 24 kultivara pšenice

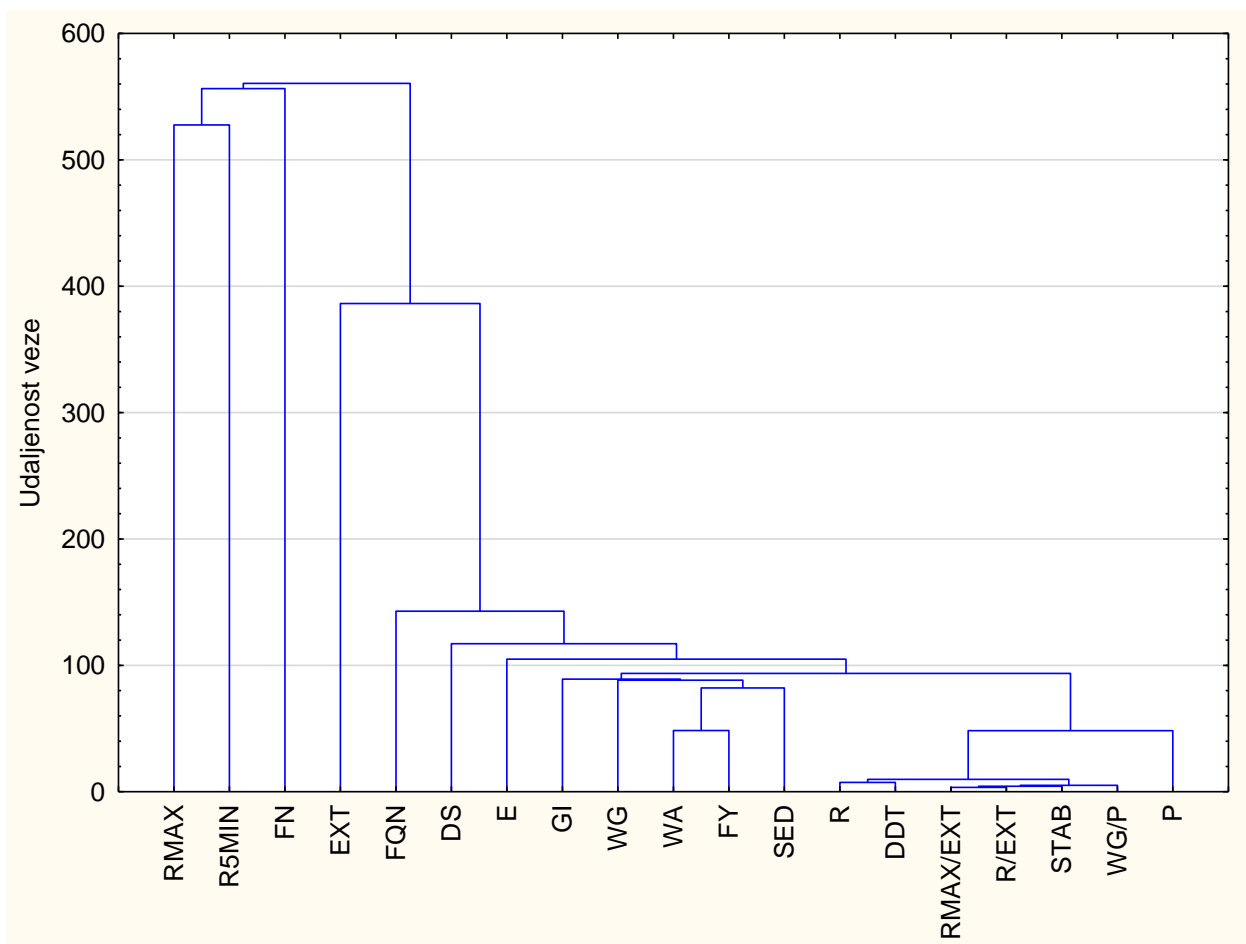
Varijable	P	SED	WG	GI	FN	WG/P	FY	WA	DDT	STAB	R	DS	FQN	E	R5MIN	EXT	RMAX	R/EXT	RMAX/EXT
P	1,00	-0,05	0,90	-0,63	-0,05	0,46	-0,20	0,12	0,46	0,24	0,41	0,05	0,22	-0,24	-0,47	0,79	-0,39	-0,59	-0,49
SED	-0,05	1,00	-0,32	0,69	0,24	-0,54	0,68	0,42	0,63	0,75	0,70	-0,89	0,83	0,80	0,71	-0,10	0,76	0,62	0,69
WG	0,90	-0,32	1,00	-0,86	-0,03	0,80	-0,31	0,13	0,14	-0,09	0,07	0,36	-0,12	-0,54	-0,70	0,72	-0,65	-0,77	-0,72
GI	-0,63	0,69	-0,86	1,00	0,15	-0,86	0,50	-0,02	0,21	0,43	0,30	-0,74	0,51	0,83	0,89	-0,48	0,89	0,89	0,89
FN	-0,05	0,24	-0,03	0,15	1,00	0,03	0,27	0,30	0,03	0,11	0,06	-0,32	0,19	0,25	0,27	-0,11	0,26	0,27	0,26
WG/P	0,46	-0,54	0,80	-0,86	0,03	1,00	-0,35	0,17	-0,28	-0,47	-0,36	0,61	-0,49	-0,74	-0,76	0,36	-0,77	-0,75	-0,77
FY	-0,20	0,68	-0,31	0,50	0,27	-0,35	1,00	0,54	0,26	0,40	0,32	-0,54	0,48	0,45	0,49	-0,37	0,49	0,50	0,51
WA	0,12	0,42	0,13	-0,02	0,30	0,17	0,54	1,00	0,34	0,20	0,31	-0,20	0,31	-0,02	-0,06	-0,19	-0,04	-0,07	-0,06
DDT	0,46	0,63	0,14	0,21	0,03	-0,28	0,26	0,34	1,00	0,78	0,98	-0,65	0,87	0,43	0,18	0,28	0,28	0,04	0,15
STAB	0,24	0,75	-0,09	0,43	0,11	-0,47	0,40	0,20	0,78	1,00	0,89	-0,72	0,84	0,59	0,41	0,15	0,48	0,30	0,38
R	0,41	0,70	0,07	0,30	0,06	-0,36	0,32	0,31	0,98	0,89	1,00	-0,71	0,91	0,50	0,27	0,25	0,36	0,13	0,24
DS	0,05	-0,89	0,36	-0,74	-0,32	0,61	-0,54	-0,20	-0,65	-0,72	-0,71	1,00	-0,89	-0,89	-0,78	0,06	-0,84	-0,68	0,77
FQN	0,22	0,83	-0,12	0,51	0,19	-0,49	0,48	0,31	0,87	0,84	0,91	-0,89	1,00	0,66	0,50	0,06	0,57	0,38	0,48
E	-0,24	0,80	-0,54	0,83	0,25	-0,74	0,45	-0,02	0,43	0,59	0,50	-0,89	0,66	1,00	0,94	-0,09	0,98	0,86	0,93
R5MIN	-0,47	0,71	-0,70	0,89	0,27	-0,76	0,49	-0,06	0,18	0,41	0,27	-0,78	0,50	0,94	1,00	-0,37	0,99	0,98	1,00
EXT	0,79	-0,10	0,72	-0,48	-0,11	0,36	-0,37	-0,19	0,28	0,15	0,25	0,06	0,06	-0,09	-0,37	1,00	-0,27	-0,50	-0,40
RMAX	-0,39	0,76	-0,65	0,89	0,26	-0,77	0,49	-0,04	0,28	0,48	0,36	-0,84	0,57	0,98	0,99	-0,27	1,00	0,95	0,99
R/EXT	-0,59	0,62	-0,77	0,89	0,27	-0,75	0,50	-0,07	0,04	0,30	0,13	-0,68	0,38	0,86	0,98	-0,50	0,95	1,00	0,99
RMAX/EXT	-0,49	0,69	-0,72	0,89	0,26	-0,77	0,51	-0,06	0,15	0,38	0,24	-0,77	0,48	0,93	1,00	-0,40	0,99	0,99	1,00

