

UNIVERZITET U BEOGRADU
POLJOPRIVREDNI FAKULTET

Jovan G. Ilić

UTICAJ RAZLIČITIH KULINARSKIH METODA NA
PARAMETRE ORALNOG PROCESIRANJA
HRANE

doktorska disertacija

Beograd, 2022.

UNIVERSITY OF BELGRADE
FACULTY OF AGRICULTURE

Jovan G. Ilić

INFLUENCE OF DIFFERENT COOKING
METHODS ON FOOD ORAL PROCESSING
PARAMETERS

Doctoral Dissertation

Belgrade, 2022.

MENTOR 1:

dr Ilija Đekić, redovni profesor

Univerzitet u Beogradu

Poljoprivredni fakultet

MENTOR 2:

dr Igor Tomašević, redovni profesor

Univerzitet u Beogradu

Poljoprivredni fakultet

ČLANOVI KOMISIJE:

- 1. dr Nikola Tomić, redovni profesor**
Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet
- 2. dr Vladimir Tomović, redovni profesor**
Univerzitet u Novom Sadu, Tehnološki fakultet
- 3. dr Mirjana Pešić, redovni profesor**
Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet
- 4. dr Slaviša Stajić, vanredni profesor**
Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet
- 5. dr Mirjana Lukić, naučni saradnik**
Institut za higijenu i tehnologiju mesa

Datum odbrane: _____

Zahvalnica

Zahvalan sam svojim mentorima, profesorima Iliji Đekiću i Igoru Tomaševiću na podršci koju su mi pružili u izradi ove disertacije. Osim mentorske podrške mom istraživanju, zahvalan sam im i na lekcijama koje su uticale da se razvijam na karijernom i ličnom planu. Posebnu zahvalnost dugujem prvom mentoru, profesoru Đekiću, jer je prepoznao potencijal mog rada i verovao da taj rad mogu dovesti do kraja. Svojom strpljivošću i verom u proces mog razvoja u toku sedam godina naše saradnje, profesor Ilija me je primerom učio lekcijama o ljudskosti i profesionalizmu.

Veliku zahvalnost dugujem i prijateljima i kolegama koji su učestvovali kao ispitanici u istraživanjima koje obuhvata ova disertacija. Bez njih, rezultati koje smo postigli ne bi bili mogući.

Naposletku, najveću zahvalnost dugujem porodici. Njihovo požrtvovanje i vera prevazilaze mogućnosti da budu iskazani.

Uticaj različitih kulinarskih metoda na parametre oralnog procesiranja hrane

REZIME

Kuvanje u ključaloj vodi, na pari, grilovanje i *sous-vide* su bili primenjeni za pripremu uzoraka mesa domaće i divlje svinje, celera, krompira, tikvica i plavog patlidžana. Ciljevi istraživanja su bili utvrđivanje njihovog uticaja na mehaničke, pojavne, senzorne i karakteristike oralnog procesiranja. Dodatno je konstruisan i model kuće kvaliteta.

U slučaju intenzivnijih tretmana kuvanja mesa došlo je do povećanja parametara instrumentalne teksture tvrdoće i žvakljivosti. Ovo je takođe prouzrokovalo smanjenje crvene boje i povećanje napora mastikacije. Bolusi tvrđeg mesa imali su više malih čestica i veći sadržaj salive. Tvrđe meso je bilo percipirano kao suvo i fibrozno.

U slučaju povrća, intenzivniji tretmani su proizveli suprotan trend – došlo je do omekšavanja i trebalo je manje napora za mastikaciju. Promene bolusa kod povrća su pokazale sličan trend kao i kod mesa, gledajući njihovu veličinu i broj. Inkorporacija salive je ukazala na kompleksnost oralne destrukcije.

Primenjeni model kvaliteta je rezultovao ocenama indeksa lakoće žvakanja. Prema ovome meso je bilo najzahtevnije za mastikaciju, posebno meso kuvano u vodi. Povrće je imalo veće ocene, posebno kuvano u vodi i na pari.

Ključne reči: kuvanje u ključaloj vodi; kuvanje na pari; grilovanje; *sous-vide*; meso; povrće; mastikacija; bolus; dinamički senzorni profil; modelovanje kvaliteta;

Naučna oblast: Tehnološko inženjerstvo

Uža naučna oblast: Upravljanje bezbednošću i kvalitetom hrane

UDK broj: 641.52:612.311(043.3)

Influence of different cooking methods on food oral processing parameters

ABSTRACT

Boiling, Steaming, grilling, and *sous-vide* cooking were used to prepare samples of pork and wild boar meat, celeriac, potato, zucchini, and eggplant. This research aimed to explore cooking influence on mechanical, oral processing, sensory properties, and appearance. Additionally, a house of quality model was constructed.

In the case of more intensive meat cooking, instrumental hardness and chewiness values increased. That also caused a decrease in the red color and increased the mastication effort. The boluses from harder meat had more small particles and incorporated more saliva. Hard meat was seen as dry and fibrous.

In the case of the vegetables, more intensive treatments caused an opposite trend – the softening occurred, and less mastication effort was needed. Changes in the vegetables' boluses showed a similar trend as meat, looking at their number and size. Saliva incorporation indicated the complexity of the in-oral destruction.

A quality model that was applied resulted in ease of mastication index values. According to it, meat was the most demanding for mastication, especially when boiled. The vegetables had higher scores, especially when boiled and steamed.

Key words: boiling; steaming, grilling; *sous-vide*; meat; vegetables; mastication; bolus; dynamic sensory profile; quality modelling;

Scientific field: Technological engineering

Scientific subfield: Food safety and quality management

UDC number: 641.52:612.311(043.3)

SADRŽAJ:

LISTA SKRAĆENICA.....	i
LISTA TABELA.....	iii
LISTA SLIKA.....	v
1. UVOD	1
2. PREGLED LITERATURE	2
2.1. Uticaj kulinarske obrade na karakteristike hrane	2
2.2. Mehanička svojstva hrane i instrumentalna tekstura.....	3
2.3. Boja hrane.....	5
2.4. Oralno procesiranje hrane	6
2.5. Senzorna svojstva hrane	7
2.6. Kvalitet usmeren ka potrebama potrošača.....	8
3. CILJ ISTRAŽIVANJA	9
4. MATERIJAL I METOD RADA.....	10
4.1. Materijal	10
4.2. Kulinarske metode	10
4.2.1. Kulinarska obrada mesa.....	10
4.2.2. Kulinarska obrada povrća	11
4.3. Analiza instrumentalne teksture i mehaničkih svojstava	11
4.3.1. Instrumentalna tekstura mesa.....	11
4.3.2. Mehanička svojstva povrća	12
4.4. Analiza boje	13
4.5. Kalo kulinarske obrade	14
4.6. Oralno procesiranje	14
4.6.1. Mastikacija	14
4.6.2. Broj i veličina čestica bolusa	15
4.6.3. Inkorporacija salive.....	15
4.7. Senzorna analiza	16

4.7.1. Test trougla	16
4.7.2. Stepen dopadljivosti – hedonska skala i „Upravo onako kako odgovara“	16
4.7.3. Trenutno dominantne senzacije	16
4.8. Analiza stavova potrošača o oralnom procesiranju.....	17
4.9. Quality Function Deployment (QFD) kuća kvaliteta i indeks lakoće žvakanja	17
4.10. Statistička analiza.....	19
5. REZULTATI I DISKUSIJA	20
5.1. Meso.....	20
5.1.1. Meso buta domaće svinje.....	20
5.1.2. Meso buta divlje svinje	24
5.2. Povrće.....	31
5.2.1. Celer pripreman u ključaloj vodi, na pari i <i>sous-vide</i>	31
5.2.2. Krompir pripreman u ključaloj vodi, na pari i grilovanjem.....	44
5.2.3. Tikvica i plavi patlidžan pripremljeni u ključaloj vodi i grilovanjem	56
5.2.4. Tikvica i plavi patlidžan pripremljeni kuvanjem na vodenoj pari i <i>sous-vide</i>	68
5.2.5. Uticaj tretmana kulinarskih metoda na karakteristike bolusa povrća	80
5.3. Quality Function Deployment (QFD) model za hranu pripremanu različitim kulinarskim tretmanima	88
5.3.1. Stavovi potrošača o percepcijama oralnog procesiranja hrane	88
5.3.2. Kuća kvaliteta i indeks lakoće žvakanja (EMI) za hranu pripremanu različitim kulinarskim tretmanima	89
5.4. Ocene kvaliteta i dopadljivost proizvoda	96
6. ZAKLJUČCI.....	99
7. LITERATURA.....	100
PRILOZI	112
Prilog 1 – Upitnik kriterijuma za učestvovanje ispitanika u ispitivanju oralnog procesiranja	112
Prilog 2 – Upitnik za razumevanje stavova potrošača o oralnom procesiranju čvrste hrane.....	118
BIOGRAFIJA KANDIDATA	121
Izjava o autorstvu	122

Izjava o istovetnosti štampane i elektronske verzije doktorskog rada	123
Izjava o korišćenju	124

LISTA SKRAĆENICA

a* – udeo crvene boje (Redness)

ANOVA – Statistička metoda analize varijanse

AWj – Apsolutni značaj tehničkog parametra u kući kvaliteta

b* – udeo žute boje (Yellowness)

BI – indeks braon boje (Browning Index)

BMI – Indeks mase tela (Body mass index)

CVS – kompjuterski vizuelni sistem (Computer Vision System)

Ed – Modul deformabilnosti (Deformability modulus)

EGN – Elektrognatografija (Electrognatography)

EMG – Elektromiografija (Electromyography)

EMI – Indeks lakoće mastikacije (Ease of Mastication Index)

G – Grilovanje

GT1 – Grilovanje na nižoj temperaturi

GT2 – Grilovanje na višoj temperaturi

HoQ – Kuća kvaliteta (House of Quality)

ISO – Međunarodna organizacija za standardizaciju (International Organization for Standardization)

K – Kelvin

L* – svetloća (Lightness)

MI – Indeks mastikacije (Mastication Index)

NMR – Nuklearna magnetna rezonanca (Nuclear Magnetic Resonance)

P₀ – Prag verovatnoće

P_s – Prag značajnosti

Q₁₋₅ – Karakteristike kvaliteta u kući kvaliteta

QFD – Metoda planiranja kvaliteta "Quality Function Deployment"

RAW – Relativni značaj tehničkog parametra

RS_{ij} – Nivo korelacije između zahtevanog kvaliteta i tehničkih parametara u kući kvaliteta

RW_i – Relativni značaj karakteristike mastikacije

SV – *Sous-vide*

T1 – Niža temperatura

T2 – Viša temperatura

HSD – Stvarna razlika (Honest difference); Odnosi se na Takijev test stvarne razlike

TDS – Metoda trenutno dominantnih senzacija (Temporal Dominance of Sensations)

TI – Metoda "Time-intensity"

TPA – Metoda analize instrumentalnog profila (Texture Profile Analysis)

V – Kuvanje u ključaloj vodi

W – Instrumentalna žilavost (Toughness)

WI – Indeks bele boje (Whiteness Index)

W_i – Apsolutni značaj karakteristike mastikacije

ΔE – ukupna razlika boje (Total color difference)

ε_R – Stvarna deformacija

σ_R – Stvarno opterećenje

LISTA TABELA

Tabela 1. Klase mehaničkih testova i njihove osobine	4
Tabela 2. Parametri TPA testa i njihove definicije	5
Tabela 3. Odabrane metode izučavanja mastikacije	6
Tabela 4. Uticaj različitih kulinarskih metoda na karakteristike boje mesa buta domaće svinje.....	20
Tabela 5. Uticaj različitih kulinarskih metoda na karakteristike instrumentalne teksture i kalo kulinarske obrade mesa buta domaće svinje	21
Tabela 6. Uticaj različitih kulinarskih metoda na parametre mastikacije mesa buta domaće svinje	22
Tabela 7. Uticaj različitih kulinarskih metoda na karakteristike boje mesa buta divlje svinje	26
Tabela 8. Uticaj različitih kulinarskih metoda na karakteristike instrumentalne teksture i kalo kulinarske obrade mesa buta divlje svinje	27
Tabela 9. Uticaj različitih kulinarskih metoda na parametre mastikacije mesa buta divlje svinje ...	28
Tabela 10. Razlika u boji celera između različitih kulinarskih tretmana	32
Tabela 11. Uticaj različitih kulinarskih tretmana na mehanička svojstva i kalo kulinarske obrade celera	35
Tabela 12. Uticaj različitih kulinarskih metoda na parametre mastikacije celera.....	37
Tabela 13. Spirmanova korelacija za kalo kulinarske obrade, mehaničke karakteristike i parametre mastikacije celera.....	38
Tabela 14. Razlika u boji krompira između različitih kulinarskih tretmana.....	44
Tabela 15. Uticaj različitih kulinarskih tretmana na mehanička svojstva i kalo kulinarske obrade krompira.....	48
Tabela 16. Uticaj različitih kulinarskih metoda na parametre mastikacije krompira	50
Tabela 17. Spirmanova korelacija za kalo kulinarske obrade, mehaničke karakteristike i parametre mastikacije krompira.....	52
Tabela 18. Uticaj kuvanja u ključaloj vodi i grilovanja na karakteristike boje perikapa plavog patližana i tikvica	58
Tabela 19. Uticaj kuvanja u ključaloj vodi i grilovanja na karakteristike boje egzokarpa plavog patližana i tikvica	60
Tabela 20. Uticaj kuvanja u ključaloj vodi i grilovanja na mehanička svojstva plavog patlidžana i tikvica.....	62
Tabela 21. Uticaj kuvanja u ključaloj vodi i grilovanja na parametre mastikacije plavog patlidžana i tikvica.....	64
Tabela 22. Uticaj kuvanja na pari i <i>sous-vide</i> kuvanja na karakteristike boje perikapa plavog patližana i tikvica.....	70

Tabela 23. Uticaj kuvanja na pari i <i>sous-vide</i> kuvanja na karakteristike boje egzokarpa plavog patližana i tikvica	72
Tabela 24. Uticaj kuvanja na pari i <i>sous-vide</i> kuvanja na mehanička svojstva plavog patlidžana i tikvica.....	74
Tabela 25. Uticaj kuvanja na pari i <i>sous-vide</i> kuvanja na parametre mastikacije plavog patlidžana i tikvica.....	76
Tabela 26. Uticaj različitih kulinarskih tretmana na broj čestica bolusa nakon 3 i 7 žvakova i u momentu gutanja.....	81
Tabela 27. Stavovi potrošača o oralnom procesiranju kada konzumiraju hranu dok su gladni i kada konzumiraju hranu u kojoj uživaju	88
Tabela 28. Vrednosti indeksa mastikacije (MI) za proizvode celokupnog istraživanja	91

LISTA SLIKA

Slika 1. Grafički prikaz određivanja parametara napona i deformacije pucanja.....	13
Slika 2. Izgled spoljne površine i preseka uzoraka mesa domaće svinje	21
Slika 3. Raspodela površine čestica bolusa mesa buta domaće svinje	23
Slika 4. Broj čestica bolusa buta domaće svinje ekspektoriranih nakon 15 žvakova i u momentu gutanja.....	23
Slika 5. TDS krive za uzorke mesa buta domaće svinje pripremanih različitim kulinarskim metodama	25
Slika 6. Izgled spoljne površine i preseka uzoraka mesa divlje svinje.....	26
Slika 7. Raspodela površine čestica bolusa mesa buta divlje svinje	29
Slika 8. Broj čestica bolusa buta divlje svinje ekspektoriranih nakon 15 žvakova i u momentu gutanja	29
Slika 9. TDS krive za uzorke mesa buta divlje svinje pripremanih različitim kulinarskim metodama	31
Slika 10. Promene temperature u toku procesa kuvanja celera	32
Slika 11. Izgled spoljašnje površine kuvanog celera i celera na preseku	33
Slika 12. TDS krive za celer pripreman kuvanjem u ključaloj vodi.....	40
Slika 13. TDS krive za celer pripreman kuvanjem na pari.....	41
Slika 14. TDS krive za celer pripreman <i>sous-vide</i> kuvanjem.....	42
Slika 15. Test trougla celera	43
Slika 16. Promene temperature u toku procesa kulinarske obrade krompira	45
Slika 17. Izgled spoljne površine i preseka uzoraka krompira	46
Slika 18. TDS krive za krompir pripreman kuvanjem u ključaloj vodi i na pari	53
Slika 19. TDS krive za krompir pripreman grilovanjem na nižoj i višoj temperaturi.....	54
Slika 20. Test trougla krompira	55
Slika 21. Promene temperature u toku procesa kuvanja u vodi i grilovanja tikvica i plavog patlidžana	57
Slika 22. Izgled preseka perikapa i egzokarpa plavog patlidžana i tikvica nakon kuvanja u ključaloj vodi i grilovanja	61
Slika 23. TDS krive za plavi patlidžan i tikvice kuvane u ključaloj vodi i grilovane	67
Slika 24. Promene temperature u toku procesa kuvanja na pari i <i>sous-vide</i> tikvica i plavog patlidžana	69
Slika 25. Izgled perikapa i egzokarpa plavog patlidžana i tikvica nakon kuvanja na pari i <i>sous-vide</i>	73

Slika 26. TDS krive za plavi patlidžan i tikvice kuvane na pari i <i>sous-vide</i>	79
Slika 27. Distribucija veličine čestica bolusa celera.....	82
Slika 28. Distribucija veličine čestica bolusa krompira	83
Slika 29. Distribucija veličine čestica bolusa plavog patlidžana.....	84
Slika 30. Distribucija veličine čestica bolusa tikvica	85
Slika 31. Inkorporacija salive za boluse povrća	87
Slika 32. Apsolutna i relativna značajnost rangiranih karakteristika oralnog procesiranja.....	89
Slika 33. QFD kuća kvaliteta za modelovanje kvaliteta oralnog procesiranja koja pokazuje odnos matrica zahtevanog kvaliteta (ŠTA) i tehničkih parametara mastikacije (KAKO?).	90
Slika 34. Vrednosti indeksa lakoće žvakanja (EMI) za 17 proizvoda sa najvećim EMI vrednostima	93
Slika 35. Vrednosti indeksa lakoće žvakanja (EMI) za 17 proizvoda sa medijalnim EMI vrednostima	94
Slika 36. Vrednosti indeksa lakoće žvakanja (EMI) za 17 proizvoda sa najmanjim EMI vrednostima	95
Slika 37. Ocene dopadljivosti mesa buta domaće svinje i buta divlje svinje.	97
Slika 38. Ocene dopadljivosti kuvanog povrća	98

1. UVOD

Izučavanje oralnog procesiranja predstavlja relativno novu kategoriju u domenu nauke o hrani. Ova oblast dobija na značaju od novembra 1999. godine, kada je na radionici „Food texture: measurement and perception“ održanoj u Wageningen predstavljen ideja o novom pristupu istraživanju (Chen, 2014). Sudeći po broju naučno-istraživačkih projekata, naučnih publikacija, departmana oformljenih za izučavanje oralnog procesiranja, i sve većeg interesa za praktičnu primenu, može se zaključiti da ova naučna disciplina dobija na popularnosti, a naročito poslednjih godina.

Da bi se odgovorilo na pitanje zbog čega je to tako, potrebno je razumeti šta ova naučna oblast obuhvata, odnosno dati njenu definiciju uključujući objašnjenje naučnog metoda kojim se ovde dolazi do hipoteza, a potom i rezultata i zaključaka.

Istorijski gledano, metode koje su se primenjivale za razumevanje konzumiranja hrane kod čoveka, bile su u domenu drugih nauka. Primeri su primena elektromiografije (Veyrone i Mioche, 2000), metode reologije i tribologije (Stokes, Boehm, i Baier, 2013), piezoelektrični senzorni sistem (Farooq i Sazonov, 2016), i sistem za merenje pritiska jezika (Funami, 2017). Značajan pomak za pojeftinjenje i pojednostavljenje protokola izučavanja oralnog procesiranja je uvođenje analize video snimaka za proučavanje mastikacije¹ (Hennequin, Allison, Veyrone, Faye, i Peyron, 2005; Nicolas, Veyrone, Lassauzay, Peyron, i Hennequin, 2007). Nakon validacije metode video analize mastikacije, ona je nalazila sve veću primenu u studijama oralnog procesiranja hrane (Aguayo-Mendoza i sar., 2019; Forde, Van Kuijk, Thaler, De Graaf, i Martin, 2013). Osim mastikacije, istraživanja su stremila razumeti i promene koje se dešavaju sa hranom u toku mastikacije. Zbog toga su istraživanja oralnog procesiranja uključila i analize bolusa (aglomerisane skupine hrane u ustima). Kao primeri metoda izučavanja bolusa mogu se navesti analiza teksturalnih svojstva, broja i veličine čestica bolusa, i inkorporacije salive (Maud Panouillé, Saint-Eve, & Souchon, 2016; Rizo, Peña, Alarcon-Rojo, Fiszman, & Tárrega, 2019). Autori Jourden i sar. (2016) i Gao, Wong, Lim, Henry, i Zhou (2015) su pokazali da su strukturna svojstva hrane tesno povezana sa teksturom i oralnim procesiranjem. Poznato je da karakteristike teksture utiču na način formiranja bolusa (Witt i Stokes, 2015). Od karakteristika bolusa zavisi senzorna percepcija (M Panouillé, Saint-Eve, Déléris, Le Bleis, i Souchon, 2014). Značaj strukture i oralnog procesiranja je uočen čak i u slučaju ostvarenja sitosti (Hogenkamp i Schiöth, 2013). Takođe, karakteristike hrane osim uticaja na oralno procesiranje imaju efekta i na njenu senzornu percepciju. Senzorni doživljaj hrane je dominantan činilac njenog ukupnog kvaliteta. Sa razvojem oralnog procesiranja, paralelno su se razvijale i senzorne metode za kontinualno praćenje senzacija i profilisanje hrane od prvog zagrižaja do gutanja, pa čak i nakon toga. Primer takve metode je TDS metoda koja daje informacije o dominantnosti senzacija paralelno sa putem promene hrane u toku mastikacije (Koç, Vinyard, Essick, i Foegeding, 2013; Lenfant, Loret, Pineau, Hartmann, i Martin, 2009). Na taj način je omogućen uvid u dinamički profil hrane i analiza postojanja povezanosti između vremena mastikacije i dominantnih senzacija (Pineau i Schilch, 2015; Pineau i sar., 2009).