U **tablici 5** prikazani su korelacijski odnosi između 19 svojstava brašna. Koeficijentima korelacije prikazujemo svojstva koja međusobno imaju visoku pozitivnu ili nisku korelaciju. Nekada svojstva nisu međusobno povezana nego se samo istovremeno povećavaju ili smanjuju njihove vrijednosti što dovodi do visoke korelacije.

Tablica 6 Svojtvene vrijednosti dobivene analizom glavnih komponenti

Redni broj	Svojtvena vrijednost	Udio u ukupnoj varijanci (%)	Kumulativna svojtvena vrijednost	Kumulativna vrijednost varijance
1	9,97849	52,5183	9,97849	52,51839
2	4,41511	23,2374	14,39360	75,75581
3	1,72256	9,06613	16,11617	84,82194
4	1,15536	6,08086	17,27153	90,90280
5	0,591548	3,11341	17,86308	94,0162
6	0,320501	1,68685	18,18358	95,7031
...				

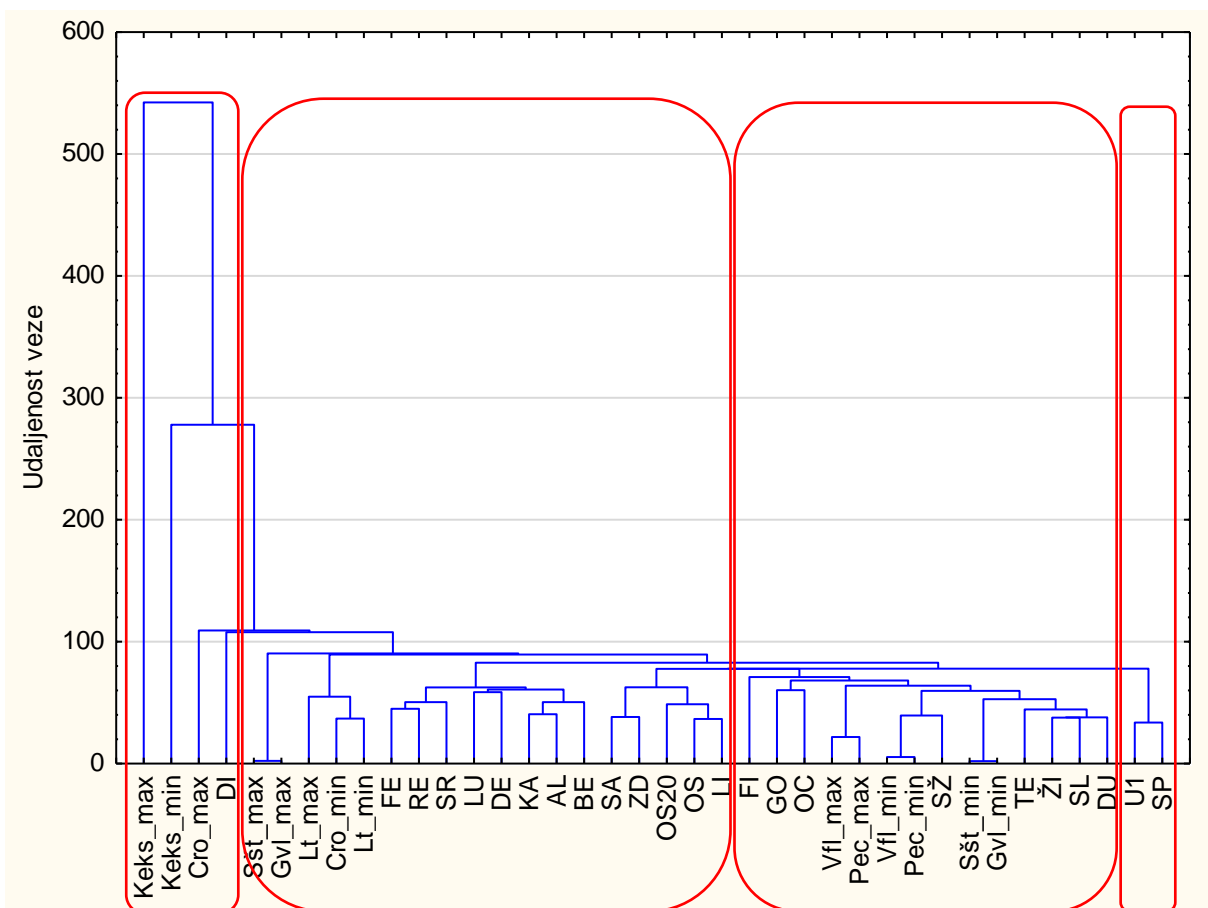
Tablica 6 prikazuje utjecaj vrijednosti na ukupnu vrijednost varijance analiziranog seta podataka. Tako se npr. prvom svojtvenom vrijednošću može objasniti 52,52% ukupne varijance, drugom varijablom se može objasniti 23,24% itd.



Slika 2 Dendrogram klusterske analize

Dendrogram za 19 varijabli

Klaster analizom klasificirano je 19 svojstava u tzv. dendogramu. Na **slici 2** vidljiv je dendogram na kojem se može zapaziti grupiranje svojstava brašna. Grupiranje ne znači nužno i međusobnu zavisnost, samo ukazuje na jednaki red veličine podataka unutar grupe.