Različite kulinarske metode imaju višestruki uticaj na hranu koja se priprema. Usled kulinarske obrade hrane dolazi do strukturalnih i teksturalnih promena (García-Segovia, Andrés-Bello, i Martínez-Monzó, 2007). Naučna literatura ukazuje i na uticaj kulinarske obrade hrane na njenu senzornu percepciju i dopadljivost (Berry i Leddy, 1984; Prestat, Jensen, McKeith, i Brewer, 2002). Kulinarska metoda kuvanja u vakuumu (*sous-vide*) poslednjih godina dobija na popularnosti zbog povoljnog uticaja na održivost proizvoda, ukusnost i nutritivnu vrednost (Baldwin, 2012). I ako se na osnovu izloženog može reći da u nauci postoji interesovanje za oralnim procesiranjem i da kulinarska obrada utiče na karakteristike hrane koje determinišu njegove parametre, informacije koje postoje u literaturi su veoma ograničene.

¹ Mastikacija (od lat. reči *masticare* – žvakati) je proces sitnjenja hrane u ustima seckanjem i mlevenjem

2. PREGLED LITERATURE

2.1. Uticaj kulinarske obrade na karakteristike hrane

Uticaj kulinarske obrade hrane je toliki da se može reći kako se dobijeni proizvodi u potpunosti razlikuju od polaznih. Ovo je posledica promena koje nastaju od nivoa makrostrukture pa do nivoa molekula. Primeri su mnogobrojni. U slučaju strukture hrane, razlikuju se uticaji kulinarske obrade od vrste namirnica, odnosno vrste materijala. Ukoliko se pogleda meso kao primer, kulinarska obrada utiče na promene skupljanja mišićnog tkiva kao posledica koagulacije i agregacije proteina, denaturacije (i hidrolize u vlažnoj sredini) kolagena i topljenja adipoznog tkiva (Palka, 1999, 2003). Sa druge strane, kulinarska obrada prouzrokuje degradaciju tkiva povrća, pucanje ćelija, razmenu gasova i tečnosti sa okolinom (Miglio, Chiavaro, Visconti, Fogliano, i Pellegriani, 2008). Hemijske promene su takođe relevantne. One prouzrokuju smanjenje koncentracije nekih hranljivih komponenti ili promenu njihove raspoloživosti i usvojivosti (Gürbüz, Uluişik, Frary, Frary, i Doğanlar, 2018; Lo Scalzo i sar., 2010; Zaro i sar., 2015), što utiče na nutritivni profil hrane. Primer povezanosti hemijskih promena i promena u strukturi kao posledica kulinarske obrade je i želatiniziranje skroba krompira (Singh, Kaur, Ezekiel, i Singh Guraya, 2005). Promene koje se dešavaju u strukturi kao posledica kulinarske obrade neminovno dovode i do promena u mehaničkim karakteristikama hrane, povećanja čvrstoće kod mesa i suprotno kod povrća. Takođe, ove promene utiču na interakciju materijala i svetlosti, odnosno na boju dobijenih proizvoda.

Kuvanje u ključaloj vodi je tradicionalna metoda pripreme hrane zastupljena u domaćinstvima, restoranima i na industrijskom nivou. Sa obzirom na tačku ključanja vode, u ovom slučaju se hrana praktično priprema na temperaturi od približno 100 °C. Temperatura kuvanja u ključaloj vodi osim gorepomenutih promena može dovesti i do degradacije hranljivih nutrijenata i njihove deaktivacije (npr., denaturacija proteina i deaktivacija askorbinske kiseline). Osim toga, primenom ove metode, hrana je u direktnom kontaktu sa vodom visoke temperature koja je za mnoge hidrofilne komponente hrane dobar rastvarač. Time je praktično omogućena migracija nutritivnih komponenata hrane i njihovo rastvaranje u vodi (Araya i sar., 2009).

Alternativa kuvanju u ključaloj vodi je kuvanje na vodenoj pari. I ako je i ova metoda zasnovana na vodi kao i prethodno pomenuta, u ovom slučaju nema direktnog kontakta namirnica sa ključalom vodom. Time je praktično sprečena mogućnost rastvaranja komponenata namirnica i njihove migracije u spoljnu sredinu. Naučna istraživanja pokazuju da kuvanje na pari utiče na bolje očuvanje strukture, teksture i hranljivih komponenata u poređenju sa kuvanjem u ključaloj vodi (Bongoni i sar., 2014). Na osnovu objavljenih radova, može se primetiti i da je povrće bilo najčešće predmet primene metode kuvanja na pari. Suprotno, retki su slučajevi pripreme mesa ovom kulinarskom metodom.

Za pripremu mesa su češće korišćeni intenzivniji kulinarski tretmani poput kuvanja u ključaloj vodi ili grilovanja. Grilovanje je metoda suve termičke obrade, gde je namirnica u direktnom kontaktu sa grejanim pločama visoke temperature. Ova metoda rezultuje formiranjem kompleksnih polimera na površini namirnica, kao posledica Majlardovih reakcija. Osim poželjne karamelizacije, formiranja zlatno žute-boje i poželjne hrskave teksture i arome, ove reakcije mogu prouzrokovati i formiranje kancerogenih policikličnih aromatičnih ugljovodnika (Larsson, Sahlberg, Eriksson, i Busk, 1983). Zbog toga, i drugih povoljnih uticaja na hranu koja se priprema, poslednjih godina *sous-vide* kulinarska metoda dobija na popularnosti, posebno u pripremi mesa.

Sous-vide je tehnika koja u prevodu sa francuskog jezika znači kuvanje u vakuumu. Osim kuvanja u vakuumu, *sous-vide* podrazumeva tačno kontrolisane uslove koji omogućavaju bolju ponovljivost. Ovo je posebno značajno sa aspekta kvaliteta hrane, uzimajući u obzir kompleksnost i varijabilnosti zbog njenog prirodnog porekla. *Sous-vide* je superiorna metoda i za bezbednost hrane jer eliminiše mogućnost naknadne kontaminacije nakon kuvanja. Sa porastom njene popularnosti poslednjih godina, poznate su primene ove metode za kuvanje povrća ali je njen značaj veći u pripremi mesa. Kuvanje namirnica u zatvorenim vakuumiranim vrećama, na temperaturama obično nižim od

konvencionalnog kuvanja, obezbeđuje bolje očuvanje nutrijenata i manje kalo kulinarske obrade. Takođe, mogućnost pripreme mesa na nižim temperaturama duži vremenski period, omogućili su proizvodnju mekšeg i sočnijeg mesa kuvanog u *sous-vide* (Baldwin, 2012).

Poznati su radovi koji ukazuju na povezanost mehaničkih karakteristika poput mekoće, sočnosti mesa i oralnog procesiranja (Mioche, Bourdiol, i Monier, 2003; Mioche, Bourdiol, Monier, i Martin, 2002; Pematilleke, Kaur, Adhikari, i Torley, 2020). Sa obzirom na gorenavedeno, može se postaviti hipoteza i da će različiti kulinarski tretmani ostvariti različite šablone oralnog procesiranja. Ovo je važno jer literaturni navodi upućuju na značaj oralnog procesiranja za senzorni doživljaj hrane (Stokes i sar., 2013). Kako je senzorni kvalitet dominantan za prihvatanje hrane, može se pretpostaviti da će od izbora kulinskog tretmana zavisiti i njena dopadljivost. Međutim, koliko je poznato, pre izvođenja ovog istraživanja nisu postojale informacije u literaturi o sveobuhvatnom uticaju kulinarske obrade na pomenute karakteristike hrane.

2.2. Mehanička svojstva hrane i instrumentalna tekstura

Hrana predstavlja složeni matriks koji je često kompleksni materijal, sastavljen od nekoliko strukturno različitih delova. Pored strukturne složenosti, drugi faktori takođe utiču na tačnost i ponovljivost dobijenih rezultata mehaničkih testiranja. Primeri su različite sorte, poreklo i brojni drugi uslovi koji ostvaruju svoj uticaj. Na primeru mesa, to su *pre-* i *post-mortem* uslovi, kao i ishrana, pol i tretiranje životinja (De Huidobro, Miguel, Blázquez, i Onega, 2005). Kod hrane biljnog porekla odnosno povrća, faktori uzgoja plodova i uslovi nakon njihovog branja su relevantni (Holt i Schoorl, 1982).

Metode za testiranje mehaničkih karakteristika su često klasifikovane u tri kategorije, i to: fundamentalni, empirijski i imitativni testovi. Primeri mehaničkih testova prema ovoj klasifikaciji, parametri koje kvantifikuju i njihove prednosti i nedostaci su prikazani u tabeli 1. Fundamentalni testovi primenjuju mala naprezanja materijala, čime se sprečava lom strukture materijala. U skladu sa time, rezultati ove grupe testova su validni samo u elastičnom regionu napona i deformacije, čime omogućavaju rezultate koji su nezavisni od geometrije i veličine uzoraka (Diehl i Hamann, 1980). U zavisnosti od primenjenog testa (npr., kompresija lii tenzija), jasno definisani parametri poput Jangovog modula (ili modula deformabilnosti kako je preporučeno za hranu), modula stišljivosti i Poasonovog odnosa, mogu biti dobijeni.

Tabela 1. Klase mehaničkih testova i njihove osobine

Klasa testa	Test	Parametri	Prednosti	Nedostaci
Fundamentalni	Nedestruktivna jednociklična kompresija i tenzija	Elastičnost materijala	Rezultati testiranja ne zavise od geometrije i veličine uzorka; mogu se koristiti za modelovanje materijala	Mala naprezanja slabo koreliraju sa oralnim destruktivnim procesima pa je informacija ograničena
	Destruktivna jednociklična kompresija	Napon i naprezanje pri pucanju, žilavost		
Empirijski	Destruktivna tenzija	Napon i naprezanje pri pucanju, žilavost	Lako primenljivi; Dobra korelacija sa senzornim atributima poput tvrdoće i žvakljivosti	Destrukcija uzorka; moguće značajne varijacije
	Test proboja	Kohezivnost materijala		
	Test smicanja	Čvrstoća materijala		
Imitativni	Instrumentalna analiza profila teksture (TPA)	Parametri instrumentalne teksture (elastičnost, lomljivost, tvrdoća, itd.)	Dobija se obimna informacija	Slaba uporedivost rezultata; bez konsenzusa o uslovima testiranja

Empirijski testovi su dizajnirani za praktičnu primenu u industriji hrane i uglavnom se izvode pod velikim deformacijama koje dovode do narušavanja strukture. Obično su jednostavniji za izvođenje od fundamentalnih testova ali njihovi rezultati nisu uvek jasno definisani (Chen, 2014). Uz ove testove se koriste različiti alati za imitiranje kontakta hrane sa prstima, usnama, jezikom ili zubima (Stokes i sar., 2013). Ovi testovi uglavnom rezultiraju dijagramima sile/napona i vremena/deformacije, na osnovu kojih se mogu izračunati i drugi parametri.

Imitativni testovi su razvijeni da bi se dobila informacija o teksturi hrane uz uslove koji imitiraju mastikaciju hrane. Friedman, Whitney, i Szczesniak (1963) su konstruisali imitativni test za analizu teksture koji imitira dva uzastopna zagrižaja sa dve uzastopne kompresije. Kasnije je ova metoda prilagođena i unapređena (Bourne, 1968) i postala je poznata kao test instrumentalne analize profila teksture (TPA). Tabela 2 prikazuje neke parametre koji se dobijaju primenom ove metode i njihove definicije prema Bourne (1968).

Tabela 2. Parametri TPA testa i njihove definicije

Parametar	Definicija
Elastičnost	Deformacija pri kojoj se uzorak može vratiti u prvobitno stanje
Lomljivost	Sila ili napon pri kojoj se dešava prvo pucanje uzorka
Tvrdoća	Maksimalno dostignuta sila ili napon za vreme prvog ciklusa kompresije
Adhezivnost	Rad potreban da se savladaju adhezivne sile između alata i uzorka nakon prve kompresije
Gumavost	Energija potrebna za mastikaciju polu-čvrste hrane
Žvakljivost	Energija potrebna za mastikaciju čvrste hrane

2.3. Boja hrane

Boja hrane je među prvim karakteristikama koju potrošač percipira i na osnovu nje često donosi odluku o prihvatljivosti, odnosno dopadljivosti. Brojne studije ukazuju na značaj boje proizvoda. Ona ima poseban značaj u slučaju mesa (Cornforth, 1994), gde se doživljava i kao determinanta bezbednosti (svežine) i senzornog kvaliteta. Boja i doživljaj ostalih senzornih atributa takođe mogu biti povezani (Garber, Hyatt, i Starr, 2000). Ona je relevantna i za doživljaj povrća. Boja se često povezuje sa nutritivnom vrednošću hrane biljnog porekla (Ramjan i Ansari, 2018), što je opravdano sa obzirom na boju nekih nutritivno važnih komponenata (npr., flavonoida i antocijana) koji utiču na formiranje boje povrća.

Potrošač percipira boju preko čula vida i centralnog nervnog sistema koji obrađuje informaciju. U fizičkom smislu, boja predstavlja svetlost određene talasne dužine koju je ljudsko oko u mogućnosti percipirati. Opseg talasnih dužina boje vidljive za čoveka se kreće u rasponu od 390 (odgovara ljubičastoj) do 750 nm (odgovara crvenoj boji). Za doživljaj boje su odgovorne i karakteristike materijala, odnosno njegova reflektivnost, propusnost i apsorbivnost svetlosti. Boja se doživljava na osnovu reflektovanog dela spektra svetlosti (Wyszecki i Stiles, 1982). Ona se generalno može opisati uz pomoć tri parametra, i to: ton (boja u užem smislu, npr., crvena, narandžasta, žuta, itd.), zasićenje ili intenzitet (stepen čistoće) i svetloća (od crne do bele). Na osnovu ova tri parametra su definisani trodimenzionalni matematički modeli za opisivanje boje. Wu i Sun (2013) su ove modele klasifikovali u tri kategorije: modeli zasnovani na kompjuterskoj (hardverskoj) percepciji boje, modeli zasnovani na ljudskoj percepciji i instrumentalni prostori boje.

Postoji više metoda za merenje boje. Ona može biti subjektivna, izvođena od strane ekspertskog panela, poređenjem sa referentnim standardom (Tomasevic, Djekic, Font-i-Furnols, Terjung, i Lorenzo, 2021). Boja se takođe može meriti objektivno, instrumentalnim metodama primenom kolorimetra, spektrofotometra ili kompjuterskog sistema. Sa obzirom na prethodno pomenute uticaje kulinarske obrade na strukturalna i fizičko-hemijska svojstva, od interesa je uključiti analizu boje u ovom istraživanju. U literaturi se analiza boje kao posledica kulinarske obrade sreće u okviru širih istraživanja (G.-D. Kim i sar., 2010; Zhang i Chen, 2006).

2.4. Oralno procesiranje hrane

Oralno procesiranje obuhvata sve aktivnosti manipulacije hrane u usnoj duplji od prvog zagrižaja do gutanja (Chen, 2009). Za razumevanje oralnog procesiranja, važni su brojni individualni faktori poput godina, pola i rase (Ketel i sar., 2019). Takođe, na rezultate oralnog procesiranja utiču i oblik i veličina zalogaja i prisustvo dodataka, tj. priloga (van Eck, Fogliano, Galindo-Cuspinera, Scholten, i Stieger, 2019; Van Eck, Wijne, Fogliano, Stieger, i Scholten, 2019). Stokes i sar. (2013) su predložili faze oralnog procesiranja gde se kao posebni segmenti izdvajaju prvih nekoliko žvakova, dalje žvakanje i sitnjene, lubrikacija² i mešanje sa salivom, transport u ustima i formiranje kohezivnog bolusa, i konačno gutanje. Ovo je važno jer je primećeno da je senzorna percepcija hrane dinamična, odnosno da ni atributi niti njihovi intenziteti nisu konstantni u vremenu.

U pionirskim istraživanjima iz oblasti oralnog procesiranja korišćeni su modeli hrane kao što su gelovi, hleb, biskviti i sirevi da bi se dobili konzistentni podaci (Funami, 2017; Wang i Chen, 2017). Kako je pomenuto, hrana poput mesa ili povrća predstavlja kompleksniji materijal od pomenutih. Za razliku od navedenih primera modela hrane koji su uglavnom jednodimenzionalni sistemi u pogledu strukture, meso i povrće imaju nekoliko posebnih entiteta. Ovi se ponašaju drugačije i u toku pripreme (kulinarske obrade) i u toku mastikacije (oralne destrukcije), što dalje komplikuje stvari u razumevanju oralnog procesiranja. Zbog kompleksnosti, razvijeno je više metoda za izučavanje mastikacije koje su predstavljene u tabeli 3. Aktivnosti vilice koje dovode do sitnjenja hrane nisu jedine važne za razumevanje oralnog procesiranja. Njihova aktivnost dovodi do oralnog sitnjenja hrane, mešanja sa pljuvačkom i formiranja bolusa. Pokazalo se da su karakteristike bolusa relevantne za razumevanje dinamičke senzorne percepcije (Rizo i sar., 2019). Trodimenzionalni model koji prikazuje povezanost strukture, lubrikacije i vremena mastikacije je ranije prikazan u literaturi (Hutchings i Lillford, 1988; Lucas, Prinz, Agrawal, i Bruce, 2002; Shama i Sherman, 1973). Autori Maud Panouillé i sar. (2016) su priredili pregled instrumentalnih metoda za analizu bolusa.

Tabela 3. Odabrane metode izučavanja mastikacije

Faza oralnog procesiranja	Metoda	Parametri	Prednosti	Nedostaci
Prvi zagrižaj	Merenje sile zagrižaja	<i>In-vivo</i> sila zagrižaja	Kvantifikacija tvrdoće kao sile zagrižaja <i>In-vivo</i>	Instrument može uticati na normalno (prirodno) žvakanje

*Nastavak na sledećoj strani

² Lubrikacija (od engl. reči *lubrication* – podmazivanje) je aktivnost koja utiče na smanjenje trenja, tj. frikcije

Mastikacija	Elektromiografija (EMG)	Parametri mastikacije (broj žvakova, vreme izloženosti, broj gutljaja, rad, brzina žvakanja)	Dobija se veliki broj parametara; zlatni standard za izučavanje mastikacije	Elektrode mogu uticati na normalno (prirodno) žvakanje; visoka cena
	Elektrognatografija (EGN)	Brzina vilice i kretanje u tri pravca	Moguća 3D vizuelizacija kretanja vilice	Izvođenje metode utiče na normalno (prirodno) žvakanje
	Analiza video snimaka	Broj žvakova, vreme izloženosti, broj gutljaja, brzina žvakanja, trajanje ciklusa	Jeftina metoda, nema uticaja na normalno (prirodno) žvakanje	Može zahtevati kompleksnu obradu podataka koja je dugotrajna
	Videofluorografija	Kretanje vilice, ciklus žvakanja, pokreti jezika	Moguća vizuelizacija kretanja jezika i formiranja bolusa	Egzekucija metode utiče na normalno (prirodno) žvakanje

2.5. Senzorna svojstva hrane

Senzorna svojstva hrane su nesumnjivo među dominantnim karakteristikama kvaliteta. Senzorna percepcija od prvog pogleda, preko konzumacije pa i nakon nje, determiniše prihvatljivost, odnosno dopadljivost hrane.

Šest ljudskih čula (čulo vida, sluha, dodira, ukusa, mirisa i kinestetsko čulo) participiraju u percepciji senzornih nadražaja. Široki set metoda senzorne analize je razvijen da bi se odgovorilo na pitanja: da li postoje razlike između posmatranih uzoraka (diskriminatorni testovi), koji su senzorni atributi relevantni i kakav je njihov intenzitet (deskriptivna analiza), i da li se ispitivani proizvod dopada potrošačima (Civille, Carr, i Meilgaard, 2015). Odgovarajuća selekcija metode odnosno svrsishodnost metode za specifičnu primenu je zavisna ne samo od pitanja koje se postavlja već i drugih činilaca. Među tim činilcima su priroda proizvoda koji se ispituje, raspoloživ broj ocenjivača, raspoloživost drugih resursa, kvalitet informacije koji se zahteva.

Novija metoda koja potiče s početka dvehiljaditih godina, nazvana „Temporal Dominance of Sensations“ ili akronimski TDS, ponudila je novu kategoriju informacije koje se može dobiti njenom primenom. Ta informacija je zapravo dinamički senzorni profil za ocenjivani proizvod. Pronalazači ove metode (Pineau i Schilch, 2015) su zamislili ovu tehniku kao koncept sviranja na klaviru. U ovom konceptu se podrazumeva da je ocenjivač u ulozi pijaniste. U toku testiranja uzorka on percipira sijaset različitih nadražaja koji nisu isti ni po vremenu njihove pojave niti po intenzitetu. U skladu sa time, ocenjivači bi trebali u realnom vremenu testiranja uzoraka izabrati više atributa koje percipiraju,

kao i njihove intenzitete. Protokol ovakvog testiranja, međutim, bio bi i suviše komplikovan za izvođenje. Zbog toga su Pineau i Schilch (2015) uprostiti ovaj koncept i sveli ga na izbor senzacije koja je u trenutku konzumacije dominantna. Koncept dominantnosti senzacije je objašnjen od strane Watanabe i sar. (2019) na jednostavan način. Oni su dali definiciju dominantnosti kao „senzacija koja privlači najviše pažnje u datom trenutku i koja ne mora biti najintenzivnija“.

Kao preteča TDS metode može se videti metoda „Time-intensity“ (TI). Ova metoda datira još iz druge polovine 20. veka. Njen princip se zasniva na kontinualnom ocenjivanju intenziteta jedne (eventualno dve) senzacije. TDS je superiornija metoda u tom smislu što pruža mogućnost ocenjivanja do osam senzacija – simultano (Pineau i sar., 2012, 2009). Ova metoda (TDS) je posebno interesantna sa aspekta paralelnog posmatranja oralnog procesiranja (Stokes i sar., 2013). Kombinacija primene metoda za izučavanje mastikacije, unutar-oralnih promena hrane i TDS metode, daje kompletniju informaciju. Ona omogućava bolji uvid i razumevanje povezanosti karakteristika hrane, njene konzumacije i percepcije. Zbog toga je TDS metoda i uvrštena u senzornom delu ovog istraživanja.