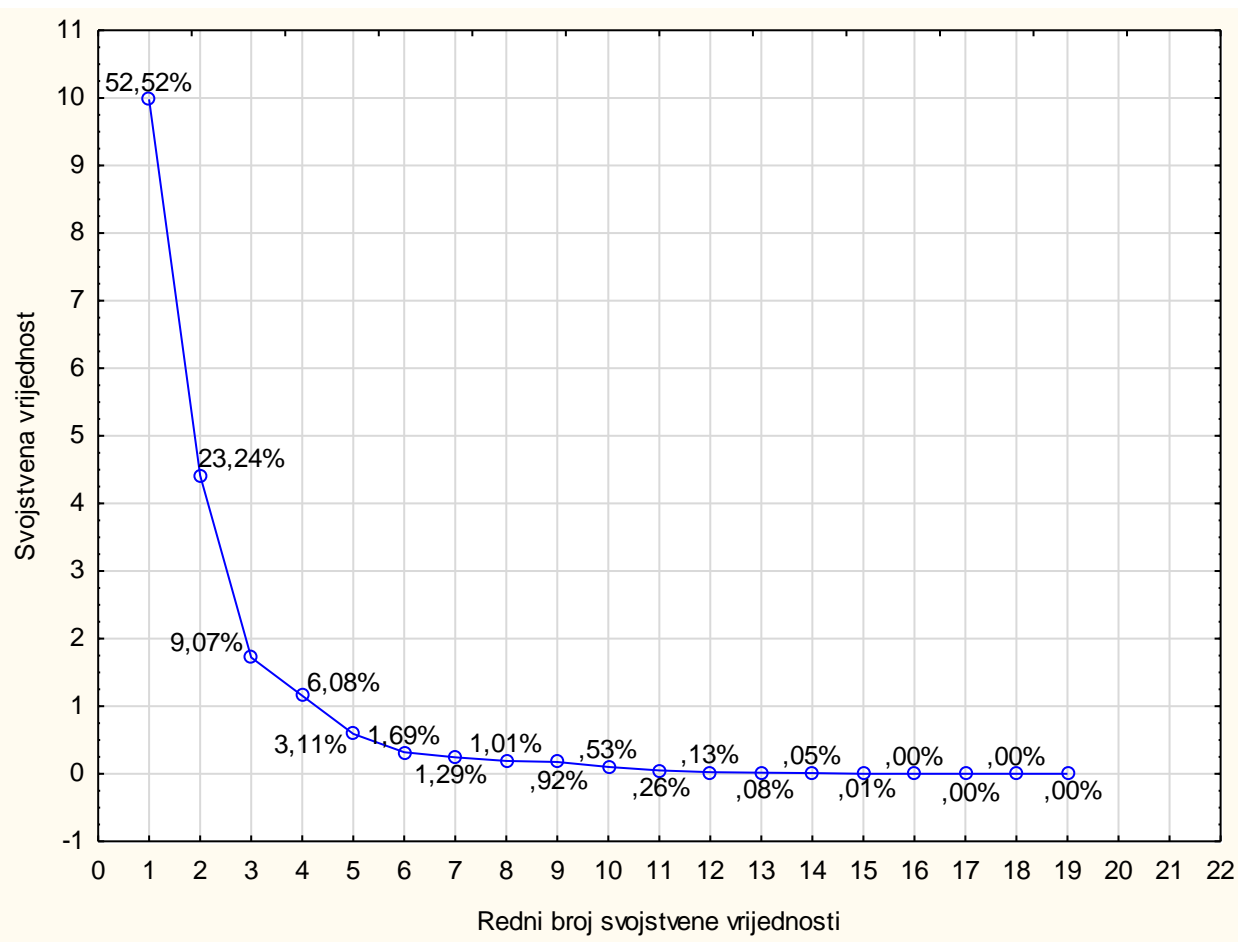
Slika 3 Grupiranje kultivara i zahtjeva proizvođača klaster analizom

Klaster analizom svojstva kultivara i zahtjeva proizvođača prehrambenih proizvoda (**slika 3**) i analizom glavnih komponenti (**Slika 8**) uočljive su grupe kultivara s reološkim svojstvima koja odgovaraju zahtjevima proizvođača za pojedine proizvode.

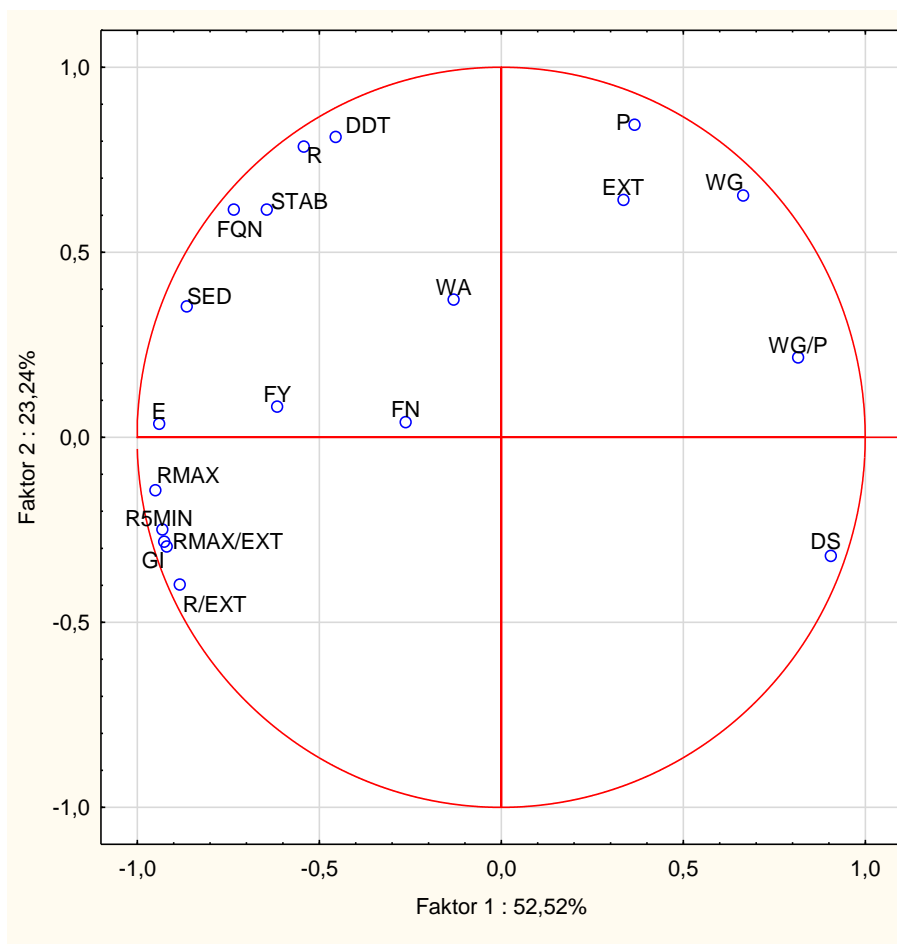
Tablica 7 Svojstvene vrijednosti dobivene iz korelacijske matrice za svih 19 analiziranih svojstava brašna