Osim nje, relevantne su bile i metode diskriminacije (test trougla) i ocenjivanje kvaliteta odnosno prihvatljivosti proizvoda dobijenih kombinacijama namirnica*kulinarski tretman. One su upotpunile rezultate istraživanja dajući odgovore na pitanja da li postoje osetne razlike između poređenih tretmana i da li su dobijeni proizvodi dopadljivi.

2.6. Kvalitet usmeren ka potrebama potrošača

Quality Function Deployment (QFD) je relativno nova i neeksploatisana metoda u domenu nauke o hrani ili prehrambene industrije. Njen istorijat počinje u drugoj polovini 20. veka, u Japanu. U to vreme, QFD je primenjivan za razvoj ili unapređenje proizvoda teške metalske industrije. Kanije je primena metode postala šira i u drugim oblastima (Paiva i Pinto, 2012).

QFD predstavlja adaptaciju nekih alata iz totalnog upravljanja kvalitetom. To je metod za planiranje i razvoj proizvoda koji omogućava prepoznavanje (kvalitativno i kvantitativno) zahteva potrošača. Njegova funkcija je identifikacija značaja pojedinih zahteva i dalje prevođenje u karakteristike proizvoda i procesa sa ciljem zadovoljenja potreba (Benner, Linnemann, Jongen, i Folstar, 2003). Iako postoji diskusija o svrsishodnosti primene ove metode za prehrambene proizvode (Cardoso, Casarotto Filho, i Cauchick Miguel, 2015), ona je ipak viđena na mnogim primerima. Između ostalog, tu su organski žele (Cardoso i sar., 2015), pečurke (Djekic i sar., 2017) i meso (Park, Ham, i Lee, 2012). Iako je poznato više modifikacija metode (Benner i sar., 2003; Chan i Wu, 2002; Costa, Dekker, i Jongen, 2000), u svim slučajevima je zadržana osnovna ideja QFD-a, prepoznavanje i prevođenje zahteva potrošača u karakteristike proizvoda. U tu svrhu se primenjuje model nazvan „kuća kvaliteta“ (House of Quality – HoQ). Ovaj model se sastoji iz nekoliko matrica (delova), u zavisnosti od njegove specifičnosti. Obavezni delovi su ulazi u kuću kvaliteta, a to su matrice zahteva potrošača (obično se naziva ŠTA?) i matrica tehničkih parametara (uobičajeno nazvana KAKO?). Ove dve matrice povezuje matrica njihovog odnosa, odnosno korelacije. Uobičajen je pristup da se za dovođenje u vezu zahteva potrošača i tehničkih parametara koriste simboli različite značajnosti, odnosno različite jačine korelacije. U tu svrhu se najčešće koriste simboli koji označavaju veoma jaku, jaku i slabu korelaciju.

Prva faza u razvoju modela kuće kvaliteta je prepoznavanje zahteva potrošača (kvalitativni deo) i izvođenje istraživanja da bi se utvrdila značajnost definisanih zahteva (kvantitativni deo). Postoji nekoliko načina za realizaciju ovoga, a šira objašnjenja su data u literaturi (Đekic, 2010). Kao rezultat ove faze se dobijaju relativni udeli u ukupnom značaju zahteva potrošača, za svaku definisanu izjavu. Na osnovu korelacije izjava zahteva potrošača i matrice KAKO?, moguće je utvrditi relativni značaj definisanih tehničkih parametara. Koliko je poznato, u vreme pisanja ove disertacije postoji veoma ograničen broj radova (dva) koji pokazuju primenu QFD-a za povezivanje zahteva za kvalitetom mastikacije i parametre oralnog procesiranja (J. G. Ilić, Tomašević, i Đekic, 2019; Ilic, Tomasevic, i Djekic, 2021).

3. CILJ ISTRAŽIVANJA

Kao što je prethodno pomenuto, na osnovu pregleda literature može se zaključiti da kulinarska obrada utiče na svojstva hrane koja su u vezi sa oranim procesiranjem. Međutim, u periodu planiranja i izvođenja istraživanja koje obuhvata ova doktorska teza nije bilo publikacija koje to i kvantitativno dokazuju.

Osnovna ideja od koje polazi ovo istraživanje je da ispita uticaj različitih kulinarskih metoda na parametre oralnog procesiranja hrane, što je i prvi cilj koji je definisan obimom istraživanja. Ostali ciljevi definisani za ovo istraživanje bili su:

- Da se ispita postojanje razlika u parametrima oralnog procesiranja između strukturalno sličnih namirnica.
- Da se konstruišu QFD kuće kvaliteta za ocenu kvaliteta hrane obrađene različitim kulinarskim metodama.

Da bi se dobila što potpunija slika, istraživanje obuhvata šest namirnica koje su klasifikovane u tri bloka na osnovu njihove makro strukture i četiri različite kulinarske metode. Hipoteze ovog istraživanja bile su:

- Različite kulinarske metode utiču na parametre oralnog procesiranja.
- Teksturalna svojstva kulinarski obrađene hrane utiču na parametre oralnog procesiranja i postoji veza između parametara instrumentalne analize teksture kulinarski obrađene hrane i parametara oralnog procesiranja.
- Moguće je porediti parametre oralnog procesiranja različite vrste hrane koja se ne razlikuje po nivou metode kulinarske obrade.
- Moguće je porediti parametre oralnog procesiranja iste vrste hrane koja se razlikuje po nivou faktora kulinarske obrade.
- Kulinarske metode imaju uticaj na pojavu različitih dominantnih senzacija.
- Kulinarske metode obrade hrane imaju različiti nivo kvaliteta posmatrano kroz prizmu QFD metode, uzimajući u obzir parametre oralnog procesiranja.

4. MATERIJAL I METOD RADA

4.1. Materijal

Ovo istraživanje obuhvata tri bloka sa po dva elementa strukturalno sličnih namirnica, i to:

1. blok: meso buta divlje svinje i meso buta domaće svinje
2. blok: krompir i celer
3. blok: tikvica i plavi patlidžan.

Meso buta divlje i domaće svinje bilo je komercijalno nabavljeno. Za potrebe eksperimenta nabavljeno je približno 80 kg mesa. Meso divljači je kupljeno u zamrznutom stanju, pakovano u vakuum kese mase između 1,5 i 2 kg koje su sadržale jedan ili dva komada mesa. Meso buta domaće svinje je nabavljeno u obliku celih butova koji su kasnije konfekcionisani na odreske, vakuumirani i zamrznuti. Za obe vrste mesa, u eksperimentu su korišćeni uniformni odresci mase približno 250 g.

Sveže povrće je takođe bilo komercijalno nabavljeno, neposredno pre početka istraživanja. Celer (393.80 ± 112.05 g; $n = 53$) je nakon kupovine držan na sobnoj temperaturi maksimalno do dva dana, kao i krompir (165 ± 78 g; $n = 100$). Tikvice i plavi patlidžan slične veličine (278.23 ± 49.99 g, $n = 50$ za plavi patlidžan, 226.56 ± 32.27 g, $n = 50$ za tikvice) su čuvane u frižideru nakon kupovine, maksimalno tri dana.

Potrebne količine odrezaka su bile odmrznute jedan dan pre analiza, na $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ u frižideru. Pre kulinarske pripreme, meso je kondicionirano pola sata na sobnoj temperaturi. Pre kulinarske obrade, celer je oljušten i isečen na cilindre debljine 20 mm, upravno na uzdužnu osu ploda. Na sličan način, beli krompir je pre pripreme opran, oljušten i isečen na cilindre debljine 20 mm, kao i celer. U kratkom periodu (do 5 minuta) nakon sečenja a pre kulinarske obrade, krompir je bio uronjen u ledenu vodu kako bi se sprečilo njegovo potamnjjenje. Tikvice i patlidžan su oprani i isečeni na cilindre debljine 20 mm, upravno na uzdužnu osu plodova.

4.2. Kulinarske metode

U ovom istraživanju, primenjivane su sledeće kulinarske metode: kuvanje u ključaloj vodi, kuvanje na pari, grilovanje i *sous-vide* kuvanje. Kuvanje na pari je izvođeno primenom aparata Tefal®, model: VC1006. Za grilovanje je korišćen aparat Tefal® OptiGrill+, a za *sous-vide* kuvanje uređaj Gorenje, model: SVI6B. Za kontrolu temperatura su korišćeni digitalni termometri Trotec (GmbH – Model BT20, Germany) i TFA (Dostmann GmbH, Germany) za kontrolu *sous-vide* kuvanja.

4.2.1. Kulinarska obrada mesa

Meso buta domaće i divlje svinje je kuvano u ključaloj vodi, primenom *sous-vide* ili je bilo grilovano. Za kuvanje u ključaloj vodi, odresci su bili smešteni u perforirane vakuum kese. One su bile okačene na rešetku i uronjene u ključalu vodu u trajanju od 45 minuta. Trajanje kuvanja u ključaloj vodi je definisano na osnovu rada autora Jeong, Hyeonbin, Shin, i Kim (2018). Meso je bilo grilovano do trenutka dostizanja $72\text{ }^{\circ}\text{C}$ u centru odreska. Temperatura je u ovom slučaju bila kontrolisana digitalnim termometrom. Parametri grilovanja su bili izabrani na osnovu rada autora Ngapo, Riendeau, Laberge, Leblanc, i Fortin (2012).

Korišćenjem mašine MVS 35× (Minipack-Torre SpA, Dalmine, Italy), odresci su bili vakuumirani u plastičnim vrećama (PA/PE/PE) veličine 200×300 mm i debljine $85\text{ }\mu\text{m}$ sa transmisijom gasova od 60 ml O_2 , 12 ml N_2 , 180 ml $\text{CO}_2/\text{m}^2/24\text{ h}/1\text{atm}$. Vakuum-pakovani odresci su zatim bili uronjeni u *sous-vide* sud gde je temperatura vode već bila dovedena na $62\text{ }^{\circ}\text{C}$. Odresci su zatim kuvani 45 minuta nakon što je temperatura u njihovom centru dostigla $61\text{ }^{\circ}\text{C}$. Parametri *sous-vide* kuvanja su izabrani na osnovu rada autora Jeong, Hyeonbin, Shin, i Kim (2018). Temperatura u centru odrezaka za vreme *sous-vide* kuvanja je merena digitalnim termometrom. Uzorci su čuvani jedan dan do ispitivanja u frižideru na $4\text{ }^{\circ}\text{C}$.

4.2.2. Kulinarska obrada povrća

Za svaku vrstu povrća i svaku kulinarsku metodu koja se je primenjivala, koristila su se tri vremena pripreme, i to 15, 30 i 45 minuta (dalje u tekstu 15', 30' i 45').

Za kulinarsku obradu celera su korišćene metode kuvanja u ključaloj vodi, kuvanja na pari i *sous-vide* kuvanja. Za kuvanje u ključaloj vodi, uzorci celera su pakovani u perforirane vakuum vreće koje su kačene na rešetku i uronjene u ključalu vodu. Za kuvanje na pari, celer je bio smešten na pod uređaja, sa odgovarajućim razmakom između uzoraka. Nakon što je vakuumiran u vakuum vreće, celer je bio uronjen u *sous-vide* aparat koji je bio podešen na 90 °C i prekriven tegovima kako bi se sprečilo plutanje uzoraka. Nakon kuvanja za predodređeno vreme, celer je hlađen rapidno u ledenom kupatilu. Zatim su uzorci dobijeni kuvanjem u ključaloj vodi i na pari pakovani u vakuum vreće koje su bile zavarene ali ne i vakuumirane. Uzorci su čuvani jedan dan do ispitivanja u frižideru na 4 °C.

Krompir je kuvan u ključaloj vodi, na pari i grilovan je na nižoj i višoj temperaturi (aproksimativno 125 i 200 °C). Procedure kuvanja u ključaloj vodi i na pari su izvođene na isti način kao i u slučaju celera. Krompir je takođe kao i celer rapidno ohlađen nakon kuvanja, zapakovan i čuvan jedan dan u frižideru pre izvođenja analiza.

Tikvice i plavi patlidžan su bili kuvani u ključaloj vodi, na pari, sa *sous-vide* i grilovani. Identični postupci kuvanja u vodi, na pari i *sous-vide* su primenjeni kao i u slučaju celera i krompira. Ove dve vrste povrća su pripremane grilovanjem samo na nižoj temperaturi. Kao i ostale vrste povrća, i ove dve su rapidno ohlađene i čuvane na 4 °C jedan dan pre analiza.

4.3. Analiza instrumentalne teksture i mehaničkih svojstava

Meso je kompleksni kompozitni i anizotropni materijal. Radi boljeg razumevanja mehaničkih osobina mesa i postavljanja daljih testova, vršena su ispitivanja tenzionih karakteristika mesa za različite brzine razvlačenja i položaje uzoraka (Ilic i sar., 2019). Instrumentalna tekstura uzoraka mesa buta domaće i divlje svinje je analizirana primenom TPA (Texture Profile Analysis) testa. Takođe, sila smicanja za uzorke mesa je merena primenom Warner-Bratzler sečiva.

Mehanička svojstva uzoraka povrća su analizirana primenom testova jednociklične monotone kompresije i smicanja.

4.3.1. Instrumentalna tekstura mesa

Za svaki od dva testa analize instrumentalne teksture (TPA i smicanje) mesa buta domaće i divlje svinje, korišćeno je tri (u slučaju mesa domaće svinje) odnosno pet (u slučaju mesa divlje svinje) odrezaka. Iz svakog odreska je primenom hirurškog skalpela isečeno po osam kubičnih uzoraka dimenzija 20 × 15 × 15 mm. Sečenje uzoraka je izvođeno sa oštrim sečivom i sa pažnjom, tako da se dobiju uniformni uzorci (Honikel, 1998). Time je za meso buta domaće svinje analizirano po 24 uzorka za svaki od dva testa, odnosno 40 uzoraka u slučaju mesa buta divlje svinje. Dobijeni uzorci imali su paralelni pravac prostiranja mišićnih vlakana uzduž stranice uzorka dužine 20 mm. Instrumentalna analiza teksture mesa je izvođena na aparatu TA.XT plus Texture Analyzer, Stable Micro Systems sa ćelijom opterećenja od 50 kg.

Primenom TPA testa, uzorci su kompresovani 50% od njihove inicijalne visine, paralelno sa pravcem prostiranja mišićnih vlakana. Parametri testa su bili postavljeni na sledeći način. Brzina sonde pre početka kompresije: 180 mm/min, brzina probe za vreme kompresije uzorka: 60 mm/min, brzina nakon kompresije: 180 mm/min, proba: P25 (prečnika 25 mm), oblik uzorka: pravougaoni, vreme zadržavanja između dva ciklusa kompresije: 10 s.

Za smicanje uzoraka je korišćeno HDP/WBV sečivo koje je presecalo uzorke normalno na pravac prostiranja mišićnih vlakana. Parametri testa smicanja su bili postavljeni na sledeći način. Brzina probe pre početka kompresije: 1,5 mm/s, brzina probe za vreme testa: 1 mm/s, brzina nakon smicanja uzorka: 10 mm/s, pređeni put sonde nakon detekcije otpora: 16mm.

4.3.2. Mehanička svojstva povrća

Iz kuvanog povrća, kubični uzorci dimenzija bazisa 20×20 mm su isecani hirurškim sečivom. Treća dimenzija je iznosila približno 20 milimetara ali je zavisila od visine cilindra povrća, koja je bila pod uticajem kulinarske obrade. Pre početka mehaničkih testova sve tri dimenzije kubičnih uzoraka su bile izmerene konusnim pomičnim merilom preciznosti $\pm 0,1$ mm. Ove dimenzije su za svaki od testiranih uzoraka upisivane u softver analizatora teksture i kasnije korišćene u proračunu mehaničkih svojstava. Korisno je pomenuti da su posmatrana mehanička svojstva nezavisna od dimenzija uzoraka. Za izvođenje testova jednociklične monotone kompresije i smicanja korišćeni su analizatori teksture CT3 Texture Analyzer sa ćelijom opterećenja od 10 kg i TA.XT plus Texture Analyzer, Stable Micro Systems sa ćelijom opterećenja od 50 kg. U slučaju celera, tikvica i plavog patlidžana, analizirano je po 15 uzoraka za svaki od dva testa i za svaku od kombinacija povrće*kulinarski tretman. U slučaju krompira, taj broj je bio 20. Testovi su izvođeni na 20 °C, pritisku od jedne atmosfere, relativnoj vlažnosti vazduha od 50% i sa brzinom sonde u toku izvođenja deformacije od 1 mm/s.

Kubični uzorci povrća su u testu jednociklične monotone kompresije bili pritisnuti do 70% od njihove inicijalne visine. Za to je korišćen cilindrični alat TA25/1000 prečnika 50,8 mm i mase 23 g. Nakon testiranja, analizator teksture CT3 je generisao Excel fajl sa kolonama koje sadrže izmerene vrednosti pomeraja i sile. Na osnovu toga izračunati su sledeći mehanički parametri, prema objašnjenju autora Nieto, Vicente, Hodara, Castro, i Alzamora (2013):

Jednačina 1. Proračun stvarnog opterećenja

$$\sigma_R = F(t) \cdot [H_0 - H(t)] / A_0 \cdot H_0$$

Gde su: σ_R stvarno opterećenje; $F(t)$ je sila u trenutku t ; H_0 i $H(t)$ su visina uzoraka za vreme kompresije u trenucima 0 (na početku) i t , respektivno; A_0 je inicijalna površina uzoraka;

Jednačina 2. Proračun stvarne deformacije

$$\varepsilon_R = \ln[H_0 / H_0 - \Delta H]$$

Gde su: ε_R stvarna deformacija; ΔH razlika originalne dužine u smeru delovanja sile.

Jednačina 3. Proračun modula deformabilnosti

$$E_d = \sigma_R / \varepsilon_R$$

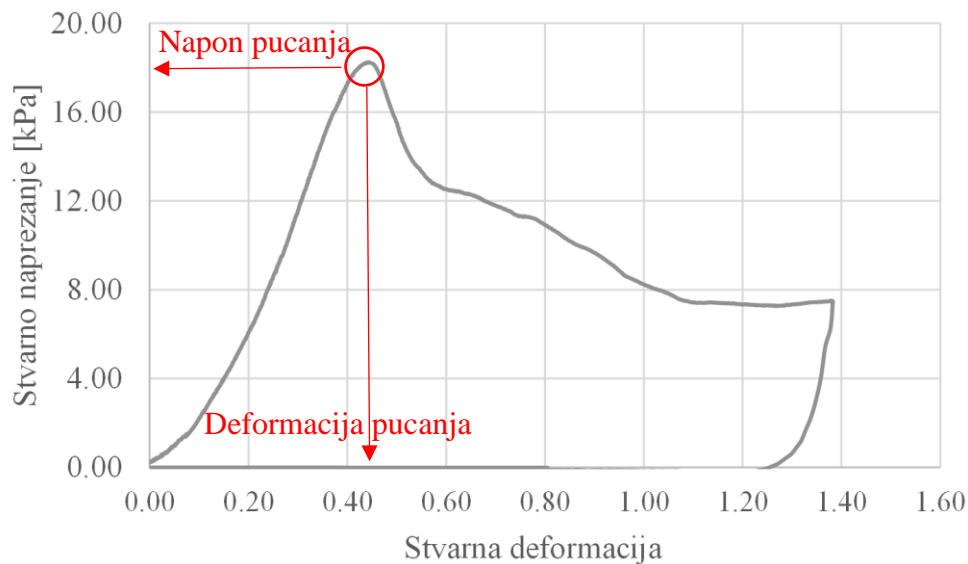
Gde je: E_d modul deformabilnosti.

Jednačina 4. Proračun žilavosti

$$W = \int_{S_0}^{S_R} \sigma d\varepsilon$$

Gde je: W žilavost koja predstavlja površinu ispod krive napona i deformacije.

Na osnovu dijagrama naprezanja i deformacije su takođe dobijeni i napon pucanja i naprezanje pri naponu pucanja, odnosno deformacija pucanja. Primer određivanja ova dva parametra prikazan je na slici 1.



Slika 1. Grafički prikaz određivanja parametara napona i deformacije pucanja

Brzinom sečiva od 1 mm/s u toku smicanja, kubični uzorci su presecani na analizatoru teksture na osnovu čega je dobijen parametar sile smicanja, odnosno maksimalne sile koja je dostignuta za vreme presecanja uzorka kroz njegovu celu dužinu.

4.4. Analiza boje

Parametri boje su analizirani primenom metodologije i aparature CVS-a (Computer Vision System), kako je opisano u radu autora Tomasevic i sar. (2019). Za prikupljanje podataka parametara boje, uzorci su fotografisani u kontrolisanim uslovima sa digitalnom kamerom Sony Alpha DSLR-A200. Kontrolisani uslovi za fotografisanje podrazumevaju da su uzorci fotografisani u kutiji dimenzije ivica 0,8 m koja je sa unutrašnje strane bila obložena mat crnim fotografskim platnom. Važno je pomenuti da u toku akvizicije fotografija uzoraka nije postojala mogućnost ulaska svetla iz okoline. Osvetljenje unutar kutije je bilo ostvareno sa četiri fluorescentne lampe (Master Graphica TLD 965) temperature boje 6500 K. Lampe su imale dužinu od 0,6 m i bile su postavljene na udaljenosti od 0,5 m od uzoraka, pod uglom od 45 stepeni.

Pre fotografisanja uzoraka, digitalna kamera je bila kalibrisana pomoću kalibracione pločice (X-Rite Colourchecker Passport, Michigan, USA). Podešavanje kamere je bilo ostvareno na sledeći način. Format slike: RAW, ISO:100, otvor blende: F/11,0, ekspozicija 1/6 s, senzor slike CCD, žižina daljina 30 mm, objektiv: DT-S18-70mm f 3,5-5,6, u manuelnom režimu i sa isključenim blicem. Kamera je bila na udaljenosti 0,3 m od uzoraka.

Nakon kalibracije hardverskih i softverskih delova sklopa, sa fotografija uzoraka su izmerene L^* a^* b^* vrednosti koje odgovaraju intenzitetu svetloće (L^* , gde manje vrednosti predstavljaju tamniju boju i suprotno), zelene/crvene boje (a^* , gde negativne vrednosti odgovaraju zelenoj a pozitivne crvenoj boji), i plave/žute boje (b^* , gde negativne vrednosti odgovaraju plavoj a pozitivne žutoj boji).