Redni broj	Svojstvena vrijednost	Udio u ukupnoj varijanci (%)	Kumulativna svojstvena vrijednost	Kumulativna vrijednost varijance
1	9,978493	52,51839	9,97849	52,5184
2	4,415111	23,23743	14,39360	75,7558
3	1,722564	9,06613	16,11617	84,8219
4	1,155364	6,08086	17,27153	90,9028
5	0,591548	3,11341	17,86308	94,0162
6	0,320501	1,68685	18,18358	95,7031
7	0,244881	1,28885	18,42846	96,9919
8	0,191468	1,00773	18,61993	97,9996
9	0,175467	0,92351	18,79540	98,9231
10	0,101396	0,53366	18,89679	99,4568
11	0,050081	0,26358	18,94687	99,7204
12	0,025124	0,13223	18,97200	99,8526
13	0,015867	0,08351	18,98786	99,9361
14	0,010337	0,05441	18,99820	99,9905
15	0,001525	0,00803	18,99973	99,9986
16	0,000222	0,00117	18,99995	99,9997
17	0,000024	0,00012	18,99997	99,9999
18	0,000022	0,00012	18,99999	100,0000
19	0,000006	0,00003	19,00000	100,0000

Udio ukupne varijance šeste glavne komponente iznosi 1,69%, a vrijednost kumulativne varijance za prvih šest svojstvenih vrijednosti iznosi 95,71%. Iz navedenih podataka je vidljivo kako je potrebno šest svojstvenih vrijednosti za opisivanje 95,71% varijabilnosti analiziranog skupa podataka. Nakon provedene analize vidljivo je da je moguće opisivanje varijance seta podataka s izmjerenim svojstvima brašna sa smanjenim brojem svojstava (s 19 na 6) i to s visokom točnošću.



Slika 4 Postotni udio varijance dobiven iz korelacijske matrice za svih 19 varijabli



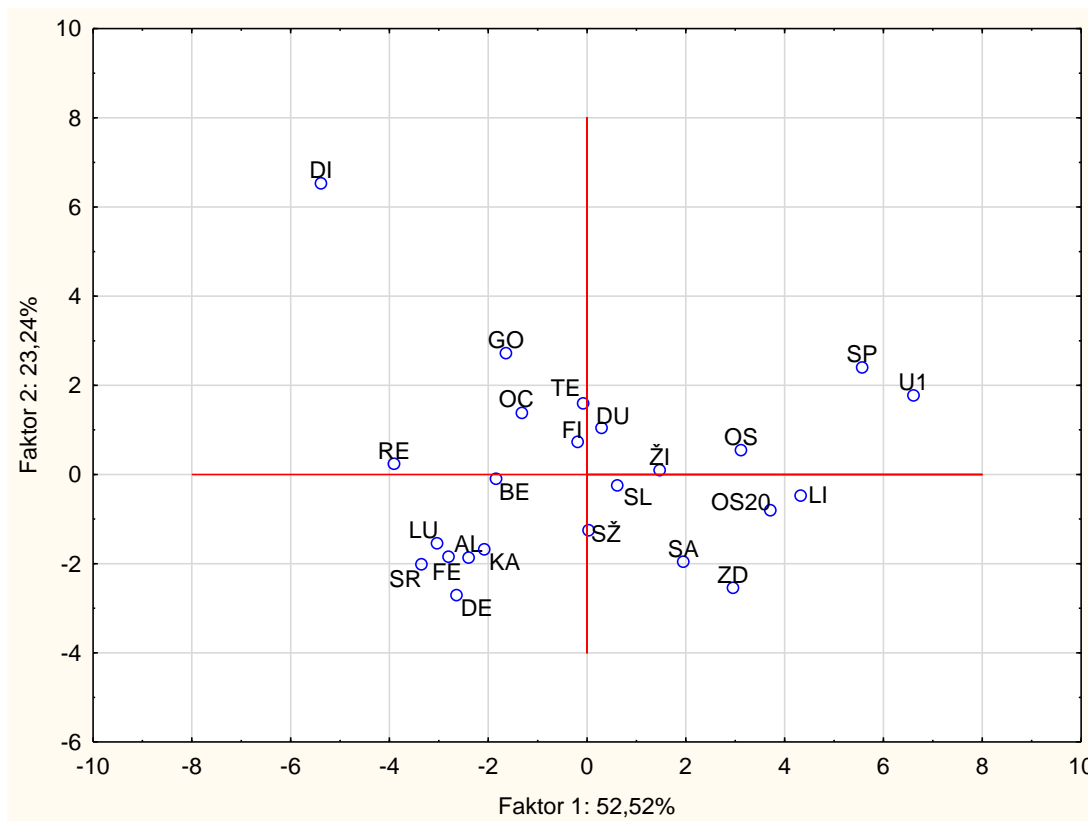
Slika 5 Grupiranje svojstava u prve dvije faktorske ravnine

Slika 5 prikazuje grupiranje svojstava u prve dvije faktorske ravnine. U tablici 7 je vidljivo da je pomoću prve dvije glavne komponente opisano 75,76% ukupne varijance kao i na slici 4. Na temelju grupiranja svojstava na takav način analizom glavnih komponenata izvedeni su zaključci. Svojstva kao što su gluten indeks, energija tijesta, maksimalni otpor, omjer otpora i rastezljivosti, omjer maksimalnog otpora i rastezljivosti te otpor kroz pet minuta daju sličan pozitivan doprinos u objašnjavanju varijance u prvoj glavnoj komponenti. Dok s druge strane svojstva vlažni gluten, omjera vlažnog glutena i proteina te stupanj omekšanja daju suprotan doprinos od navedenih svojstava.

Analiza glavnih komponenti, PCA je alat za smanjenje broja varijabli iz početnog seta podataka. Iz početnog seta podataka (u ovom radu 19 varijabli) izabere manji broj svojstvenih vrijednosti ili faktora (u ovom radu 6, prikazani su u **tablici 7**). To su one veze među izvornih 19 varijabli koje međusobno koreliraju i mogu se smatrati jednom komponentom ili svojstvenom vrijednošću.

Tablica 8 Prikaz svojstava i njihovih varijanci po faktorskim ravninama

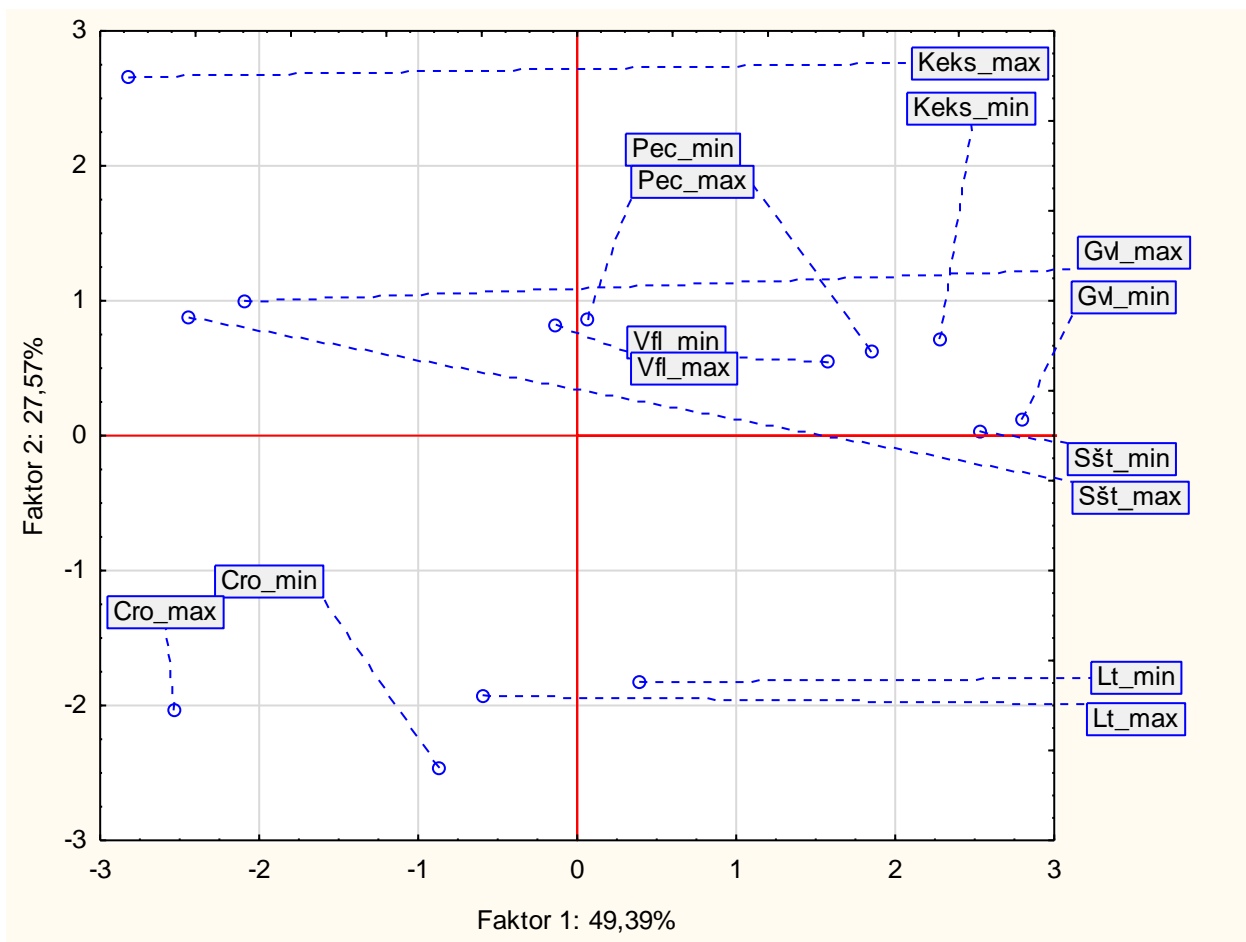
Varijable	Faktor 1	Faktor 2	Faktor 3	Faktor 4
P	-0,681620	0,508278	-0,387520	0,206903
SED	0,512640	0,712384	0,272899	0,240780
WG	-0,867109	0,171255	-0,308302	0,278098
GI	0,923547	0,230948	0,204121	-0,057795
FN	0,140713	0,004045	0,180298	0,839037
WG/P	-0,834190	-0,293081	-0,043549	0,289269
FY	0,349076	0,339664	0,645167	0,274066
WA	-0,260176	0,335676	0,776334	0,306802
DDT	-0,021219	0,957540	0,030227	-0,040261
STAB	0,246254	0,876351	0,030918	-0,006928
R	0,068831	0,978957	0,033456	-0,032220
DS	-0,612813	-0,697173	-0,059412	-0,268640
FQN	0,303318	0,901431	0,115478	0,102589
E	0,826530	0,473797	-0,098311	0,231241
R5MIN	0,938869	0,221621	0,029081	0,2126858
EXT	-0,481288	0,352554	-0,690336	0,165693
RMAX	0,909657	0,323601	-0,011870	0,220610
R/EXT	0,956757	0,071959	0,109554	0,189672
RMAX/EXT	0,946176	0,191507	0,049638	0,210833
Udio objašnjene varijance	0,431850	0,297305	0,101907	0,077966



Slika 6 Grupiranje kultivara u prve dvije faktorske ravnine

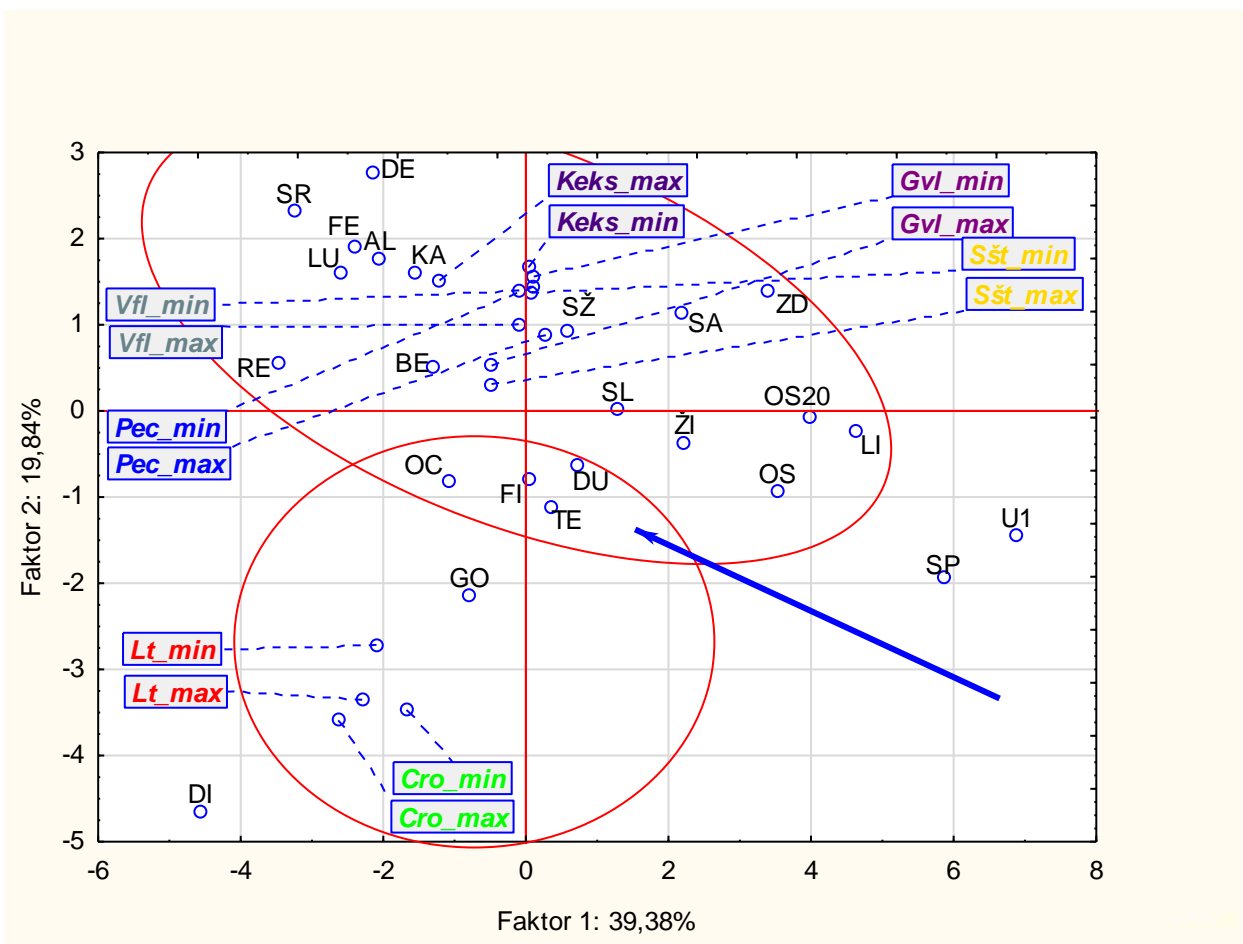
Slika 6 prikazuje grupiranje kultivara u prve dvije faktorske ravnine koje iznose 52,52% i 23,24% te je pomoću te dvije glavne komponente opisano 75,76% ukupne varijance.