Primenom jednačina 5, 6 i 7, za pojedine uzorke su računati indeksi ukupne razlike boje (ΔE), bele boje (WI), i braon boje (BI) (Djekic, i sar., 2017).

Jednačina 5. Proračun indeksa ukupne razlike boje

$$\Delta E = \sqrt{(a - a_0)^2 + (b - b_0)^2 + (L - L_0)^2}$$

Jednačina 6. Proračun indeksa bele boje

$$WI = \sqrt{(100 - L^*)^2 + (a^*)^2 + (b^*)^2}$$

Jednačina 7. Proračun indeksa braon boje

$$BI = \frac{100(x-0.31)}{0.17}; \text{ gde je } x = \frac{a^* + 1.75L^*}{5.645L^* + a^* - 3.012b^*}$$

Za analizu boje mesa, fotografisane su spoljna površina i presek odrezaka. U slučaju mesa buta domaće svinje, fotografisano je tri odrezaka i urađeno je 15 tehničkih ponavljanja merenja L^* a^* b^* za spoljnu površinu i presek. Za meso buta divlje svinje, fotografisano je pet odrezaka i urađeno ukupno 40 tehničkih ponavljanja merenja L^* a^* b^* .

Parametri boje celera i krompira su takođe dobijeni sa spoljne površine i preseka kuvanih uzoraka. Parametri boje tikvica i plavog patlidžana su dobijeni sa egzokarpa (spoljni omotač, kora ploda) i perikarpa (meso ploda). Fotografisano je pet uzoraka povrća za svaki kulinarski tretman. Po osam očitavanja L^* a^* b^* vrednosti je izvršeno za spoljnu površinu i presek, odnosno perikarp i egzokarp, što čini 40 tehničkih ponavljanja.

4.5. Kalo kulinarske obrade

Kalo kulinarske obrade je određivano na osnovu razlika masa uzoraka namirnica pre i nakon kulinarske obrade. Merenja mase su izvođena u triplikatu za meso buta domaće svinje, u osam ponavljanja za meso buta divlje svinje, i u pet ponavljanja u slučaju celera i krompira. Kalo kulinarske obrade je računato prema jednačini 8.

Jednačina 8. Proračun kala kulinarske obrade

$$\text{Kalo kulinarske obrade} = \frac{\text{Masa nekuvane namirnice} - \text{masa kuvane namirnice}}{\text{Masa nekuvane namirnice}}$$

4.6. Oralno procesiranje

4.6.1. Mastikacija

Za analizu mastikacije, dvanaest ispitanika je konzumiralo uzorke unapred definisanog oblika i veličine (kubični uzorci dimenzija $20 \times 20 \times 20$ mm) mesa, odnosno bili su ponuđeni porcijama od približno 50 g povrća. U slučaju uzoraka mesa, svaki od ispitanika je konzumirao po četiri kubična uzorka od svakog tretmana. U slučaju povrća, ispitanici su konzumirali po pet zalogaja koristeći pribor za jelo, što je omogućilo da sami odluče veličinu njihovog zalogaja. Masa uzoraka mesa je izmerena pre mastikacije. Masa porcija povrća je izmerena pre i nakon mastikacije kako bi se utvrdila masa konzumiranog. Za merenje mase je korišćena tehnička vaga tačnosti 0,01 g.

Ispitanici su za vreme mastikacije snimani digitalnom kamerom na rezoluciji od 760 p i 60 slika po sekundi. Kamera je bila postavljena tako da na snimku budu vidljivi torzo i glava ispitanika (Forde i sar., 2013). Na osnovu analize video snimaka, ekstrahovani su podaci o broju žvakova i vremenu oralne izloženosti (Hennequin i sar., 2005; Nicolas i sar., 2007). U slučaju konzumacije povrća, ispitanici su podizali ruku svaki put kada gutaju hranu. Na taj način, brojanjem podizanja ruke na video snimku ustanovljene su i vrednosti broja gutljaja. Primenom ovakve procedure ispitivanja mastikacije bili su poznati masa konzumiranih uzoraka, broj žvakova, vreme oralne izloženosti i broj gutljaja. Na osnovu njihovih vrednosti, dalje su izračunati sledeći parametri, prateći rad autora Aguayo-Mendoza i sar., (2019), jednačine 9 – 12.

Jednačina 9. Proračun veličine zalogaja

$$\text{Veličina zalogaja} = \frac{\text{Masa konzumirane hrane}}{\text{Broj zalogaja}} \text{ (g)}$$

Jednačina 10. Proračun trjanja ciklusa žvakanja

$$\text{Trajanje ciklusa žvakanja} = \frac{\text{Vreme oralne izloženosti}}{\text{Broj žvakova}} \text{ (s/žvak)}$$

Jednačina 11. Proračun brzine žvakanja

$$\text{Brzina žvakanja} = \frac{\text{Broj žvakova}}{\text{Vreme oralne izloženosti}} \text{ (žvak/s)}$$

Jednačina 12. Proračun brzine jedenja

$$\text{Brzina jedenja} = \frac{\text{Veličina zalogaja}}{\text{Vreme oralne izloženosti}} \text{ (žvak/s)}$$

Za učešće u ispitivanju oralnog procesiranja, ispitanici su izabrani na osnovu upitnika iz priloga 1. Ovaj upitnik je konstruisan prema literaturnim navodima za individualne karakteristike koje trebaju biti zadovoljene u ispitivanjima oralnog procesiranja (Chen, 2009; Lassauzay, Peyron, Albuisson, Dransfield, i Woda, 2000). Broj ispitanika koji su učestvovali bio je 12, što je u skladu sa radom autora (Djekic, Lorenzo, Munekata, Gagaoua, i Tomasevic, 2021). Zastupljenost polova ispitanika u oralnom procesiranju je bila uravnotežena, kao i starosna distribucija.

4.6.2. Broj i veličina čestica bolusa

Za prikupljanje bolusa mesa angažovana je ista grupa ispitanika kao i u slučaju analize mastikacije. Za analizu bolusa povrća, sa obzirom na znatno veći broj tretmana, angažovan je jedan ispitanik. Bolusi su prikupljeni nakon sedam i 15 žvakova u slučaju mesa, odnosno nakon tri i sedam žvakova i iz momenta gutanja, u slučaju povrća. Analize su vršene u triplikatu.

Nakon predodređenog broja žvakova, bolusi su ekspektorirani³ na filter papir, ispirani etil-alkoholom, a zatim fragmentisani pincetom na podlozi za fotografisanje. Fragmentacija bolusa na čestice je izvršena sa pažnjom tako da ne dođe do narušavanja veličine i oblika čestica bolusa. Čestice bolusa su fotografisane CVS sistemom, identično kao i u slučaju analize boje, kako je opisano u poglavlju 4.4. Dobijene slike su analizirane softverom ImageJ, kako bi se dobile vrednosti parametara broja i veličine čestica, kako je i opisano u radu autora Rizo, Peña, Alarcon-Rojo, Fiszman, i Tárrega (2019).

4.6.3. Inkorporacija salive

Nakon istog predodređenog broja žvakova kao i u slučaju analize broja i veličine, bolusi su ekspektorirani za analizu inkorporacije salive. Takođe, u obema metodama analize bolusa učestvovali su isti ispitanici i analize su rađene u triplikatu.

U okviru ispitivanja inkorporacije salive, određivan je sadržaj vlage uzoraka proizvoda iz kojih bolusi potiču, odnosno proizvoda dobijenih kombinacijom namirnica*kulinarski tretman. Bolusi i uzorci proizvoda su sušeni do konstantne mase na temperaturi od 103°C u sušnici OHAUS Adventurer – Model AR2140. Masa uzoraka je bila merena na analitičkoj vagi Binder – Model FD 23. Na taj način su dobijene vrednosti sadržaja vlage proizvoda i bolusa. Na osnovu razlika sadržaja vlage bolusa i proizvoda iz koga on potiče, određena je inkorporacija salive, kao i u slučaju rada autora de Lavergne, Van De Velde, Van Boekel, i Stieger (2015).

³ Ekspektoracija – izbacivanje zalogaja iz usne duplje

4.7. Senzorna analiza

4.7.1. Test trougla

U izvođenju senzorne analize za ispitivane namirnice, učestvovalo je 11 od 12 ispitanika uključenih u analizu oralnog procesiranja (poglavlje 4.6.1). Poređenja su vršena u tri ponavljanja. Diskriminatorski test trougla je izvođen sa ciljem utvrđivanja perceptivnih razlika između proizvoda dobijenih kulinarskim tretmanima u okviru jedne kulinarske metode. Proizvodi dobijeni pripremom sa različitim metodama nisu poređeni zbog jasno vidljivih razlika. Metoda testa trougla je korišćena za celer i krompir.

Testovi su izvođeni u skladu sa standardima ISO 4120:2004 i ISO 16820:2004 (ISO, 2004a, 2004b). Protokol ispitivanja je izgledao tako što su ispitanici bili ponuđeni trijadama koje su sadržale dva uzorka istog tretmana i jedan koji se razlikovao. Ispitanici su zatim izabrali jedan koji je po njihovom mišljenju bio različit. Uzorci su bili označeni trocifrenim šiframa i bili su servirani u identičnim uslovima temperature, veličine i oblika. Na osnovu prikupljenih odgovora, dalji proračuni su vršeni u skladu sa ISO 16820:2004. Kriterijumi sekvencijalne analize su bili sledeći $P_d = 0,25$, $\alpha = \beta = 0,05$, pri čemu su:

P_d – udeo populacije ocenjivača koji stvarno može primetiti razliku;

α – verovatnoća da se pogrešno zaključi da su proizvodi različiti (greška I vrste);

β – verovatnoća da se pogrešno zaključi da su proizvodi slični (greška II vrste).

Izvršeno je do 33 poređenja ukoliko razlike nisu utvrđene ranije. Ukoliko rezultati sekvencijalnog testa nisu pokazali postojanje razlika sve do poslednjeg (trideset i trećeg) testiranja, prikupljeni podaci su analizirani primenom binomnog testa uz sledeće zadate kriterijume: $P_d = 0.35$, $\alpha = 0,05$ i $\beta = 0.15$.

4.7.2. Stepen dopadljivosti – hedonska skala i „Upravo onako kako odgovara“

Proizvodi koji su dobijeni kombinacijama namirnica*tretman pripreme su ocenjivani primenom hedonske i „upravo onako kako odgovara“ skale sa ciljem da se utvrdi stepen njihove prihvatljivosti, odnosno dopadljivosti.

Za meso buta divlje i domaće svinje su ocenjivani stepen dopadljivosti za teksturu, aromu, ukusnost i ukupna dopadljivost. Za tu namenu je primenjena devetobodovna skala sa podeocima od 1 – izuzetno mi se ne dopada, 5 – niti mi se dopada niti mi se ne dopada, do 9 – izuzetno mi se dopada. Intenzitet osećaja na meso divljači odnosno na svinjsko meso su ocenjivani skalom „upravo onako kako odgovara“ koja je bila ponderisana vrednostima od 1 – nedovoljno izraženo, 5 – upravo onako kako treba, do 9 – previše izraženo.

Dopadljivost kuvanog povrća je ocenjivana za atribute izgleda, arome, ukusnosti i ukupne dopadljivosti. Za to je korišćena devetobodovna hedonska skala koja je bila ponderisana na isti način kao i u slučaju ocenjivanja mesa (od 1 – izuzetno mi se ne dopada, 5 – niti mi se dopada niti mi se ne dopada, do 9 – izuzetno mi se dopada).

4.7.3. Trenutno dominantne senzacije

Trenutno dominantne senzacije (TDS) su ispitivane protokolom kako je opisano u literaturi (Pineau i Schilch, 2015). Pre svega, sačinjene su liste atributa za ispitivane uzorke. Liste su sadržale šest atributa, što je u skladu sa preporukama za dužinu liste (Pineau i sar., 2012). Atributi su bili prepoznati na osnovu pregleda literature i preliminarnih testiranja od strane trojice panelista. Definicije atributa su bile usklađene sa standardom ISO 5492:2008 (ISO, 2008).

Ispitanici koji su učestvovali u analizi dominantnih senzacija su bili obučeni za primenu ove metode (Djekic, Ilic, Lorenzo, i Tomasevic, 2021). Koncept dominantnosti je bio objašnjen u skladu sa radom autora Lenfant, Loret, Pineau, Hartmann, i Martin (2009). Oni su bili ponuđeni uzorcima u nasumičnom redosledu u triplikatu, osim uzoraka mesa domaće svinje koje je ocenjivano u četiri ponavljanja.

Za prikupljanje podataka je korišćen obrazac sa poljima koja označavaju početak i kraj konzumacije uzorka i poljima ispitivanih senzornih atributa. Obrazac je sniman video kamerom sa podešavanjima identičnim kao u slučaju snimanja mastikacije ispitanika (poglavlje 4.6.1). Ispitanici su označili „START“ u trenutku kada su uzorak počeli konzumirati i „STOP“ u trenutku kada su gutali uzorak. Između ova dva događaja, bilo je moguće izabrati bilo koji od atributa, proizvoljnim redosledom, kao i izabrati jedan atribut koliko god puta.

Dobijeni video snimci su analizirani sa VLC softverom uz dodatak prikazivača vremena u milisekundima. Očitavani podaci realizacije događaja za svako od polja (START, STOP i senzorni atributi) su upisivani u tabele sa vremenskom linijom preciznosti 0,5 sekundi korišćenjem simbola 0 (događaj se nije realizovao) i 1 (događaj se realizovao). Na taj način su očitani podaci svakog ponavljanja ocenjivanja po uzorku i za svakog panelistu. Konačno, za svaki ispitivani uzorak su formirane zbirne tabele na osnovu kojih su konstruisane TDS krive onako kako je objašnjeno od strane Pineau i sar. (2009). Za račun praga verovatnoće i praga značajnosti je korišćena ista referenca, jednačine 13 i 14.

Jednačina 13. Proračun praga verovatnoće

$$P_0 = 1/p$$

Gde je: P_0 verovatnoća slučajnog izbora atributa; p broj atributa na TDS listi.

Jednačina 14. Račun praga značajnosti

$$P_s = P_0 + 1.645 \sqrt{\frac{P_0(1 - P_0)}{n}}$$

Gde je: P_s prag značajnosti za $\alpha = 0,05$; P_0 verovatnoća slučajnog izbora atributa; n broj panelista \times broj ponavljanja.

4.8. Analiza stavova potrošača o oralnom procesiranju

Istraživanje stavova potrošača je sprovedeno upitnikom iz priloga 2, sa ciljem da se otkriju stavovi o percepcijama oralnog procesiranja hrane i da se dobiju informacije potrebne za konstruisanje QFD kuće kvaliteta. Anketirano je ukupno 328 ispitanika dok je uvaženo 309 popunjenih anketa, sa obzirom na to da je 19 ispitanika izrazilo nejasnoće za vreme odgovaranja na neka od postavljenih pitanja.

Upitnik se sastojao iz četiri dela. U prvom delu, ispitanici su odgovarali na pitanja u vezi sa demografijom, uključujući njihovu telesnu masu i visinu. U naredna dva dela, ispitanici su ocenjivali izjave o oralnom procesiranju za dva različita scenarija: kada konzumiraju hranu gladni (i) i kada konzumiraju hranu koja im se sviđa (ii). Za oba ova scenarija, ispitanici su ocenjivali izjave: „uzimam veće zalogaje“, „žvaćem brže“, „jedem više“, „pokreti moje vilice i jezika su intenzivniji“. Za to je korišćena psihometrijska (Lajkertova) skala sa pet podeoka ponderisana od 1 – uopšte se ne slažem do 5 – potpuno se slažem. Poslednji deo upitnika je nudio mogućnost rangiranja po važnosti izjava koje se odnose na kvalitet mastikacije, sa ciljem određivanja preferencija potrošača prema parametrima oralnog procesiranja. To su bile sledeće izjave: proizvod se lomi (ili kida) lako sa prvim zagrižajem (Q1), proizvod je lako žvakati (Q2), proizvod ne zahteva jake zagrižaje (jako pritiskanje vilicom) (Q3), nije potrebno previše vremena da se sažvaće zalogaj (Q4), i proizvod ne suši unutrašnjost usne duplje (ne zahteva previše salive/pljuvačke da se sažvaće) (Q5).

4.9. Quality Function Deployment (QFD) kuća kvaliteta i indeks lakoće žvakanja

QFD kuća kvaliteta koja je razvijena u ovom istraživanju je modifikovana prema radu Ilic i sar. (2021). Ona se sastoji od sledećih delova: matrica ŠTA? odnosno ulazi u QFD kući kvaliteta, matrica KAKO? odnosno izabrani tehnički parametri mastikacije, i matrica odnosa ove dve matrice.

Matrica ŠTA? obuhvata pet izjava o karakteristikama mastikacije iz gorepomenutog upitnika koje su rangirali ispitanici (poglavlje 4.8). Za proračun relativnog značaja pet karakteristika kvaliteta mastikacije korišćena je jednačina 15.

Jednačina 15. Proračun relativnog značaja karakteristika mastikacije iz matrice ŠTA?

$$RW_i = \frac{W_i}{\sum_{i=1}^n W_i} \cdot 100 (\%)$$

Gde je: RW_i relativni značaj i -te karakteristike mastikacije. W_i je apsolutni značaj i -te karakteristike mastikacije dobijen sumiranjem vrednosti rangova dobijenih anketiranjem.

Za proračun apsolutnog značaja izabranih tehničkih parametara mastikacije iz matrice KAKO?, korišćena je jednačina 16.

Jednačina 16. Proračun apsolutnog značaja tehničkih parametara matrice KAKO?

$$AW_j = \sum_{i=1}^n RW_i \cdot RS_{ij}$$

Gde je: AW_j apsolutni značaj j -tog tehničkog parametra ($m = 5$ tehničkih parametara). RS_{ij} je odnos između karakteristika matrice ŠTA? i parametara matrice KAKO? koji je ustanovljen na osnovu rada autora Ilic i sar. (2021). RS_{ij} je mogao uzimati vrednosti 9 (za veoma jaku korelaciju), 3 (za jaku korelaciju) i 1 (za slabu korelaciju). Relativni značaj tehničkih parametara matrice kako je izračunat jednačinom 17.

Jednačina 17. Proračun relativnog značaja tehničkih parametara matrice KAKO?

$$RAW_j = \frac{AW_j}{\sum_{j=1}^m AW_j} \cdot 100 (\%)$$

Vrednosti relativnog značaja tehničkih parametara (RAW_j) su dalje korišćene za proračun indeksa lakoće žvakanja (EMI), za sve proizvode koji su bili predmet ovog istraživanja. Za njihov proračun, prilagođene su jednačine indeksa kvaliteta na osnovu rada autora Djekic i sar. (2017).

Jednačina 18. Proračun indeksa lakoće žvakanja

$$EMI = \sqrt{\sum_{j=1}^m RAW_j \cdot MI_j^2}$$

Gde je: EMI indeks lakoće žvakanja proizvoda. RAW_j je relativni značaj j -tog tehničkog parametra u QFD kući kvaliteta. MI_j je indeks mastikacije proizvoda za j -ti tehnički parametar.

Za proračun indeksa mastikacije (MI) su primenjivana dva pravila. Izbor jednog od dva pravila za svaki od tehničkih parametara matrice KAKO? je determinisao koja jednačina će se primenjivati za proračun MI. Pravila koja su važila bila su: „manja vrednost znači lakšu mastikaciju“ (odgovara jednačini 19) i „veća vrednost znači lakšu mastikaciju“ (odgovara jednačini 20). Jednačina 19 je bila primenjivana za tehničke parametre broja žvakova i vremena oralne izloženosti, dok je jednačina 20 bila korišćena za ostale parametre.

Jednačina 19. Proračun MI uz primenu pravila “manja vrednost znači lakšu mastikaciju“

$$MI_j = \frac{X_{max} - X_i}{X_{max} - X_{min}}; X_i \leq X_{max};$$

Jednačina 20. Proračun MI uz primenu pravila “veća vrednost znači lakšu mastikaciju“

$$MI_j = \frac{X_i}{X_{max}}$$

Gde je: X_i eksperimentalna vrednost za j -ti parametar u setu eksperimentalnih vrednosti. X_{max} je maksimalna vrednost j -tog tehničkog parametra u setu eksperimentalnih vrednosti. X_{min} je minimalna vrednost j -tog tehničkog parametra u setu eksperimentalnih vrednosti.

Interpretacija vrednosti indeksa lakoće žvakanja (EMI) prati pravilo palca, odnosno: veća vrednost EMI znači da je manji napor potreban za konzumiranje proizvoda, i obratno.

4.10. Statistička analiza

Jednofaktorska ANOVA je primenjena za statističku analizu eksperimentalnih podataka analiza mesa, gde je kulinarska metoda predstavljala faktor. Takođe, jednofaktorska ANOVA je korišćena za poređenje ukupne razlike boje (ΔE) spoljne površine i preseka celera. Dvofaktorska ANOVA je korišćena u sledećim slučajevima: mehaničke karakteristike i parametri oralnog procesiranja povrća, pri čemu su kulinarske metode i vreme kulinarske obrade bili faktori. Dvofaktorska ANOVA je korišćena i za ispitivanje razlika u $L^* a^* b^*$ parametrima boje kod tikvica i plavog patlidžana. Parna poređenja su vršena primenom Takijevog HSD testa sa nivoom statističke značajnosti 0,05.

Podaci testa trougla su analizirani sekvencijalnim testom u skladu sa ISO 16820:2004, i izabranim vrednostima statističkih pokazatelja $P_d = 0,25$, $\alpha = \beta = 0,05$. Ukoliko nije bilo moguće izvesti zaključke na osnovu sekvencijalnog testa, korišćen je binomni test u skladu sa ISO 4120:2004, i izabranim vrednostima statističkih pokazatelja $P_d = 0,35$, $\alpha = 0,05$ $\beta = 0,15$.

Koeficijenti Spirmanove korelacije između mehaničkih parametara i mastikacije su izračunati za krompir i celer.

Neparametarski test (Mann–Whitney U test) je korišćen za podatke dobijene primenom petobodnih skala korišćenih u ispitivanju stavova potrošača o oralnom procesiranju.