Iz **slike 6** vidljivo je da je došlo do grupiranja kultivara koji su međusobno slični po svojim svojstvima.



Slika 7 Prikaz zahtjeva proizvođača u prve dvije faktorske ravnine

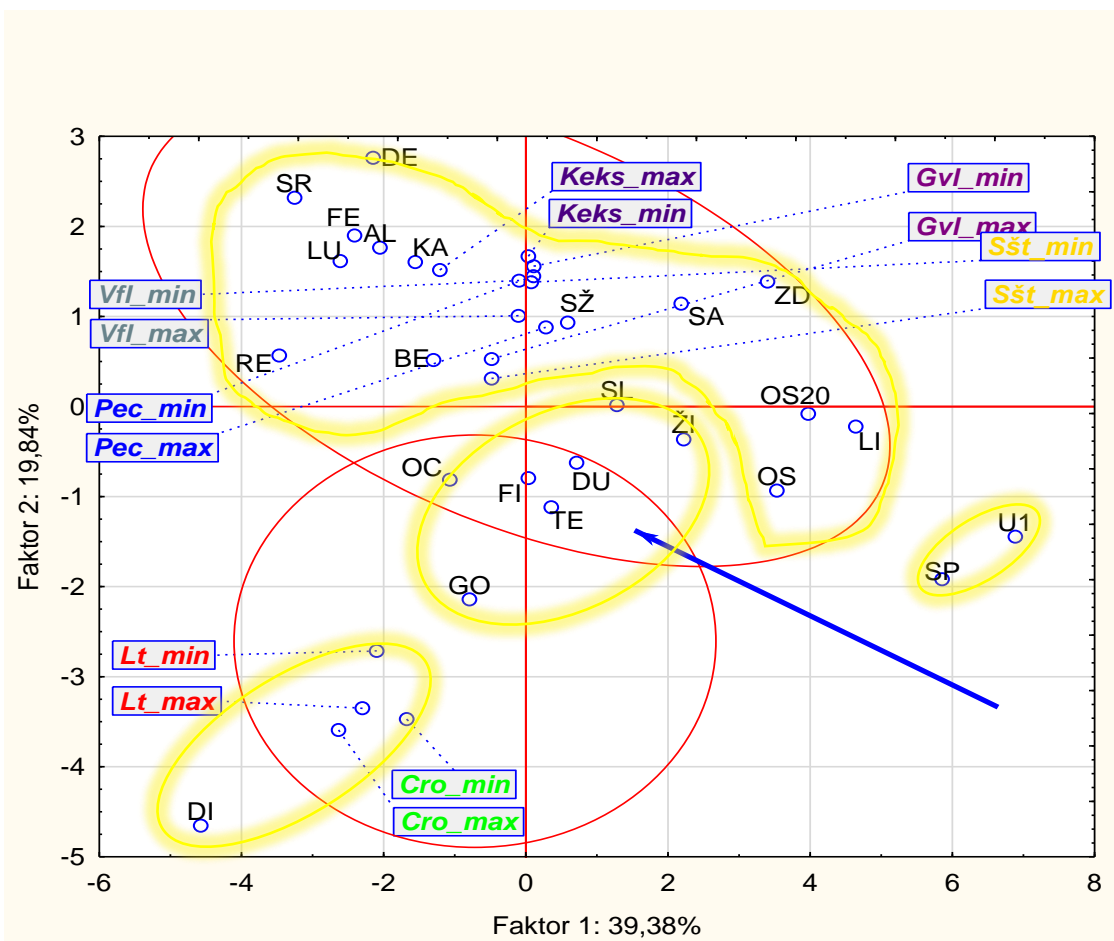
Slika 7 prikazuje grupiranje zahtjeva proizvođača za određene proizvode u prve dvije faktorske ravnine koje iznose 49,39% i 27,57% te je pomoću te dvije glavne komponente opisano 76,96% ukupne varijance.



Slika 8 Zajedničko grupiranje kultivara u prve dvije faktorske ravnine uz zahtjeve proizvođača

Slika 8 prikazuje grupiranje kultivara uz zahtjeve proizvođača u prve dvije faktorske ravnine koje iznose 39,38% i 19,84% te je pomoću te dvije glavne komponente opisano 59,22% ukupne varijance.

Kultivari koji su svojim svojstvima pozicionirani bliže zahtjevima proizvođača za pojedini proizvod (slika 8) imaju veći potencijal za proizvodnju kvalitetnog proizvoda i manju potrebu za dodavanjem aditiva radi poboljšanja ciljanih svojstava.



Slika 9 Grupiranje kultivara u četiri grupe

Kada bismo u prve dvije faktorske ravnine grupirali kultivare u četiri grupe, dobili bismo podjelu sličnu onoj na **slici 3** i na **slici 9**. Brašno Kultivara DI najbolje zadovoljava zahtjeve proizvođača za proizvodnju lisnatog tijesta i *Croissant-a*. Brašna kultivara FI, GO, OC, TE, ŽI, SL i DU zadovoljavaju minimalne zahtjeve gotovo za sve proizvode, dok brašna kultivara SP i U1 nisu podobni za proizvodnju bez dodavanja aditiva ili obogaćivanja brašnom kultivara poboljšivača.