5. REZULTATI I DISKUSIJA

5.1. Meso

5.1.1. Meso buta domaće svinje

5.1.1.1. Instrumentalna boja i tekstura mesa buta domaće svinje

Rezultati instrumentalnog merenja boje buta domaće svinje (Tabela 4), ukazuju na razlike između kuvanja u ključaloj vodi i grilovanja u svim parametrima osim za vrednosti b^* na preseku mesa. Sa druge strane, *sous-vide* metoda je naizmenično pripadala obema statističkim grupama u zavisnosti od posmatranog parametra. Parametar svetloće spoljne površine uzoraka imao je najveće vrednosti za meso kuvano u ključaloj vodi praćeno *sous-vide* tehnikom, dok je grilovanje ostvarilo značajno niže vrednosti. Vrednosti svetloće kod grilovanja mogu se pripisati Majlardovim reakcijama, odnosno formiranju braon polimera (melanoidina) koji doprinosi tamnoj boji mesa (Starowicz i Zieliński, 2019). U slučaju parametara a^* i b^* za spoljnu površinu uzoraka, kuvanje u ključaloj vodi je ostvarilo niže srednje vrednosti u odnosu na druge dve metode, pri čemu *sous-vide* deli obe statističke grupe za parametar crvene boje (a^*). Na osnovu literaturnih navoda (Jeong i sar., 2018), očekivano je da *sous-vide* ostvari veće vrednosti a^* u odnosu na kuvanje u ključaloj vodi. Veći udeo crvene boje mesa je karakteristika mišića nogu – buta, usled većeg sadržaja mioglobina u odnosu na druge, manje pokretne mišiće životinja (na primer, leđni mišić – *musculus longissimus dorsi*). Smanjenje vrednosti parametra a^* usled termičke obrade dovodi se u vezu sa denaturacijom mioglobina (Suman i Joseph, 2014). Crvena boja na preseku je takođe pod uticajem termičkog tretmana (Dai i sar., 2013), uzimajući u obzir i metodu kuvanja i krajnju temperaturu (Becker, Boulaaba, Pingen, Krischek, i Klein, 2016), koji uzrokuju povećanje udela braon boje (Bejerholm, Tørngren, i Aaslyng, 2014).

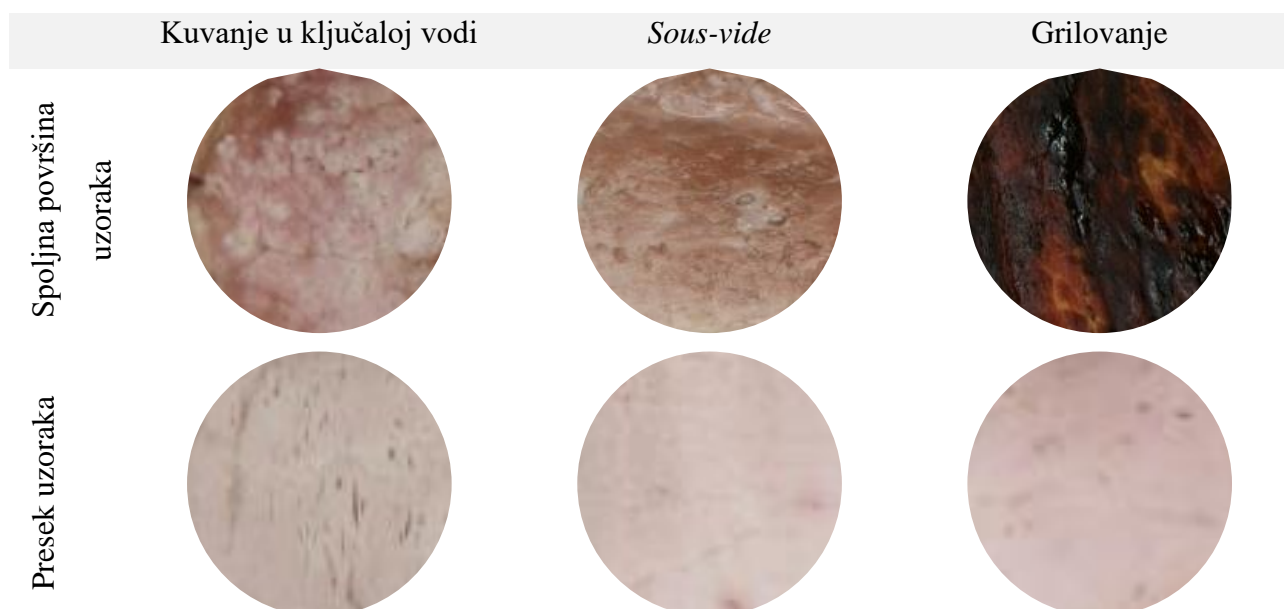
Rezultati boje za presek mesa pokazuju veće srednje vrednosti za svetloću (L^*) i udeo crvene boje (a^*) kod metoda grilovanja i *sous-vide*, mada *sous-vide* pripada istoj statističkoj grupi kao i kuvanje u ključaloj vodi. Sa druge strane, za parametar koji kvantifikuje udeo žute boje (b^*), *sous-vide* ima najmanju srednju vrednost i razlikuje se od ostale dve kulinarske metode. Izgled uzoraka mesa domaće svinje je prikazan na slici 2.

Tabela 4. Uticaj različitih kulinarskih metoda na karakteristike boje mesa buta domaće svinje

	Kuvanje u ključaloj vodi	<i>Sous-vide</i>	Grilovanje
Spoljašnja površina uzoraka			
L^*	$59,52 \pm 8,76^a$	$52,86 \pm 8,66^a$	$25,67 \pm 10,43^b$
a^*	$13,38 \pm 3,23^a$	$16,10 \pm 2,70^{a,b}$	$17,67 \pm 5,33^b$
b^*	$7,81 \pm 3,12^a$	$11,95 \pm 2,18^b$	$13,52 \pm 8,39^b$
Presek			
L^*	$69,57 \pm 4,33^a$	$76,33 \pm 3,29^b$	$73,57 \pm 4,19^b$
a^*	$8,24 \pm 1,18^a$	$8,57 \pm 1,21^a$	$10,76 \pm 2,43^b$
b^*	$4,38 \pm 0,80^a$	$3,43 \pm 0,75^b$	$4,81 \pm 1,86^a$

Rezultati su navedeni kao srednja vrednost \pm standardna devijacija; nivo statističke značajnosti $P < 0,05$.

Rezultati instrumentalne analize teksture mesa buta domaće svinje dati su u tabeli 5. Prema literaturnim navodima, toplotna obrada mesa povećava njegovu poroznost usled gubitka tečnosti, što dovodi do povećanja sile smicanja i tvrdoće (Du i Sun, 2006). Najveće kalo kulinarske obrade imalo je meso kuvano u ključaloj vodi, koje je bilo statistički različito od preostala dva ($P < 0,05$). Gubitak tečnosti u ovom slučaju je povezan sa skupljanjem tkiva kao posledica termičkog tretmana (McDonald, Sun, i Kenny, 2000). U skladu sa time, meso kuvano u ključaloj vodi imalo je najveće vrednosti sile smicanja, tvrdoće, praćeno grilovanim i *sous-vide* mesom.



Slika 2. Izgled spoljne površine i preseka uzoraka mesa domaće svinje

Tabela 5. Uticaj različitih kulinarskih metoda na karakteristike instrumentalne teksture i kalo kulinarske obrade mesa buta domaće svinje

	Kuvanje u ključaloj vodi	<i>Sous-vide</i>	Grilovanje
Sila smicanja (N)	70,04 ± 12,74 ^a	44,14 ± 7,00 ^b	47,41 ± 20,33 ^b
Tvrdoća (N)	34,99 ± 7,25 ^a	25,87 ± 7,80 ^b	33,91 ± 7,86 ^a
Elastičnost	0,61 ± 0,05 ^a	0,52 ± 0,04 ^b	0,63 ± 0,04 ^a
Kohezivnost	0,46 ± 0,03 ^a	0,50 ± 0,03 ^{a, b}	0,53 ± 0,03 ^b
Žvakljivost (N)	9,92, ± 2,51 ^a	6,84 ± 2,22 ^b	11,35 ± 3,00 ^a
Kalo kulinarske obrade (%)	41,93 ± 1,61 ^a	20,87 ± 3,04 ^b	23,30 ± 3,29 ^b

Rezultati su navedeni kao srednja vrednost ± standardna devijacija; nivo statističke značajnosti $P < 0,05$.

5.1.1.2. Oralno procesiranje mesa buta domaće svinje

Rezultati za parametre mastikacije mesa buta domaće svinje dati su u tabeli 6. Na osnovu rezultata, može se videti da je meso kuvano u ključaloj vodi zahtevalo značajno veći broj žvakova u poređenju sa ostale dve metode kulinarske metode ($P < 0,05$). Trajanje mastikacije prati isti trend, a na osnovu rezultata ova dva parametra mastikacije i rezultata instrumentalne analize teksture (Tabela 5) može se uočiti postojanje korelacije. Povezanost je najizraženija sa silom smicanja, tvrdoćom i kalom kulinarske obrade. Međutim, sveukupno posmatrano, rezultati ukazuju na kompleksne odnose ovih parametara. Kompleksnost odnosa parametara oralnog procesiranja i mehaničkih parametara poput Jangovog modula elastičnosti je pokazana i ranije (Aguayo-Mendoza i sar., 2019). U ovom radu, autori su pokazali postojanje različitih odnosa mehaničkih parametara i oralnog procesiranja kod mesa u odnosu na druge vrste hrane (sir, šargarepe i čokolada), što se može pripisati kompleksnosti mesa kao diskretnog, anizotropnog, kompozitnog materijala.

Rezultati brzine žvakanja su u opsegu od 1,43 žvaka/s do 1,63 žvaka/s, što je u skladu sa prethodno objavljenim rezultatima iz oblasti oralnog procesiranja gde je prijavljena prosečna brzina žvakanja od 1,53 žvaka/s (Farooq i Sazonov, 2016). Predstavljeni rezultati takođe ukazuju na to da povećanje broja žvakova i oralne izloženosti negativno koreliše sa brzinom jedenja (g/s), što je bio slučaj i kod autora Aguayo-Mendoza i sar. (2019). Parametri brzine jedenja, broja žvakova po gramu i trajanja ciklusa žvakanja ukazuju na to da veća žvakljivost (veći broj žvakova po gramu) uzrokuje duže trajanje ciklusa žvakanja i manju količinu hrane koja se konzumira u jedinici vremena. Ovo se takođe može potvrditi i na osnovu rezultata instrumentalno merene žvakljivosti (tabela 5), gde je *sous-vide* metoda ostvarila najniže vrednosti, takođe imajući i najveću brzinu jedenja (tabela 6).

Unutar oralni procesi sečenja i kompresije mesa uz natapanje salivom i sokovima mesa dovode do formiranja kohezivnog bolusa (Mioche i sar., 2003; Yven, Culioli, i Mioche, 2005). Prema rezultatima ovog istraživanja, veći broj žvakova i duže trajanje mastikacije povećavaju inkorporaciju salive, što je u potpunoj saglasnosti sa prethodnim radovima na izučavanju bolusa mesa pripremanog različitim tehnikama (Mioche i sar., 2002). Inkorporacija salive bila je značajno veća pri mastikaciji mesa kuvanog u ključaloj vodi u poređenju sa ostalim dvema kulinarskim metodama ($P < 0,05$). Inkorporacija salive predstavlja važan parametar jer dominantno utiče na kohezivnost bolusa (Agrawal, Lucas, Prinz, i Bruce, 1997), i njegovu pripremu za bezbedno gutanje (Rizo i sar., 2019).

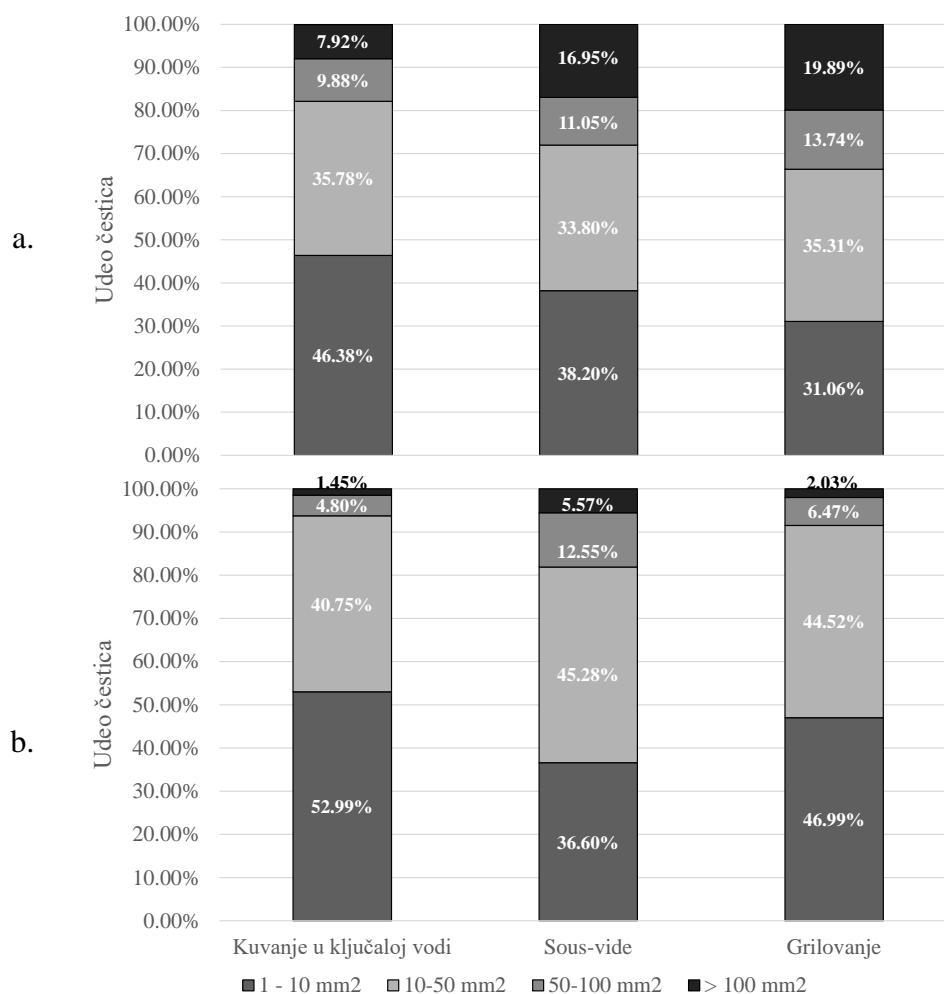
Tabela 6. Uticaj različitih kulinarskih metoda na parametre mastikacije mesa buta domaće svinje

	Kuvanje u ključaloj vodi	<i>Sous-vide</i>	Grilovanje
Broj žvakova	71,38 ± 37,76 ^a	43,83 ± 20,01 ^b	44,63 ± 10,88 ^b
Vreme oralne izloženosti (s)	50,88 ± 25,95 ^a	27,67 ± 12,85 ^b	29,96 ± 7,98 ^b
Brzina žvakanja (žvak/s)	1,43 ± 0,22 ^a	1,63 ± 0,25 ^b	1,52 ± 0,29 ^{a, b}
Brzina jedenja (g/s)	0,24 ± 0,12 ^a	0,40 ± 0,19 ^b	0,30 ± 0,10 ^{a, b}
Broj žvakova po gramu (žvak/g)	7,64 ± 4,07 ^a	5,14 ± 2,92 ^b	5,39 ± 1,62 ^b
Trajanje ciklusa žvakanja (s/žvak)	0,72 ± 0,13 ^a	0,63 ± 0,10 ^b	0,68 ± 0,11 ^{a, b}
Inkorporacija salive nakon 15 žvakova (g/g)	0,09 ± 0,04 ^a	0,06 ± 0,03 ^b	0,07 ± 0,03 ^b
Inkorporacija salive u trenutku gutanja (g/g)	0,17 ± 0,09 ^a	0,11 ± 0,09 ^b	0,11 ± 0,06 ^b

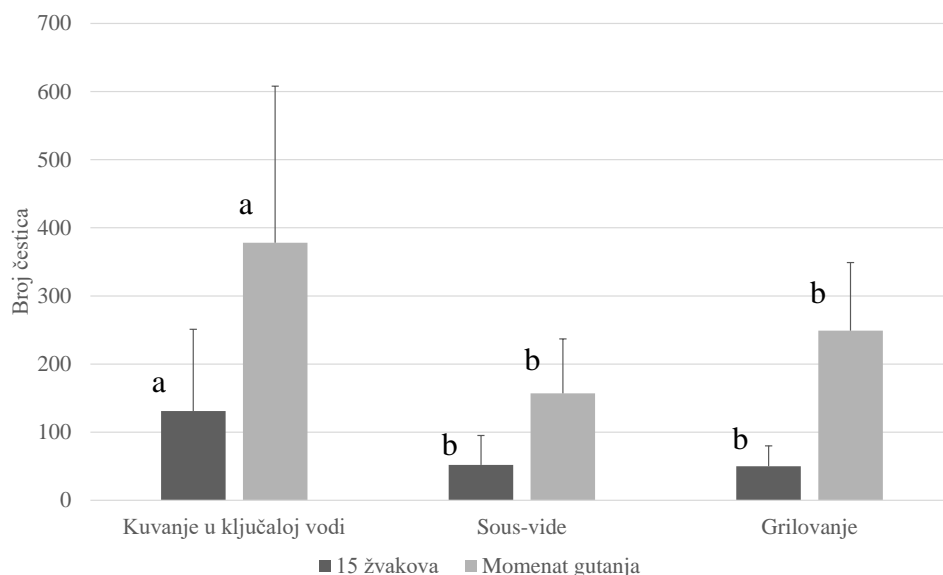
Rezultati su navedeni kao srednja vrednost ± standardna devijacija; nivo statističke značajnosti $P < 0,05$.

Slika 3 prikazuje distribuciju veličine čestica bolusa ekspektoriranih nakon 15 žvakova (a) i u momentu gutanja (b). Oralna fragmentacija hrane i distribucija veličine čestica bolusa su u funkciji sadržaja vlage, tvrdoće i drugih mehaničkih karakteristika (Rizo i sar., 2019). Mastikacija i inkorporacija salive su prepoznati kao važne determinante percepcije teksture mesa (Pematilleke i sar., 2020). Slika 3 otkriva trend smanjenja udela čestica velike površine i povećanja udela malih čestica sa prolongacijom mastikacije. Ovi rezultati u saglasnosti su sa rezultatima autora Rizo i sar. (2019). Nakon 15 žvakova (slika 3, a), svi bolusi su imali manje od 20% čestica čija je veličina veća od 100 mm², i najmanje dve trećine čestica sa površinom manjom od 50 mm². Na kraju mastikacije (slika 3, b), velike čestice bolusa (>100 mm²) uzimale su manje od 6% učešća, dok je više od 80% čestica imalo površinu manju od 50 mm². Grilovano meso je imalo najviše većih i najmanje malih čestica bolusa nakon 15 žvakova, u poređenju sa ostale dve kulinarske metode. *Sous-vide* meso je u ovom slučaju bilo medijalno pozicionirano, imajući više velikih i manje malih čestica u poređenju sa kuvanjem u ključaloj vodi, i obratno u odnosu na grilovanje. Rezultati za boluse koji su ekspektorirani u momentu gutanja (slika 3, b), pokazuju da su grilovanje i *sous-vide* tehnike imale nešto veći udeo čestica površine veće od 100 mm² u odnosu na kuvanje u ključaloj vodi, dok je zastupljenost manjih čestica (do 50 mm²) bila nešto manja.

Rezultati koji prikazuju broj čestica bolusa mesa domaće svinje prikazani su na slici 4. Broj čestica bolusa uvećavao se sa produžetkom mastikacije, slično kao i u radu autora Rizo i sar., (2019). Sa slike 4 se vidi da su se grilovanje i *sous-vide* statistički značajno razlikovali od kuvanja u ključaloj vodi na nivou $P < 0,05$. Karakteristike bolusa s kraja mastikacije pomažu u razumevanju mehanizma gutanja (Chen i Lolivret, 2011). Uvid u dinamiku loma strukture i fragmentaciju hrane unutar usne duplje za vreme mastikacije je koristan alat za razumevanje unutar oralnog sitnjenja i mehanizama aglomeracije na koje utiču karakteristike hrane (Jalabert-Malbos, Mishellany-Dutour, Woda, i Peyron, 2007). Prethodna istraživanja su takođe potvrdila da način fragmentacije za vreme mastikacije zavisi od teksture mesa (Mioche i sar., 2003) ali da takođe mogu biti i pod uticajem individualnih osobina onoga ko hranu konzumira (Ketel i sar., 2019).



Slika 3. Raspodela površine čestica bolusa mesa buta domaće svinje; a – za boluse ekspektorisane nakon 15 žvakova, b – za boluse ekspektorisane u momentu gutanja



Slika 4. Broj čestica bolusa buta domaće svinje ekspektoriranih nakon 15 žvakova (tamno sivo) i u momentu gutanja (svetlo sivo). Različita slova prikazuju razliku između kulinarskih metoda na nivou značajnosti 5%

5.1.1.3. Senzorni profil mesa buta domaće svinje

Promena dominantnosti senzacija u toku mastikacije mesa buta domaće svinje prikazana je na slici 5. Za meso kuvano u ključaloj vodi (slika 5, a), početak mastikacije (prvih 20% trajanja mastikacije) je određen percepcijom čvrstog kao dominantne senzacije. Druga petina trajanja mastikacije je povezana sa doživljajem vlaknaste teksture mesa (fibroznosti). Ukusnost mesa dobija na dominantnosti između 40 i 70% trajanja mastikacije. Fibroznost je bila relevantni atribut i pred kraj mastikacije (od 70 do 90% trajanja mastikacije). TDS krive za meso kuvano *sous-vide* tehnikom (slika 5, b) prikazuje dominaciju čvrste senzacije u prvih 10% trajanja mastikacije, nakon čega sočnost dobija na značaju sa stepenom dominantnosti i do 60% (na prvih 15% mastikacije). Ovakvi rezultati ukazuju na jasnu korelaciju sa manjim kalom *sous-vide* kulinarske obrade. Ovi atributi su od dominantnog značaja za doživljaj kvaliteta mesa (Aaslyng i sar., 2007). Niže temperature kulinarske obrade mesa dovode se u vezu sa sočnim mesom (Becker i sar., 2016). Nakon prve trećine konzumacije *sous-vide* mesa, može se primetiti smenjivanje dominantnosti senzacija vlaknastosti, ukusnosti mesa, sočnosti i mekoće. Nakon dve trećine vremena konzumacije, ni jedna od senzacija nije imala više od 10% dominantnosti. Grilovano meso (slika 5, c) pokazuje da je nekoliko dominantnih senzacija bilo isprepletano. Čvrstoća dominira u prvih 20% trajanja mastikacije. Nakon toga, ukusnost mesa, sočnost i vlaknastost dobijaju na većem značaju do 40% vremena konzumacije. Nakon toga, sočnost dolazi na kratko do izražaja ali ni jedna senzacija ne prelazi prag značajnosti i prag verovatnoće nakon 50% trajanja mastikacije.

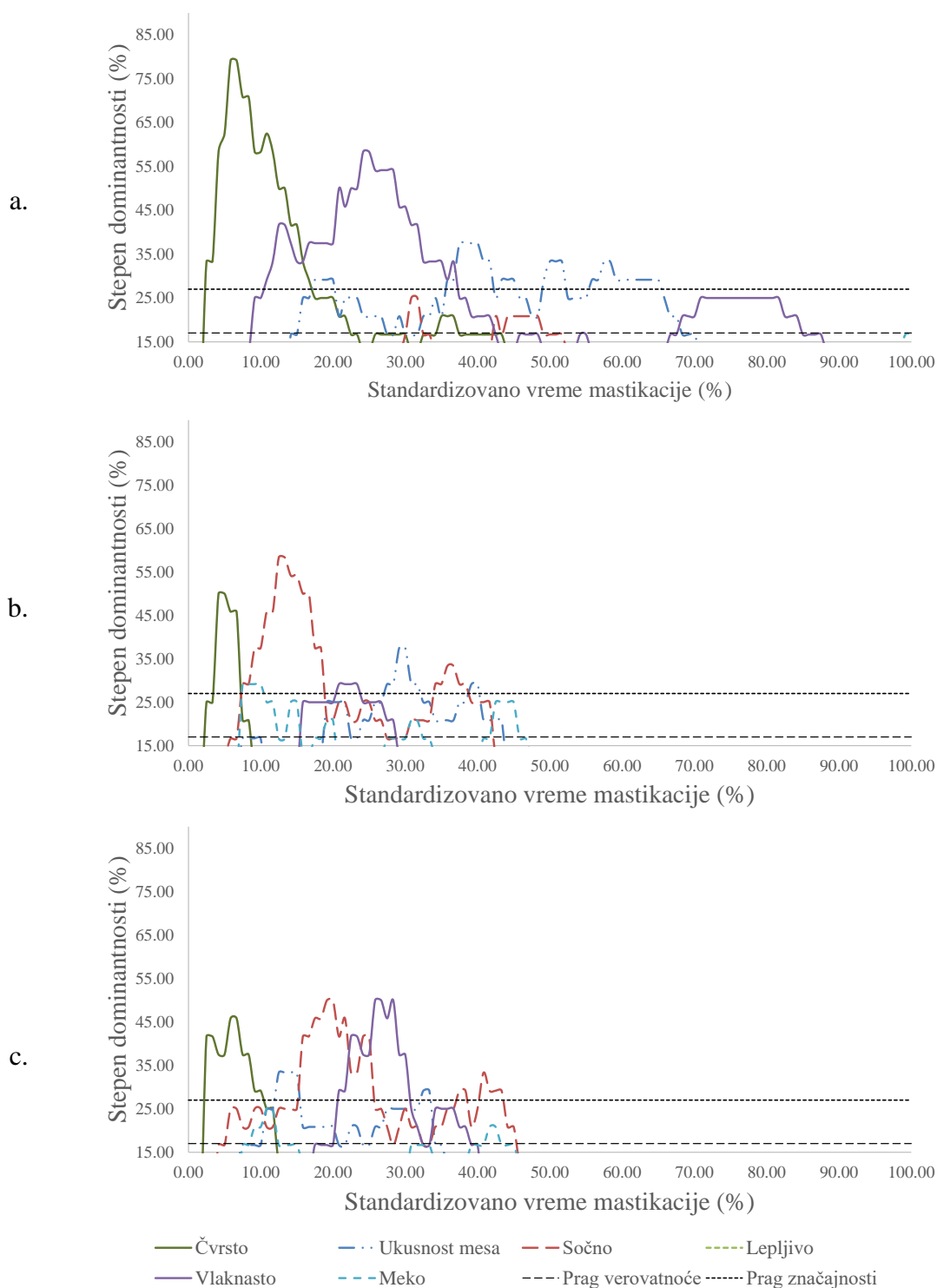
5.1.2. Meso buta divlje svinje

5.1.2.1. Instrumentalna boja i tekstura mesa buta divlje svinje

Rezultati instrumentalnog merenja boje mesa buta divlje svinje prikazani su u tabeli 7. Prilikom kulinarske obrade mesa, njegova boja se često uzima kao indikator njegove gotovosti za konzumiranje (King i Whyte, 2006), čak i ako ovakva praksa izaziva zabrinutost za bezbednost hrane uzimajući u obzir sinergički uticaj nekoliko faktora na boju mesa (Surendranath P Suman, Nair, Joseph, i Hunt, 2016). Ovo posebno treba imati na umu uzimajući u obzir veći rizik bezbednosti hrane koju meso divlje svinje ima u poređenju sa mesom domaće svinje (Petrovic, Prodanov-Radulovic, i Mirceta, 2019). Sa obzirom na to, od interesa je pomenuti da su temperature kulinarske obrade u ovom istraživanju bile kontrolisane i u skladu sa preporukama za bezbednost hrane (CDC, 2020).

Rezultati ukazuju na to da su kulinarske metode uticale na spoljnu površinu i na presek uzoraka mesa. Statistička analiza je pokazala da su svi parametri bili pod uticajem kulinarske metode ($P < 0,05$) sa parcijalnim efektima faktora koji su varirali od $\eta_p^2 = 0,818$ za parametar L^* do $\eta_p^2 = 0,991$ za parametar a^* na poprečnom preseku. Uticaji interakcija faktora kulinarske metode i ponavljanja kulinarske obrade nisu bili značajni. Prema rezultatima Takijevog testa, svetloća površine uzoraka (L^*) se razlikovala na nivou značajnosti $P < 0,01$, pri čemu je *sous-vide* tehnika rezultovala mesom najveće svetloće, praćeno mesom kuvanim u ključaloj vodi i grilovanim mesom. Ovakvi nalazi su u skladu sa drugim istraživanjima koja potvrđuju uticaj grilovanja na svetloću mesa pri čemu grilovanje ostvaruje najmanje vrednosti L^* u poređenju sa drugim metodama pripreme (T.-K. Kim i sar., 2018; Suleman, Hui, Wang, Liu, i Zhang, 2020). Ova pojava se može pripisati formiranju tamnih polimera (melanoidina) koji doprinose tamnoj boji mesa (Starowicz i Zieliński, 2019). Jeong i sar. (2018) su pokazali veću svetloću mesa kuvanog u ključaloj vodi u poređenju sa *sous-vide*. Međutim, rezultati ovog istraživanja pokazuju da je *sous-vide* tehnika doprinela statistički značajno većoj svetloći u odnosu na kuvanje u ključaloj vodi. Udeo crvene boje (a^*) spoljašnje površine grilovanog mesa se je razlikovala u odnosu na druge dve kulinarske metode ($P < 0,01$), pri čemu je grilovano meso imalo najmanje a^* vrednosti. Manje značajne su bile razlike za parametar žute boje (b^*), gde je *sous-vide* meso imalo sličnu boju u poređenju sa druge dve metode.

Što se tiče poprečnog preseka mesa, *sous-vide* meso je imalo najveće L^* vrednosti, statistički značajno različite u odnosu na meso kuvano u ključaloj vodi ($P < 0,01$), pri čemu je grilovano meso bilo medijalno pozicionirano i nije se razlikovalo od druge dve metode kulinarske obrade. Meso kuvano *sous-vide* i grilovanjem, na preseku je imalo znatno veći udeo crvene boje (a^*) u poređenju



Slika 5. TDS krive za uzorke mesa buta domaće svinje pripremanih različitim kulinarskim metodama

sa kuvanjem u ključaloj vodi ($P < 0,001$), dok je kuvanje u vodi *sous-vide* uzrokovalo manje žutu boju u poređenju sa grilovanjem ($P < 0,01$). Izgled uzoraka mesa domaće svinje je prikazan na slici 6.

Tabela 7. Uticaj različitih kulinarskih metoda na karakteristike boje mesa buta divlje svinje

	Kuvanje u ključaloj vodi	<i>Sous-vide</i>	Grilovanje
Spoljašnja površina uzoraka			
L*	22,99 ± 9,94 ^b	58,72 ± 6,67 ^c	16,34 ± 7,07 ^a
a*	11,26 ± 2,84 ^b	10,70 ± 2,60 ^b	4,23 ± 3,33 ^a
b*	11,57 ± 3,38 ^a	10,44 ± 2,14 ^{a, b}	8,95 ± 4,67 ^a
Presek			
L*	47,19 ± 7,87 ^a	51,76 ± 3,53 ^b	49,14 ± 5,27 ^{a, b}
a*	9,69 ± 1,66 ^a	19,91 ± 2,86 ^a	20,43 ± 2,78 ^b
b*	12,64 ± 1,93 ^a	12,12 ± 1,81 ^a	14,13 ± 1,76 ^b

Rezultati su navedeni kao srednja vrednost ± standardna devijacija; nivo statističke značajnosti $P < 0,05$.



Slika 6. Izgled spoljne površine i preseka uzoraka mesa divlje svinje

Rezultati instrumentalne analize teksture mesa buta divlje svinje dati su u tabeli 8. Allison, (2017) je slikovito ilustrirao primer uticaja krajnje temperature u centru proizvoda (od 43 do 74 °C) na boju poprečnog preseka i teksturu. Rezultati ovog istraživanja dati u tabelama 7 i 8 jasno ukazuju na to da su uzorci koji su bili crveniji na preseku (imali veće vrednosti parametra a*), odnosno *sous-vide* i grilovani uzorci, takođe imali manje vrednosti instrumentalne tvrdoće i žvkljivosti. Sa druge strane, meso kuvano u ključaloj vodi imalo je značajno veće vrednosti za ova dva parametra ($P < 0,01$). Kim i sar. (2010) su ispitivali vezu između parametara a* i sile smicanja za sirovo meso i zaključili postojanje statistički značajne korelacije, sa nalazom da crvenije meso zahteva manje sile smicanja. Međutim, termičko tretiranje mesa dovodi do denaturacije hemijskih jedinjenja nosioca crvene boje pa to nije bio slučaj u ovom istraživanju sa kuvanim mesom, uzimajući u obzir da su svi kulinarski tretmani rezultovali sličnim silama smicanja koje nisu bile statistički značajno različite. Literaturni navodi pojašnjavaju da smicanje mesa normalno na pravac prostiranja mišićnih vlakana kvantifikuje njihovu čvrstinu (Bouton i Harris, 1972). Sa obzirom na to, može se reći da su kulinarski tretmani ovog istraživanja jednako uticali na čvrstinu vlakana mesa, imajući na umu da niti jedna kulinarska metoda i interakcija nisu imale statistički značajnog efekta na posmatrani parametar. Sa druge strane, to nije bio slučaj kod mesa buta domaće svinje gde su postojale statistički značajne razlike za parametar sile smicanja između posmatranih kulinarskih metoda, gde je *sous-vide* metoda ostvarila najniže vrednosti praćena grilovanjem i kuvanjem u ključaloj vodi.

Rezultati TPA metode omogućili su bolje razumevanje teksturalnih promena mesa kao posledica kulinarske obrade. Kulinarske metode su imale statistički značajan efekat na sve posmatrane TPA parametre ($P < 0,01$ za tvrdoću ($\eta_p^2 = 0,992$), elastičnost ($\eta_p^2 = 0,996$), žvkljivost ($\eta_p^2 = 0,996$), i $P <$

0,05 za kohezivnost ($\eta_p^2 = 0,982$). Ponavljanja kulinarske obrade i interakcije nisu imale značajnog efekta na ove parametre. *Sous-vid* meso bilo je manje kohezivno, praćeno kvanim i grilovanim mesom. Ono je takođe bilo manje elastično u poređenju sa ostale dve kulinarske metode ($P < 0,001$). Instrumentalna tvrdoća, definisana kao maksimalna sila postignuta pri datoj deformaciji, značajno se razlikovala između mesa kvanog u ključaloj vodi i preostala dva ($P < 0,001$), dok se grilovano i *sous-vid* meso nisu razlikovali u ovom parametru. Rezultati žvkljivosti, definisane kao površina ispod krive, pratili su isti obrazac. Treba napomenuti da su uzorci bili kompresovani paralelno sa pravcem prostiranja mišićnih vlakana. Na osnovu toga se dalje može reći da su različite kulinarske metode zapravo uticale na delaminaciju uzoraka, utičući na silu/energiju potrebnu da se razdvoje mišićni snopovi (Tornberg, Andersson, i Josell, 1997). Različita ponašanja konektivnog i mišićnog tkiva pod uticajem zagrevanja su relevantna u ovom slučaju. Prema radu autora Palka (2003), denaturacija kolagena dešava se na temperaturama višim od 65 °C, dok se promene u proteinima koje su odgovorne za povećanje čvrstoće dešavaju na temperaturama višim od 70 °C (Palka i Daun, 1999). Sa obzirom na to, može se reći da je kuvanje u ključaloj vodi dovelo do strukturnih promena u mesu koje su dovele do povećanja tvrdoće i žvkljivosti, i koje su takođe bile reflektovane na kalo kulinarske obrade. Kalo kulinarske obrade je bilo pod značajnim uticajem faktora kulinarske obrade ($P < 0,01$, $\eta_p^2 = 0,993$). *Sous-vid* metoda je imala manju srednju vrednost kala kulinarske obrade ali nije bila različita od grilovanja. Ove dve metode su bile statistički značajno različite u odnosu na kuvanje u ključaloj vodi ($P < 0,001$). Prethodna istraživanja su ispitivala mikrostrukturu pod uticajem kulinarske obrade i zaključila da ona dovodi do povećanja poroznosti, što negativno koreliše sa sadržajem vode (Du i Sun, 2006). Roldán, Antequera, Martín, Mayoral, i Ruiz (2013) utvrdili su da temperatura obrade utiče na mikrostrukturu više od vremena obrade, pokazujući da veće temperature obrade dovode do većih gubitaka mase i manjeg sadržaja vlage. Razlika u kalu kulinarske obrade između *sous-vid* i kuvanja u ključaloj vodi je takođe u saglasnosti sa Jeong i sar. (2018), koji su utvrdili manju gustinu vlakana i kompaktnost, i značajno veće kalo kulinarske obrade za kuvanje u ključaloj vodi u poređenju sa *sous-vid*.

Tabela 8. Uticaj različitih kulinarskih metoda na karakteristike instrumentalne teksture i kalo kulinarske obrade mesa buta divlje svinje

	Kuvanje u ključaloj vodi	<i>Sous-vid</i>	Grilovanje
Sila smicanja (N)	64,75 ± 27,21 ^a	60,29 ± 13,98 ^a	66,45 ± 27,65 ^a
Tvrdoća (N)	34,80 ± 9,45 ^b	4,48 ± 2,05 ^a	7,84 ± 2,07 ^a
Elastičnost	0,65 ± 0,05 ^b	0,46 ± 0,06 ^a	0,67 ± 0,06 ^b
Kohezivnost	0,51 ± 0,03 ^b	0,47 ± 0,03 ^a	0,62 ± 0,05 ^c
Žvkljivost (N)	11,42 ± 3,20 ^b	1,70 ± 0,51 ^a	1,91 ± 0,96 ^a
Kalo kulinarske obrade (%)	48,23 ± 2,81 ^b	23,92 ± 1,86 ^a	27,67 ± 6,32 ^a

Rezultati su navedeni kao srednja vrednost ± standardna devijacija; nivo statističke značajnosti $P < 0,05$.

5.1.2.2. Oralno procesiranje mesa buta divlje svinje

Rezultati ispitivanja oralnog procesiranja mesa buta divlje svinje dati su u tabeli 9 (parametri mastikacije i inkorporacija salive) i na slikama 7 (površina čestica bolusa) i 8 (broj čestica bolusa). Rezultati statističke analize podataka pokazali su da posmatrani faktori (kulinarske metode, ispitanici i eksperimentalne sesije) različito uticali na posmatrana obeležja oralnog procesiranja. Kulinarske metode bile su značajan faktor uticaja na broj žvakova i vreme oralne izloženosti ($P < 0,05$, $\eta_p^2 = 0,771$ i $\eta_p^2 = 0,732$, respektivno). Interakcija faktora kulinarske metode i ispitanika (potrošača) je takođe bila značajna ($P < 0,05$, $\eta_p^2 = 0,900$ i $\eta_p^2 = 0,938$, respektivno), ukazujući na to da su ispitanici različito prilagođavali mastikaciju u odnosu na kulinarsku metodu. Sa druge strane, kulinarske obrade nisu imale značajnog efekta na brzinu žvakanja, broj žvakova po gramu i trajanje ciklusa žvakanja. Razlike u brzini žvakanja bile su zapažene između ispitanika ($P < 0,05$, $\eta_p^2 = 0,760$), a interakcija kulinarske metode i ispitanika je bila značajna ($P < 0,05$, $\eta_p^2 = 0,914$). Razlike između ispitanika su

takođe postojale za trajanje ciklusa žvakanja ($P < 0,05$, $\eta_p^2 = 0,733$), dok je postojala značajna interakcija između kulinarske obrade i ispitanika za brzinu žvakanja, broj žvakova po gramu i trajanje ciklusa žvakanja ($P < 0,05$, $\eta_p^2 = 0,910$, $\eta_p^2 = 0,918$, i $\eta_p^2 = 0,919$, respektivno). Ovi rezultati ukazuju na očekivane nalaze jedinstvenosti načina konzumacije hrane ispitanika, što je u skladu sa rezultatima drugih autora čiji je fokus bio na osobinama ispitanika poput godina, pola, nacionalnosti i sposobnosti konzumacije (Ketel i sar., 2019).

Rezultati Takijevog HSD testa otkrili su da je kuvanje u ključaloj vodi proizvelo meso koje je bilo zahtevnije za mastikaciju u poređenju sa grilovanim i *sous-vide* mesom, posmatrano kroz broj žvakova mastikacije i vreme oralne izloženosti ($P < 0,001$). Broj žvakova potrebnih za mastikaciju grama uzorka pokazao je sličan obrazac. Meso kuvano u ključaloj vodi je zahtevalo najviše žvakova po gramu i bilo je statistički različito od ostale dve metode ($P < 0,01$), dok je *sous-vide* tehnika dala proizvode koji su zahtevali skoro upola manji broj žvakova u poređenju sa kuvanjem u ključaloj vodi ($P < 0,001$). Međutim, bez obzira na kulinarsku metodu, sve vrste uzoraka su bile žvakane brzinom u opsegu od 1,38 do 1,54 žvaka po sekundi, što je u skladu sa drugim objavljenim istraživanjima (Aguayo-Mendoza i sar., 2019; Forde i sar., 2013). Trajanje ciklusa žvakanja je pratilo isti obrazac, u skladu sa radom Aguayo-Mendoza i sar. (2019). Sa druge strane, veoma značajne razlike su uočene za brzinu jedenja između kuvanja u ključaloj vodi i druge dve metode obrade ($P < 0,01$), pri čemu je značajno više *sous-vide* i grilovanog mesa konzumirano po jedinici vremena.

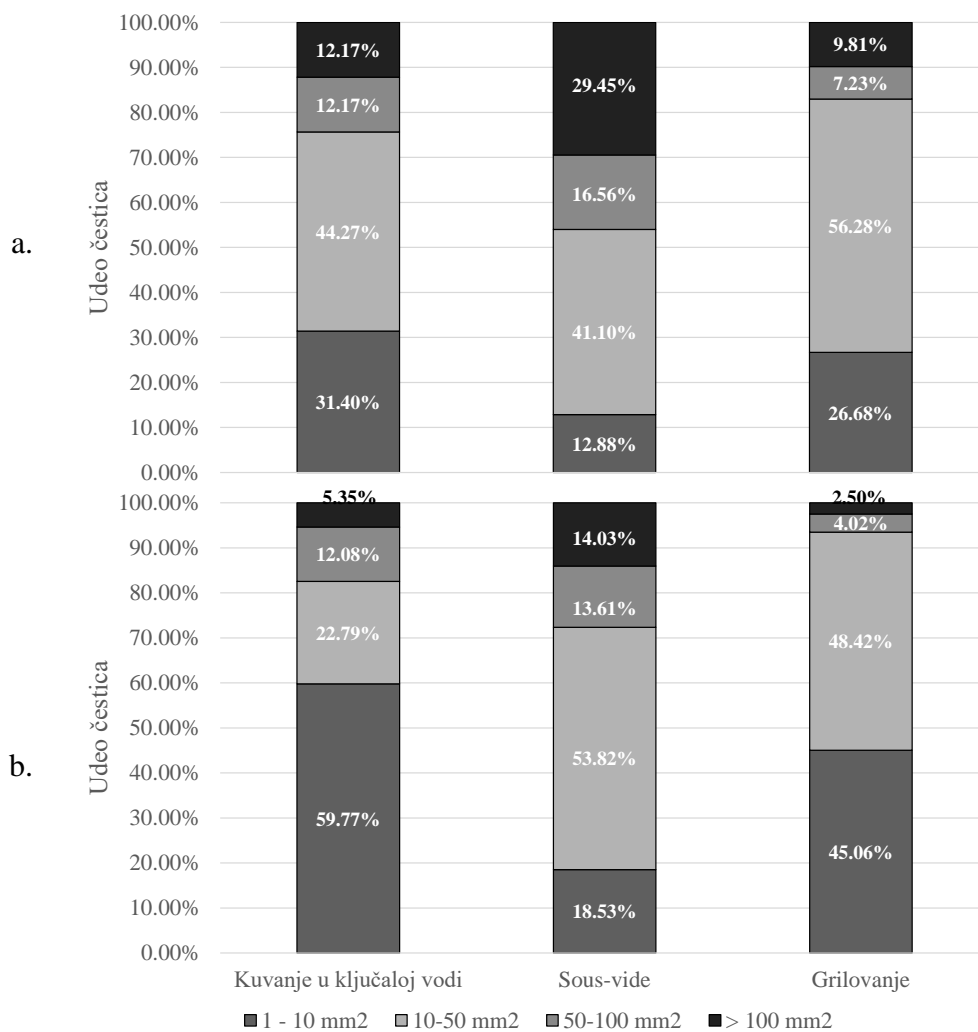
Inkorporacija salive se povećavala sa prolongacijom mastikacije. Kulinarske metode i testirane osobe su imali značajnog uticaja na dobijene rezultate ($P < 0,05$). Nakon 15 žvakova, manje salive bilo je integrisano u *sous-vide* meso, zatim u grilovanom, a najviše u mesu kuvanom u ključaloj vodi. Inkorporacija salive je bila nešto drugačija u momentu gutanja gde se *sous-vide* i grilovano meso nisu statistički značajno razlikovali, dok je kuvano meso zahtevalo značajno više salive da bi bilo progutano ($P < 0,001$). Inkorporacija salive i veličina čestica bolusa su dva značajna faktora koja determinišu momenat gutanja hrane (Lucas i Luke, 1983; Pematilleke i sar., 2020). Ovo je takođe podržana teza od strane autora Hutchings i Lillford, (1988), koji su predstavili model uzimajući u obzir strukturu i lubrikaciju, ukazujući na to da će mekano i sočno meso biti pre sažvakano i progutano u odnosu na suvo i čvrsto. Rezultati oralnog procesiranja ovog istraživanja stoje u ravni sa time, pokazujući da je meso kuvano u ključaloj vodi koje je bilo tvrđe i žvackljivije takođe zahtevalo više napora za konzumaciju, apsorbujući više salive.