5. RASPRAVA

Iz **tablice 2** vidljivi su zahtjevi proizvođača za određena svojstva brašna. Zahtijevana svojstva brašna proizvođača za određene proizvode ne razlikuju se mnogo osim svojstva stupnja omekšanja koji je u rasponu od 10 do 120 FJ, otpora s rasponom vrijednosti od 200 do 400 EJ, maksimalnog viskoziteta s rasponom vrijednosti od 350 do 750 EJ i energije tijesta sa vrijednostima od 65 do 130 cm².

Iz **tablice 4** vidljivo je koje svojstvo ima najveći koeficijent varijabilnosti (svojstvo stabilnosti), odnosno koja su svojstva najviše varirala tijekom analiziranog razdoblja, a koja su bila stabilna. Kao najstabilnija svojstva se ističu udio proteina, rastezljivost, sposobnost upijanja vode, izbrašnjavanje i omjer vlažnog glutena s udjelom proteina te su ti podaci u skladu s literaturom (Šeremet, 2016).

Slika 1 prikazuje kutijasti dijagram iz kojeg je vidljivo da su poneke vrijednosti odstupale u nekim godinama od srednje vrijednosti kao na primjer: padajući broj, stupanj omekšanja, farinografski broj kakvoće, energija tijesta, maksimalni otpor i otpor kroz pet minuta. Druga su svojstva bila relativno stabilna i nisu značajnije odstupala (stabilnost tijesta, vrijeme razvoja tijesta, sposobnost upijanja vode i otpor) što potvrđuje i literaturni izvor (Tomić, 2017).

U **tablici 5** je provedena deskriptivna statistika na 19 svojstava brašna iz 24 kultivara pšenice. Iz **tablice 5** vidljivo je da je vrijednost gluten indeksa u velikoj negativnoj korelaciji s vrijednošću svojstva vlažnog glutena, također u istom su odnosu i svojstvo sedimentacije sa svojstvom stupnja omekšanja zrna. S druge strane utvrđeno je da visoku pozitivnu korelaciju imaju udio proteina i svojstvo vlažnog glutena što je u skladu s literaturom (Horvat, 2012). Vrijednosti otpora, padajućeg broja, vremena razvoja tijesta i stabilnosti su u niskoj korelaciji s vrijednošću gluten indeksa dok povećanjem vrijednosti energije i sedimentacije dolazi do povećanja vrijednosti gluten indeksa jer je vidljivo da su u visokoj pozitivnoj korelaciji.

Tablica 6 prikazuje da se pomoću 4 svojstvene vrijednosti (4 najznačajnija odnosa među 19 analiziranih varijabli) može objasniti ukupno 90,90% varijance. Od toga, prva varijabla objašnjava više od pola ukupne varijance (52,52%), a prva i druga zajedno više od 75%.

Pomoću **slike 2** objašnjena je klastera analiza. Takvom analizom dobiven je dendrogram iz kojeg se može očitati da su neka svojstva formirana u grupe. Povezivanje određenih svojstava u grupe dovodi do zapažanja da su vrijednosti određenih svojstava povezana pozitivnom korelacijom kao na primjer gluten indeks i vlažni gluten. Formiranje svojstava po grupama nam ne govori nužno da svojstva nisu međusobno zavisna, već samo da su povezana prema rezultatima vrijednosti.

Sa **slike 3** vidljivo je da kultivari FI, GO, OC, TE, ŽI, SL i DU zadovoljavaju tek minimalne vrijednosti traženih svojstava za proizvodnju vafla, peciva, slanah štapića i glatkog vafla (drugi pravokutnik zdesna, na **slici 3**). Zahtjeve za proizvodnju keksa i maksimalne zahtjeve za proizvodnju *Croissant-a* zadovoljava samo kultivar DI (Divana), koja je najkvalitetniji i domaći kultivar pšenice i koristi se kao poboljšivač za ostala pšenična brašna.

Iz **slike 3** i **slike 8** također je vidljivo da kultivari SP i U1 mogu zadovoljiti tražena svojstva za pojedine proizvode tek nakon obogaćivanja kultivarima poboljšivačima ili posebno pripremljenim dodacima brašnu (aditivima).

Analiza glavnih komponenata dovodi do zaključka da i sa smanjenim brojem varijabli možemo opisati većinu varijance u skupu podataka. **Slika 4** predstavlja postotni udio varijance dobiven iz korelacijske matrice iz koje je vidljivo da je potrebno šest različitih svojstava za opisivanje 95,71% varijance. Na više načina se može odrediti koliko je potrebno varijabli za opisivanje $\geq 95\%$ varijance. Jedan od načina je uzimanjem onoliko varijabli koliko je potrebno za objasniti $\geq 95\%$ varijance, u ovom slučaju to je vidljivo iz **tablice 7**. Drugi način je da iščitavanjem iz grafa koji je prikazan na **slici 4**, odnosno određivanjem točke infleksije na krivulji. Točka infleksije predstavlja točku na grafu u kojoj graf mijenja konkavnost u konveksnost ili obratno. U ovom slučaju točka infleksije se nalazi točno na šestoj varijabli te je u skladu s navedenom literaturom (web 4).

Iz **slike 5** vidljivo je da je došlo do zajedničkog grupiranja onih svojstava koja imaju negativnu odnosno pozitivnu korelaciju (farinografski broj kakvoće, sedimentacijska vrijednost, otpor tijesta, stabilnost tijesta i vrijeme razvoja tijesta). Npr. gluten indeks naspram vlažnog glutena djeluje obrnuto proporcionalno, što je u skladu s literaturnim izvorom (Jurković i sur., 2000).

Tablica 8 prikazuje svojstva brašna i varijance po faktorskim ravninama te njihov međusobni odnos. Iz **slike 5** vidljiv je raspored svojstava brašna u dvije faktorske ravnine. Smanjenjem broja varijabli iz početnog seta podataka s 19 na 6 objasni se više od 95% varijance početnoga seta podataka, a to je vidljivo u **tablici 7**.

Slika 8 predstavlja **sliku 6** i **sliku 7** u jednoj slici. Sa **slike 8** je vidljivo koji kultivari odgovaraju kojem tipu proizvoda s obzirom na zahtjeve proizvođača. Cilj je odabrati kultivar koji je po svojstvima najbliži zahtjevima proizvođača zbog što manjeg dodavanja aditiva u brašno.

Usporedbom **slike 7** i **slike 8** vidljivo je kako su rasponi između minimalnih i maksimalnih zahtjeva proizvođača za pojedini proizvod nešto drugačiji na **slici 8**. Razlog je veći broj varijabli uvrštenih u analizu glavnih komponenti. Na **slici 8** u analizu su uključena i svojstva kultivara pa se i izračunate vrijednosti razlikuju.

6. ZAKLJUČCI

Najveći koeficijent varijabilnosti tijekom analiziranog razdoblja imala su svojstva: stabilnost tijesta, otpor tijesta rastezanju i vrijeme razvoja tijesta. Najmanji koeficijent varijabilnosti tijekom analiziranog razdoblja imala su svojstva: sposobnost upijanja vode, izbrašnjavanje i udio proteina.

Prema koeficijentima korelacije izvedeni su zaključci kako razna svojstva utječu jedno na drugo te kako su ona međusobno povezana:

- Obrnuto proporcionalan utjecaj vlažnog glutena na gluten indeks brašna zapažen je u tablici s korelacijskim koeficijentima.
- Analizom je utvrđena negativna korelacija između gluten indeksa i udjela proteina, omjera vlažnog glutena i udjela proteina, stupnja omekšanja i rastezljivost tijesta. Veći udio proteina, omjera vlažnog glutena i udjela proteina, stupnja omekšanja i veći stupanj omekšanja utječu na smanjenje gluten indeksa.
- Također, utvrđena je i pozitivna korelacija između gluten indeks i sedimentacije, izbrašnjavanja, stabilnosti tijesta, farinografskog broja kakvoće, energije tijesta i razvoja tijesta kroz pet minuta.

Metodom analize glavnih komponenti donesen je zaključak da se sa smanjenim brojem varijabli mogu opisati većina varijabli i to sa točnošću $\geq 95\%$. Utvrđeno je da je potrebno šest svojstava za opisivanje 95,70% varijabilnosti analiziranog skupa. Dendogramom klusterske analize utvrđeno je kako se grupiraju svojstva brašna, koja nisu nužno zavisna, već samo ukazuju na jednaki red veličine podataka unutar grupe.

Zajedničkim grupiranjem kultivara i zahtjeva proizvođača u dvije faktorske ravnine doneseni su zaključci. Za proizvodnju lisnatog tijesta i *croissant*-a najbolje odgovaraju brašna kultivara : Golubica, Divana, Ficko i OS Crvenka. Za proizvodnju keksa, vafela, peciva, glatkog vafela i slanah štapića veliki je broj brašna kultivara koji se mogu koristiti za njihovu proizvodnju. Najbolja brašna kultivara za proizvodnju ovih proizvoda bi bili Super Žitarka, Katarina i Bezostaja 1. Brašna kultivara poput Ficka, OS Crvenke, Dubrave i Tena mogu se koristiti za proizvodnju svih navedenih proizvoda uz dodavanje veće količine aditiva, kako bi dobili brašno željenih svojstava, čime smanjujemo ekonomičnost proizvodnje.

7. LITERATURA

- Benšić M, Šuvak N: Primijenjena statistika, Sveučilište J.J. Strossmayera, Odjel za matematiku, Osijek, 2013.
- Dapčević Hadnađev T, Pojić M, Hadnađev M, Torbica A: The role of empirical rheology in flour quality control, Wide Spectra of Quality Control, Dr. Isin Akyar (Ed.). InTech, DOI: 10.5772/24148, 2011. <https://www.intechopen.com/books/wide-spectra-of-quality-control/the-role-of-empirical-rheology-in-flour-quality-control> [3.11.2018].
- Devčić K, Tonković Pražić I, Župan Ž: Klaster analiza: primjena u marketinškim i istraživanjima, Zbornik radova Međimurskog veleučilišta u Čakovcu, 3(1), 15-22, 2011.
- Đaković Lj: Pšenično brašno, Tehnološki fakultet Novi Sad, Novi Sad, 1980.
- Gavrilović M: Tehnologija konditorskih proizvoda, Mlinpek zavod, Novi Sad, 2011.
- Hajek D: Utjecaj promjene testnih parametara na rezultate ispitivanja reološkog profila pšeničnog brašna pomoću Brabenderovog GLUTOPEAK-a, Diplomski rad, Prehrambeno-tehnološki fakultet, Osijek, 2014.
- Horvat D, Drezner G, Dvojković K, Šimić G, Španić V, Magdić, D: Sjemenarstvo, Vol.29 No.1/2 pp.5-13 ref.20, Zagreb, 2012.
- Jurković Z, Sudar R, Drezner G, Horvat D: The HMW glutenin subunit composition of OS wheat cultivars and their relationship with bread-making quality. Cereal Research Communications, 2002.
- Kaluđerski G, Filipović N: Metode ispitivanja kvalitete žita, brašna i gotovih proizvoda, Tehnološki fakultet Novi Sad, Novi Sad, 1998.
- Kljusurić S: Uvod u tehnologiju mljevenja pšenice, Prehrambeno tehnološki fakultet, Metković, 2000.
- Lambaša-Belak Ž, Gaćina N: Tehnologija hrane, Visoka škola za turistički menadžment u Šibeniku, Šibenik, 2005.
- Pecina M: Metode multivarijantne analize - osnove, Interna skripta, Agronomski fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 2006.

Romesburg H C: Cluster Analysis for Researchers, LULU Press, North Carolina, 2004.

Šeremet J: Varijabilnost agronomskih svojstava i pokazatelja pekarske kakvoće kod F₄ potomstva pšenice. Diplomski rad. Agronomski fakultet u Zagrebu, Zagreb, 2016.

Tomić A: Primjena brašna od ekstrudiranog integralnog kukuruza u pekarstvu, Završni rad, Prehrambeno-biotehnološki fakultet, Zagreb, 2017.

Ugarčić-Hardi Ž: Tehnologija proizvodnje i prerade brašna, Mlinarstvo, Interna skripta, Prehrambeno-tehnološki fakultet, Osijek, 1999a.

Ugarčić-Hardi Ž: Tehnologija proizvodnje i prerade brašna, Pekarstvo, Interna skripta. Prehrambeno-tehnološki fakultet, Osijek, 1999b

Ugarčić-Hardi Ž: Tehnologija proizvodnje i prerade brašna, Proizvodnja tjestenine i keksa, Interna skripta, Prehrambeno-tehnološki fakultet, Osijek, 1999c.

Vahčić N, Hruškar M, Marković K: Analitičke metode za određivanje osnovnih sastojaka hrane (interna skripta), Prehrambeno-biotehnološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 2008.

Web1: Autor nepoznat,

[http://bkovacic.weebly.com/uploads/7/4/0/7/7407552/3.1. osnovni pojmovi u de skriptivnoj statistici.pdf](http://bkovacic.weebly.com/uploads/7/4/0/7/7407552/3.1._osnovni_pojmovi_u_de_skrriptivnoj_statistici.pdf) [16.12.2018.]

Web2: Autor nepoznat,

http://matematika.fkit.hr/novo/statistika_i_vjerojatnost/predavanja/1%20-%20Deskriptivna%20statistika.pdf [10.10.2018.]

Web3: Autor nepoznat,

<https://www.displayr.com/what-is-dendrogram/> [16.12.2018.]

Web4: Autor nepoznat, <http://www.matf.bg.ac.rs/p/files/69-pca.html> [25.11.2018.]

Žeželj M: Tehnologija žita i brašna- knjiga II, Beograd, Glas javnosti, 2005.

Žeželj M: Tehnologija žita i brašna, Beograd, Glas javnosti 2005.