Tabela 9. Uticaj različitih kulinarskih metoda na parametre mastikacije mesa buta divlje svinje

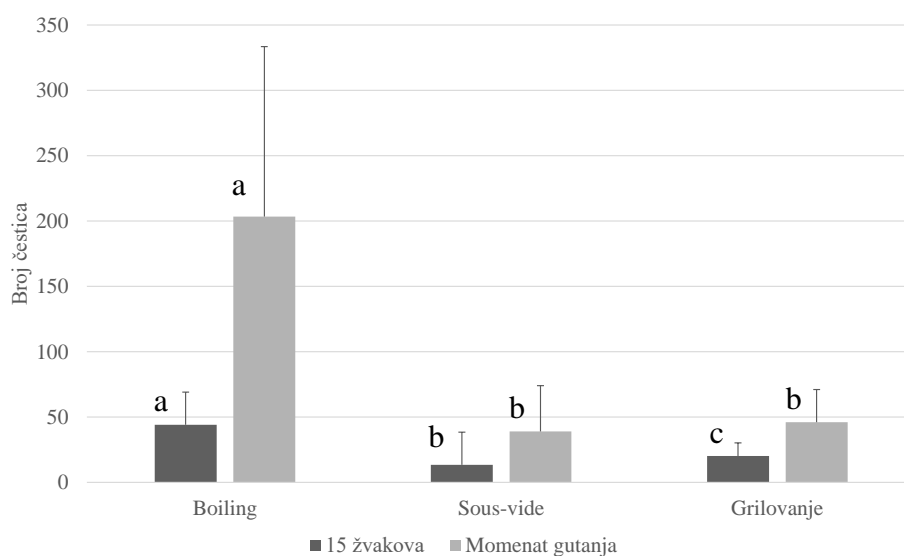
	Kuvanje u ključaloj vodi	<i>Sous-vide</i>	Grilovanje
Broj žvakova	78,38 ± 34,14 ^b	36,06 ± 9,78 ^a	41,21 ± 10,88 ^a
Vreme oralne izloženosti (s)	57,04 ± 27,05 ^b	26,78 ± 7,77 ^a	27,08 ± 8,55 ^a
Brzina žvakanja (žvak/s)	1,41 ± 0,20 ^a	1,38 ± 0,16 ^a	1,54 ± 0,29 ^b
Brzina jedenja (g/s)	0,18 ± 0,07 ^a	0,29 ± 0,12 ^b	0,25 ± 0,05 ^b
Broj žvakova po gramu (žvak/g)	9,40 ± 4,09 ^b	5,58 ± 1,80 ^a	7,46 ± 2,40 ^a
Trajanje ciklusa žvakanja (s/žvak)	0,73 ± 0,11 ^b	0,75 ± 0,13 ^b	0,66 ± 0,11 ^a
Inkorporacija salive nakon 15 žvakova (g/g)	0,09 ± 0,03 ^b	0,06 ± 0,02 ^a	0,07 ± 0,03 ^{a, b}
Inkorporacija salive u trenutku gutanja (g/g)	0,17 ± 0,04 ^b	0,09 ± 0,01 ^a	0,11 ± 0,06 ^a

Rezultati su navedeni kao srednja vrednost ± standardna devijacija; nivo statističke značajnosti $P < 0,05$.

Sa porastom broja čestica bolusa, njihova površina se je smanjivala, kao što se može videti sa slika 7 i 8. Slika 7 takođe ukazuje na trend povećanja malih čestica sa prolongacijom mastikacije i prisustvo većeg broja čestica za *sous-vide* i grilovano meso. Što se tiče broja čestica bolusa (slika 8), formiranje bolusa bilo je jedino pod uticajem kulinarske metode ($P < 0,01$, $\eta_p^2 = 0,997$ i $\eta_p^2 = 1,000$ za 15 žvakova i momenat gutanja, respektivno). Kuvanje u ključaloj vodi je uvek rezultiralo većim brojem čestica bolusa, i nakon 15 žvakova i u momentu gutanja.



Slika 7. Raspodela površine čestica bolusa mesa buta divlje svinje; a – za boluse ekspektorisane nakon 15 žvakova, b – za boluse ekspektorisane u momentu gutanja



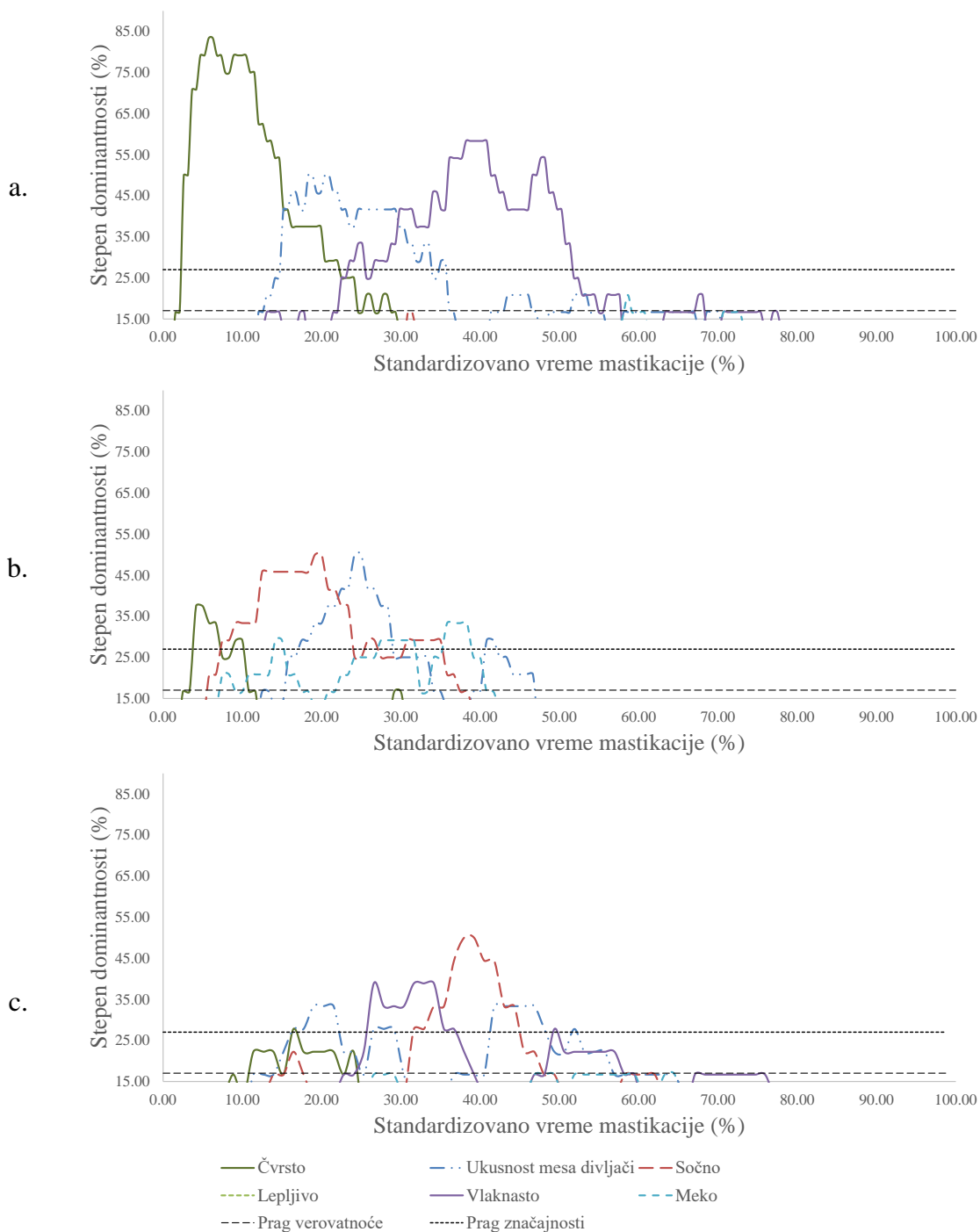
Slika 8. Broj čestica bolusa buta divlje svinje ekspektoriranih nakon 15 žvakova (tamno sivo) i u momentu gutanja (svetlo sivo). Različita slova prikazuju razliku između kulinarskih metoda na nivou značajnosti 5%

5.1.2.3. Senzorni profil mesa buta divlje svinje

Promena dominantnosti senzacija u toku mastikacije mesa buta divlje svinje prikazana je na slici 9. Razlike u percepciji uzoraka divlje svinje postojale su usled primene različitih kulinarskih metoda, što se može dovesti u vezu sa njihovim uticajem na teksturu i oralno procesiranje. Čvrstoća je bila dominantna senzacija na početku mastikacije, posebno za meso kuvano u ključaloj vodi, u skladu sa instrumentalnim merenjima tvrdoće i žvackljivosti. Ocenjivači su percipirali fibroznost na sredini trajanja mastikacije za meso kuvano u ključaloj vodi i grilovano meso, dok *sous-vide* nije bilo percipirano kao fibrozno. Sočnost je bila relevantan atribut po njenoj dominantnosti za *sous-vide* i grilovano meso ali u različitim vremenima mastikacije. Dok je grilovano meso bilo doživljeno sočnim na polovini mastikacije, *sous-vide* je bilo u prvoj trećini trajanja mastikacije. Međutim, kuvanje u ključaloj vodi dovelo je do izostanka sočnosti, što treba imati na umu znajući da je sočnost jedan od značajnih atributa za kvalitet mesa (Maltin, Balcerzak, Tilley, i Delday, 2003; Torrico i sar., 2018). Istovremeno, treba naglasiti i da je meso kuvano u ključaloj vodi imalo najveće kalo kulinarske obrade i da je zahtevalo više pljuvačke za formiranje bolusa koji je spreman za gutanje.

Sočnost mesa je već dugo predmet istraživanja ali i dalje nije u potpunosti istražen fenomen. Odnosi između kapaciteta zadržavanja vode, kala kulinarske obrade i sočnosti još uvek nisu potpuno razjašnjeni mada su dokazane neke korelacije između kala kulinarske obrade i sočnosti (Hughes, Oiseth, Purslow, i Warner, 2014; Winger i Hagyard, 1994). Nuklearna magnetna rezonanca (NMR) je primenjivana za razumevanje strukture vode u mesu. Tri relaksaciona vremena dovođena su u vezu sa različitim strukturama vode u mesu (Bertram i sar., 2001; Han i Bertram, 2017), dok je korelacija utvrđena između vode zadržane između vlakana mesa i sočnosti (P J Lillford, Clark, i Jones, 1980). Na osnovu toga, može se reći da je u ovom istraživanju kuvanje u ključaloj vodi eliminisalo ovu vrstu strukture vode, što je dovelo do izostanka percepcije sočnosti. Sa druge strane, grilovano i *sous-vide* meso imalo je slične nivoe sočnosti, gledajući njihov stepen dominantnosti na TDS krivama. Međutim, nije u potpunosti jasno da li su različita vremena percepcije sočnog posledica smene dominantnih atributa ili su kulinarske metode različito uticale na strukturu vode u mesu. Uzimajući u obzir gorenavedeno, sinergički uticaj više faktora (vrste mesa, strukture, mehanike i oralnog procesiranja) može biti pretpostavljen.

Stepen dominantnosti ukusnosti mesa divljači je premašio prag verovatnoće u periodu između 10 i 50% trajanja mastikacije. On je imao stepene dominantnosti između 35 i 50% za sve kulinarske metode. Neethling, Hoffman, i Muller (2016) su diskutovali kompleksnost razvoja ukusnosti mesa divljači. Nažalost, nema dostupnih radova o oslobađanju komponenti ukusnosti *in-vivo* u toku trajanja mastikacije. Uzimajući u obzir studije na različitim tipovima hrane (D. Frank, Kaczmarska, Paterson, Piyasiri, i Warner, 2017; Linforth, Pearson, i Taylor, 2007; van der Glas, Liu, Zhang, Wang, i Chen, 2020), može se postaviti hipoteza da će meso koje se oralno procesira na različite načine takođe imati različito oslobađanje komponenti ukusnosti. Sličan obrazac doživljaja ukusnosti je takođe viđen i u slučaju mesa buta domaće svinje. Ovakvi nalazi mogu biti objašnjeni sa osvrtom na volatilne komponente mesa koje su nosači percepcije ukusnosti. Lammers, Dietze i Ternes (2009) su istraživali volatilne komponente mesa domaće i divlje svinje i zaključili da razlike u percepciji ukusnosti radije dolaze od kvantiteta volatilnih komponenata nego od njihovog kvaliteta.



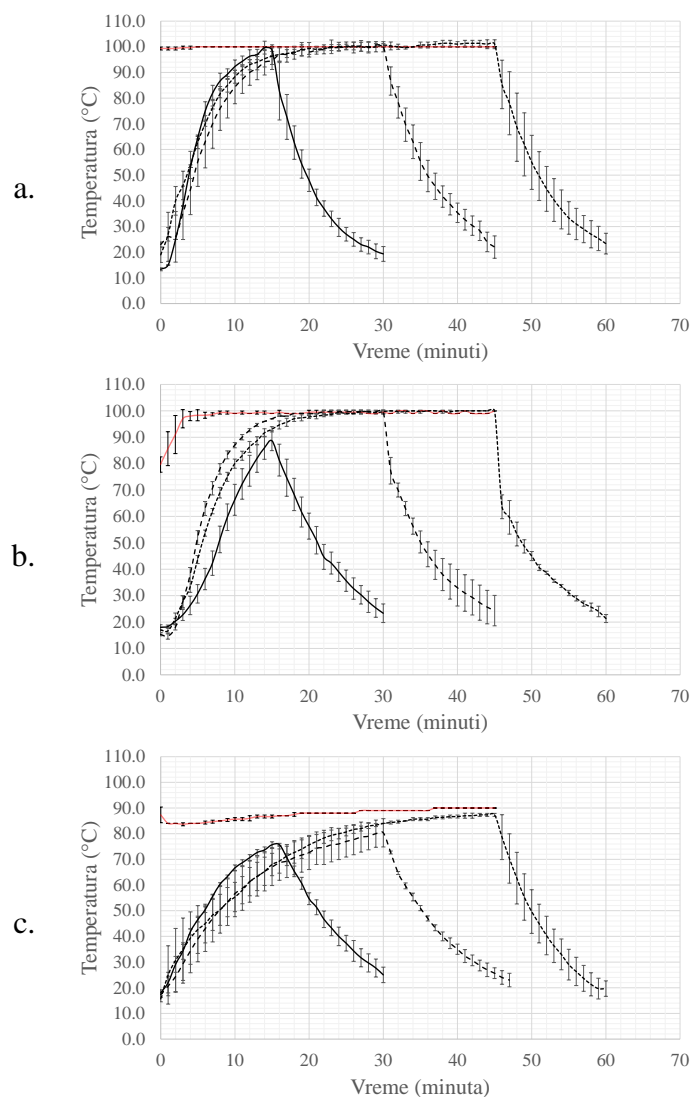
Slika 9. TDS krive za uzorke mesa buta divlje svinje pripremanih različitim kulinarskim metodama

5.2. Povrće

5.2.1. Celer pripreman u ključaloj vodi, na pari i *sous-vide*

5.2.1.1. Instrumentalna mehanička svojstva i boja celera

Promene temperature procesa i celera za vreme kulinarske pripreme prikazane su na slici 10. Rezultati razlike boje spoljne površine i preseka uzoraka celera prikazani su u tabeli 10. Sa ciljem razumevanja ukupne razlike u boji celera koji je kuvan primenom devet različitih tretmana, umesto poređenja pojedinačnih parametara CIE L^* a^* b^* koordinatnog sistema, rezultati su predstavljeni na osnovu indeksa ukupne razlike boje (ΔE). Vrednosti ΔE su varirale od 2,95 za poređenje spoljne površine celera koji je pripremljen tretmanima kuvanja na pari 30 i 45 minuta, do 5,55 za presek celera kuvanog u ključaloj vodi 15 i 30 minuta. Jedina statistička razlika postojala je za *sous-vide* celer, i to za poređenja tretmana od 15 i 45 minuta.



Slika 10. Promene temperature u toku procesa kuvanja celera; Legenda: a – kuvanje u ključaloj vodi, b – kuvanje na pari, c – sous-vide kuvanje; crvena linija predstavlja temperaturu procesa a ostale linije temperaturu u centru proizvoda za vreme kuvanja (15, 30 ili 45 minuta) i hlađenja

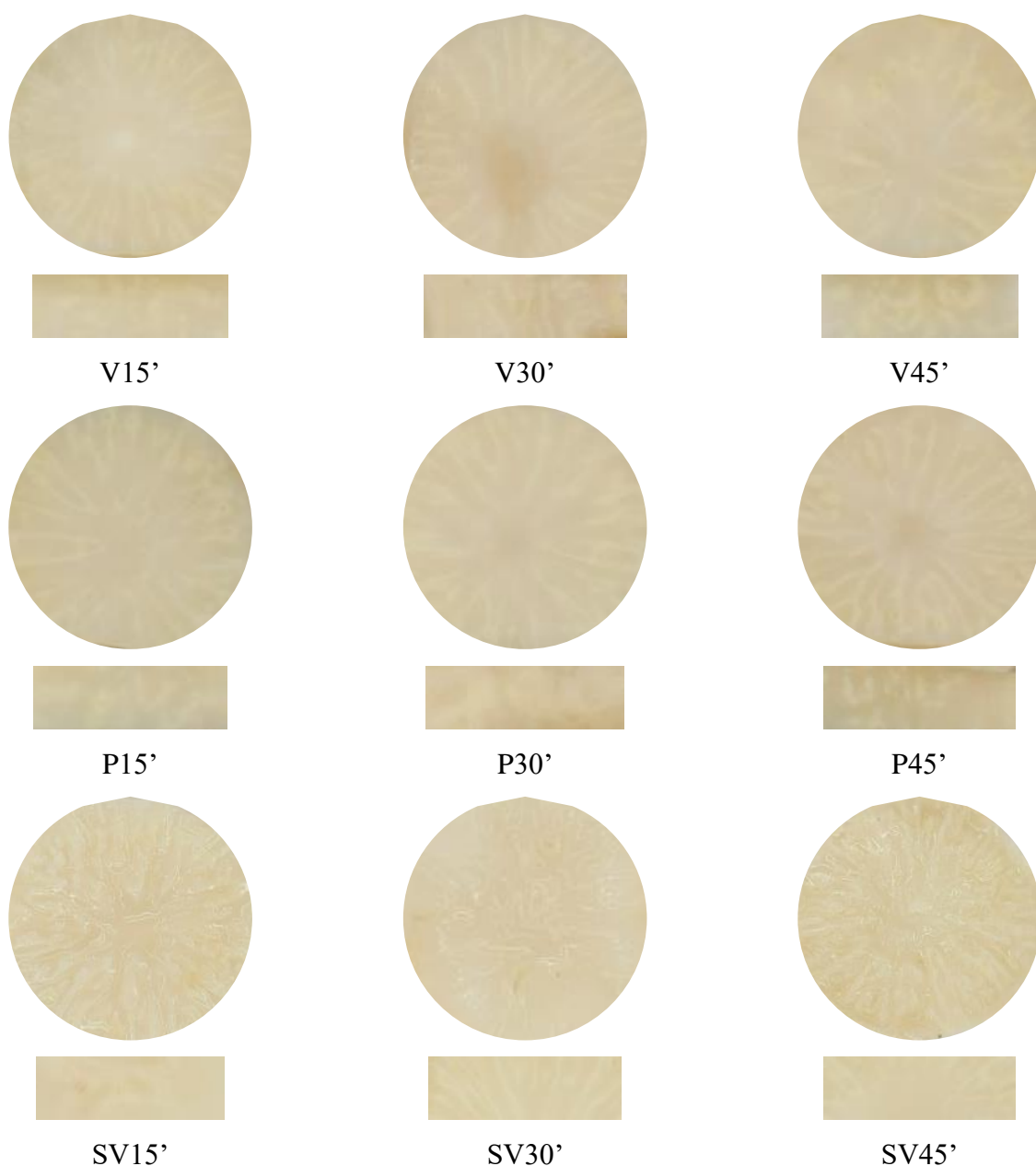
Tabela 10. Razlika u boji celera između različitih kulinarskih tretmana

Parna poređenja	$\Delta E_{\text{spoljne površine}}$	$\Delta E_{\text{preseka}}$
V15' – V30'	$5,28 \pm 2,32$	$5,55 \pm 3,27$
V15' – V45'	$4,59 \pm 2,36$	$4,04 \pm 2,49$
V30' – V45'	$4,09 \pm 2,12$	$4,90 \pm 3,20$
P15' – P30'	$3,97 \pm 1,44$	$4,28 \pm 2,21$
P15' – P45'	$3,52 \pm 1,42$	$4,22 \pm 1,89$
P30' – P45'	$2,95 \pm 1,33$	$3,48 \pm 1,85$
SV15' – SV30'	$4,60 \pm 2,59$	$4,28 \pm 1,75$
SV15' – SV45'	$4,34 \pm 2,47^a$	$3,13 \pm 1,94^b$
SV30' – SV45'	$4,57 \pm 2,16$	$5,05 \pm 1,90$

Rezultati su navedeni kao srednja vrednost \pm standardna devijacija; nivo statističke značajnosti $P < 0,05$. Legenda: V – kuvanje u ključaloj vodi; P – kuvanje na pari; SV – kuvanje u *sous-vide*; 15' – 15 minuta; 30' – 30 minuta; 45' – 45 minuta;

Egzaktna vrednost razlike u boji koja se može utvrditi od strane potrošača ili panelista nije definisana (Hill, Roger, i Vorhagen, 1997). Pozivajući se na rad (Schwarz, Cowan, i Beatty, 1987), Larraín, Schaefer, i Reed (2008) su pomenuli vrednost ΔE od 5,9 kao prag detekcije razlikovanja boje za 96 ispitanika. Tomasevic i sar. (2019) su pomenuli vrednost od 3,5 kao graničnu vrednost ΔE za razlikovanje boja. Ovo je u skladu sa navodima autora Mokrzycki i Tatol (2011). Prema njihovom objašnjenju, razlike u boji ne mogu biti primećene ukoliko ΔE ima vrednost između 0 i 1, razlike mogu biti primećene od strane eksperta ako je $1 < \Delta E < 2$, razlike mogu biti primećene od posmatrača bez iskustva ako su vrednosti ΔE između 2 i 3,5, i razlike su jasno uočljive za $3,5 < \Delta E < 5$. Novija istraživanja ukazuju na to da potrošači mogu razlikovati boje i kada je vrednost ΔE približno 1 (Altmann i sar., 2022). Na osnovu toga, može se reći da su u ovom istraživanju postojale male razlike u boji za posmatrana poređenja kulinarskih tretmana.

Izgled spoljne površine i preseka celera pripremanog različitim kulinarskim metodama predstavljen je slikom 11.



Slika 11. Izgled spoljašnje površine kuvanog celera (krugovi) i celera na preseku (pravougaonici).
 Legenda: V – kuvanje u ključaloj vodi; P – kuvanje na pari; SV – sous-vide kuvanje; 15' – 15 minuta; 30' – 30 minuta; 45' – 45 minuta;

Rezultati mehaničkih ispitivanja uzoraka celera i kala kulinarske obrade predstavljani su u tabeli 11. U pogledu promene mase kao posledice kulinarske obrade, hrana se ponaša drugačije u odnosu na primenjenu kulinarsku metodu (Jeong i sar., 2018; Kaur, Singh, Sodhi, i Gujral, 2002). Termička obrada povrća dovodi do degradacije strukture i posledičnog omekšavanja (Araya i sar., 2009; Radhika Bongoni, Stieger, Dekker, Steenbekkers, i Verkerk, 2014; de Castro, de Lacerda, de Alencar, i Botelho, 2020). Kao posledica degradacije tkiva i ćelija u ovom istraživanju, došlo je do gubitka jednog dela sokova celera. Kao rezultat, prolongacija kulinarske obrade dovela je do omekšavanja proizvoda (smanjile su se vrednosti napona pucanja, modula deformabilnosti, žilavosti i sile smicanja), dok je istovremeno porasla vrednost kala kulinarske obrade.

Veoma značajna interakcija dva faktora kulinarske metode i vremena kuvanja ($P < 0,001$) je utvrđena za parametar kala kulinarske obrade. Pojedinačni efekti su ispitani i utvrđeno je da su kulinarske metode imale značajne efekte ($P < 0,001$) na kalo kulinarske obrade za vremena kuvanja od 30 i 45 minuta, dok nije bilo značajnosti za petnaestominutne tretmane. Efekti vremena kuvanja su bili veoma značajni ($P < 0,001$) za kuvanje u ključaloj vodi i kuvanje na pari, ali ne značajni za *sous-vide* metodu. Tretmani kuvanja na pari 30 i 45 minuta proizveli su najveće kalo kulinarske obrade (11 i 25%, respektivno), i bili su značajno različiti u poređenju sa tretmanima istog trajanja kuvanja u ključaloj vodi ($P < 0,001$). Sa druge strane, tretmani *sous-vide* imali su najmanje vrednosti za ovaj parametar (manje od 2%) i bili su različiti u odnosu na tretmane kuvanja na pari i u ključaloj vodi ($P < 0,001$ i $P < 0,005$ za poređenje sa 30 minuta kuvanja u ključaloj vodi). U okviru metode kuvanja u ključaloj vodi, razlike su postojale između tretmana kuvanja od 45 minuta i preostala dva ($P < 0,001$). Suprotno, razlike nisu postojale za tretmane *sous-vide*.

Tretmani kuvanja na pari zabeležili su najveće vrednosti kala kulinarske obrade i paralelno manje vrednosti modula deformabilnosti u poređenju sa druge dve metode kuvanja. Kako se modul deformabilnosti odnosi na male deformacije, može se reći da je kuvanje na pari dovelo do najvećih promena u strukturi bliskoj spoljnoj površini uzoraka, što je povećalo gubitak njihovih sokova. U slučaju *sous-vide* metode, kalo kulinarske obrade je neznatno smanjeno sa produžetkom kuvanja ali nije bilo statistički značajnih razlika. Dobijene niske vrednosti kala kulinarske obrade za ovu metodu kuvanja se mogu pripisati nižim temperaturama kuvanja u odnosu na kuvanje u ključaloj vodi i kuvanja na pari, ali i primenjenom vakuumu (Baldwin, 2012). Interakcije dva faktora (metoda i vreme kuvanja) nisu bile značajne za napon pucanja, deformaciju pucanja i modul deformabilnosti. U slučaju napona pucanja i modula deformabilnosti, efekti faktora su bili značajni na nivou od $P < 0,001$. Veoma značajne i značajne interakcije između efekata kulinarske metode i vremena kuvanja su postojale za žilavost ($P < 0,001$) i silu smicanja ($P < 0,05$).

Razlike nisu postojale u mehaničkim parametrima za celer kivan metodom *sous-vide* ($P > 0,05$), osim u slučaju sile smicanja nakon kuvanja od 45 minuta, koja je bila različita od ostala dva tretmana ($P < 0,001$). Kuvanje u ključaloj vodi i na pari imali su slične efekte na mehaničke karakteristike izazivajući smanjenje napona pucanja, modula deformabilnosti, žilavosti i sile smicanja. Za obe ove metode kuvanja, tretmani kuvanja od 15 minuta su bili različiti u poređenju sa preostala dva za pomenuta mehanička obeležja ($P < 0,05$). Izuzetak je parametar deformacije pri pucanju koji je bio pod manjim uticajem vremena kuvanja.

Razlike između kulinarskih metoda za napon pucanja i silu smicanja su pratile isti obrazac. Dok razlike nisu postojale između tretmana kuvanja u ključaloj vodi i na pari ($P > 0,05$), ove dve metode su bile veoma značajno različite u odnosu na *sous-vide* ($P < 0,001$). Petnaestominutni tretmani se nisu razlikovali u pogledu žilavosti, ali su se preostala dva vremena *sous-vide* razlikovala od druge dve metode kuvanja na nivou $P < 0,001$. Isti obrazac je uočen i za modul deformabilnosti, sa izuzetkom što je kuvanje u ključaloj vodi delilo obe statističke grupe. Kao i za vreme kuvanja, metode kuvanja su malo uticale na parametar deformacije pri pucanju.

Tabela 11. Uticaj različitih kulinarskih tretmana na mehanička svojstva i kalo kulinarske obrade celera

Kulinarski tretman	Napon pucanja (KPa)	Deformacija pucanja	Modul deformabilnosti (KPa)	Žilavost (KJ/m ³)	Sila smicanja (N)	Kalo kulinarske obrade (%)
V15'	84,85 ± 41,02 ^{b, A}	0,35 ± 0,09 ^{a, A}	114,40 ± 79,45 ^{b, A}	51,79 ± 23,72 ^{b, A}	7,19 ± 3,20 ^{b, A}	3,67 ± 2,04 ^{a, A}
V30'	18,96 ± 3,30 ^{a, A}	0,50 ± 0,38 ^{a, A}	46,97 ± 13,64 ^{a, A, B}	16,6 ± 3,16 ^{a, A}	2,86 ± 1,76 ^{a, A}	7,18 ± 0,51 ^{a, B}
V45'	17,02 ± 6,62 ^{a, A}	0,35 ± 0,07 ^{a, A}	33,77 ± 16,06 ^{a, A}	14,41 ± 4,75 ^{a, A}	1,49 ± 0,43 ^{a, A}	17,86 ± 4,37 ^{b, B}
P15'	78,13 ± 41,61 ^{b, A}	0,37 ± 0,13 ^{a, A}	88,67 ± 71,53 ^{b, A}	58,46 ± 27,02 ^{b, A}	6,81 ± 4,06 ^{b, A}	4,14 ± 1,34 ^{a, A}
P30'	18,6 ± 9,57 ^{a, A}	0,63 ± 0,33 ^{b, A, B}	27,19 ± 15,74 ^{a, A}	15,72 ± 6,68 ^{a, A}	2,29 ± 1,11 ^{a, A}	11,31 ± 4,90 ^{b, C}
P45'	12,81 ± 2,88 ^{a, A}	0,47 ± 0,11 ^{a, b, A, B}	17,92 ± 5,85 ^{a, A}	11,29 ± 2,16 ^{a, A}	1,82 ± 0,74 ^{a, A}	25,26 ± 1,97 ^{c, C}
SV15'	198,70 ± 92,00 ^{a, B}	0,62 ± 0,23 ^{a, B}	113,74 ± 76,90 ^{a, A}	48,99 ± 23,80 ^{a, A}	30,82 ± 9,67 ^{b, B}	1,65 ± 1,09 ^{a, A}
SV30'	196,91 ± 72,81 ^{a, B}	0,70 ± 0,23 ^{a, B}	91,78 ± 49,18 ^{a, B}	56,21 ± 20,36 ^{a, B}	27,21 ± 10,34 ^{b, B}	1,34 ± 2,22 ^{a, A}
SV45'	160,51 ± 85,85 ^{a, B}	0,57 ± 0,17 ^{a, B}	113,64 ± 88,75 ^{a, B}	43,59 ± 23,31 ^{a, B}	16,21 ± 10,17 ^{a, B}	1,15 ± 0,87 ^{a, A}

Rezultati su navedeni kao srednja vrednost ± standardna devijacija; nivo statističke značajnosti $P < 0,05$; mala slova označavaju razlike u okviru iste kulinarske metode, a velika slova razliku između svih posmatranih metoda.

Legenda: V – kuvanje u ključaloj vodi; P – kuvanje na pari; SV – *sous-vide* kuvanje; 15' – 15 minuta; 30' – 30 minuta; 45' – 45 minuta;

5.2.1.2. Oralno procesiranje celera

Rezultati za parametre mastikacije celera prikazani su u tabeli 12. Interakcija faktora kulinarske metode i vremena kuvanja je bila značajna ($P < 0,05$) za broj žvakova i veoma značajna za vreme oralne izloženosti ($P < 0,001$). Pojedinačni efekti faktora kulinarske metode su bili statistički veoma značajni za sva vremena kuvanja za oba ova parametra mastikacije ($P < 0,005$ za broj žvakova i $P < 0,001$ za vreme oralne izloženosti). Efekti vremena kuvanja su bili značajni za sve kulinarske metode ($P < 0,05$) za broj žvakova, i značajni ($P < 0,05$ za kuvanje u ključaloj vodi i kuvanje na pari) i veoma značajni ($P < 0,001$ za *sous-vide*) za vreme oralne izloženosti. Tretmani kuvanja u ključaloj vodi i kuvanja na pari se nisu razlikovali u broju žvakova ali su bili različiti u odnosu na *sous-vide* tretmane ($P < 0,001$). U okviru metoda kuvanja u ključaloj vodi i na pari, tretmani od 15 i 45 minuta su se razlikovali u broju žvakova ($P < 0,05$), dok su tridesetominutni pripadali obema grupama. Isti obrazac važi i za vreme oralne izloženosti. U slučaju *sous-vide* kuvanja, broj žvakova se razlikovao između petnaestominutnog tretmana i druga dva ($P < 0,001$), dok su se 30' i 45' tretmani razlikovali nešto manje ($P < 0,05$). Vreme oralne izloženosti se je razlikovalo između svih *sous-vide* tretmana ($P < 0,005$).

Veoma značajni efekti kulinarske metode na trajanje ciklusa žvakanja ($P < 0,005$) i brzinu žvakanja ($P < 0,001$) su utvrđeni, dok su trajanje kuvanja i interakcija faktora bili statistički ne značajni. Što se tiče trajanja ciklusa žvakanja, kuvanje u ključaloj vodi i kuvanje na pari su se razlikovali od *sous-vide* kuvanja ($P < 0,001$ i $P < 0,01$, respektivno) za pentaestominutne tretmane. Za kuvanje od 30 minuta, kuvanje u ključaloj vodi i na pari su bili različiti ($P < 0,05$), dok su se obe metode razlikovale od *sous-vide* ($P < 0,001$). Ciklusi žvakanja celera kuvanog i parenog 45 minuta se nisu razlikovali ali se ova dva jesu razlikovala od *sous-vide* ($P < 0,001$). Kuvanje u ključaloj vodi i na pari se nisu razlikovali u parametru brzine žvakanja ali su ove dve metode bile različite od *sous-vide* ($P < 0,001$).

Značajni efekti faktora i njihovih interakcija nisu nađeni za parametre broja gutljaja, veličine zalogaja i brzine jedenja. I ako je u radu Aguayo-Mendoza i sar., (2019) obuhvaćeno nekoliko različitih vrsta namirnica, razlike u broju gutljaja nisu nađene, kao i u ovom istraživanju. Forde i sar. (2013) je u svom istraživanju obuhvatio 35 različitih namirnica i zaključio da su dve trećine imale sličnu veličinu zalogaja. U odnosu na ove literaturne navode, rezultati ovog istraživanja za veličinu zalogaja i brzinu jedenja deluju opravdano. Poelman, Delahunty, i de Graaf (2017) su pomenuli da tvrdo povrće ima manje vrednosti brzine jedenja što može biti pozitivna karakteristika zbog ostvarenja ranijeg zasićenja. Na brzinu jedenja šargarepe je bilo uticano promenom njihovog oblika i dodavanjem priloga u radu Van Eck, Wijne, Fogliano, Stieger, i Scholten (2019). U ovom istraživanju, razlike u brzini jedenja nisu postojale ali je ovaj parametar pod uticajem mehaničkih karakteristika (negativna korelacija sa naponom pucanja i silom smicanja i pozitivna korelacija sa kalom kulinarske obrade). Ovo može biti od interesa prilikom prilagođavanja načina pripreme celera sa obzirom na to da parametar brzine jedenja determiniše osećaj sitosti i količinu hrane koja se konzumira (Robinson i sar., 2014).

Tretmani kuvanja u ključaloj vodi i na pari rezultovali su sličnim brojem žvakova za konzumaciju zalogaja. Sa druge strane, *sous-vide* celer je zahtevao duplo više napora. To se može videti na primeru gde je celer kuvan i paren 15 minuta zahtevao 15 i 14 žvakova, respektivno, dok je *sous-vide* celer zahtevao 33 žvaka. Isti obrazac se može primetiti i za preostala dva vremena kuvanja. Sličan trend postoji i za parametar oralne izloženosti, osim za najduže vreme kuvanja gde su se vrednosti međusobno približile. Efekat kulinarske metode na ova dva parametra mastikacije ne treba biti zanemaren. Sa jedne strane, određene grupe potrošača mogu biti veoma zainteresovane za proizvode koji se mogu lako konzumirati. Ovo može biti posebno važno za stariju populaciju i potrošače koji imaju poteškoća u žvakanju, što može uticati na njihovo konzumiranje povrća i ishranu (Sahyoun, Zhang, i Serdula, 2006). Sa druge strane, manipulisanje vremenom koje hrana provede u usnoj duplji za vreme konzumacije znači mogućnost upravljanja senzornom percepcijom (Chen, 2014; Foster i sar., 2011; Stokes i sar., 2013).

Tabela 12. Uticaj različitih kulinarskih metoda na parametre mastikacije celera

	Broj žvakova	Vreme oralne izloženosti(s)	Broj gutljaja	Trajanje ciklusa žvakanja (s/žvak)	Brzina žvakanja (žvak/s)	Velicina zalogaja (g)	Brzina jedenja (g/s)
V15'	15,26 ± 7,38 ^{b, A}	11,85 ± 4,30 ^{b, A}	1,34 ± 0,48	0,82 ± 0,13 ^B	1,25 ± 0,21 ^A	2,90 ± 1,48	0,25 ± 0,13
V30'	12,6 ± 4,62 ^{a, b, A}	10,15 ± 2,52 ^{a, b, A}	1,23 ± 0,43	0,87 ± 0,23 ^C	1,22 ± 0,25 ^A	2,01 ± 1,26	0,20 ± 0,13
V45'	11,74 ± 4,06 ^{a, A}	9,26 ± 2,38 ^{a, A}	1,17 ± 0,38	0,81 ± 0,13 ^B	1,26 ± 0,19 ^A	2,59 ± 1,37	0,29 ± 0,17
P15'	14,37 ± 4,93 ^{b, A}	10,81 ± 2,86 ^{b, A}	1,14 ± 0,36	0,78 ± 0,12 ^B	1,31 ± 0,21 ^A	1,72 ± 0,81	0,16 ± 0,08
P30'	12,2 ± 4,19 ^{a, b, A}	9,35 ± 2,80 ^{a, b, A}	1,26 ± 0,44	0,79 ± 0,14 ^B	1,30 ± 0,22 ^A	1,85 ± 0,55	0,21 ± 0,06
P45'	10,91 ± 3,08 ^{a, A}	8,45 ± 2,17 ^{a, A}	1,17 ± 0,38	0,79 ± 0,11 ^B	1,30 ± 0,18 ^A	2,41 ± 1,92	0,27 ± 0,16
SV15'	32,67 ± 10,29 ^{c, B}	21,70 ± 6,79 ^{c, B}	1,17 ± 0,46	0,68 ± 0,15 ^A	1,53 ± 0,28 ^B	2,80 ± 1,33	0,14 ± 0,08
SV30'	26,83 ± 9,20 ^{b, B}	17,03 ± 4,36 ^{b, B}	1,10 ± 0,31	0,67 ± 0,15 ^A	1,57 ± 0,31 ^B	2,46 ± 1,04	0,15 ± 0,08
SV45'	22,63 ± 6,30 ^{a, B}	13,79 ± 2,87 ^{a, B}	1,03 ± 0,18	0,63 ± 0,10 ^A	1,63 ± 0,23 ^B	2,36 ± 1,03	0,17 ± 0,07

Rezultati su navedeni kao srednja vrednost ± standardna devijacija; nivo statističke značajnosti $P < 0,05$; mala slova označavaju razlike u okviru iste kulinarske metode, a velika slova razliku između svih posmatranih metoda.

Legenda: V – kuvanje u ključaloj vodi; P – kuvanje na pari; SV – *sous-vide* kuvanje; 15' – 15 minuta; 30' – 30 minuta; 45' – 45 minuta;

Najmanje vrednosti trajanja ciklusa žvakanja imao je *sous-vide* celer, dok je celer kuvan u ključaloj vodi imao najveće. Pareni celer je delio obe statističke grupe. *Sous-vide* celer je bio različit po pitanju brzine žvakanja, imajući najveće vrednosti.

Odnos između mehaničkih parametara, kala kulinarske obrade i parametara mastikacije je prikazan u tabeli 13.

Tabela 13. *Spirmanova korelacija za kalo kulinarske obrade, mehaničke karakteristike i parametre mastikacije celera*

	Broj žvakova	Vreme oralne izloženosti	Broj gutljaja	Trajanje ciklusa žvakanja	Brzina žvakanja	Veličina zalogaja	Brzina jedenja
Napon pucanja	1,000**	1,000**	- 0,356	- 0,586	0,586	0,317	- 0,850**
Deformacija pucanja	0,452	0,452	- 0,289	- 0,580	0,580	- 0,218	- 0,636
Modul deformabilnosti	0,867**	0,867**	- 0,102	- 0,276	0,276	0,517	- 0,533
Žilavost	0,750*	0,750*	- 0,288	- 0,368	0,368	0,000	- 0,717*
Sila smicanja	0,983**	0,983**	- 0,356	- 0,611	0,611	0,283	- 0,867**
Kalo kulinarske obrade	- 0,933**	- 0,933**	0,492	0,653	- 0,653	- 0,183	0,750*

Korelacije su određene na osnovu srednjih vrednosti parametara; Legenda: * korelacija je značajna na nivou $P < 0,05$ i ** korelacija je značajna na nivou $P < 0,01$

Napon pucanja i sila smicanja su u jakoj pozitivno korelaciji ($P < 0,01$) sa brojem žvakova i vremenom oralne izloženosti. Sa druge strane, u negativnoj su korelaciji sa brzinom jedenja. Sličan obrazac korelacije postoji između žilavosti i pomenutih parametara mastikacije. Modul deformabilnosti je takođe pokazao jaku korelaciju sa brojem žvakova i vremenom oralne izloženosti. Ovi nalazi su u skladu sa prethodno prikazanim vezama mehaničkih karakteristika hrane i oralnog procesiranja (Chen, 2009; Lucas, Prinz, Agrawal, i Bruce, 2004). Deformacija pucanja nije bila u korelaciji ni sa jednim od parametara mastikacije. Sa druge strane, kalo kulinarske obrade je bilo u korelaciji sa brojem žvakova i oralnom izloženosti ($P < 0,01$ i $P < 0,05$, respektivno).

5.2.1.3. *Senzorno ispitivanje celera*

TDS grafikoni celera prikazani su na slikama 12 (celer kuvan u ključaloj vodi), 13 (celer kuvan na pari) i 14 (*sous-vide* kuvan celer). TDS krive pokazuju trend smanjenja stepena dominantnosti za tretmane kuvanja u ključaloj vodi i na pari 30 i 45 minuta. Međutim, u slučaju *sous-vide* kuvanja, percepcija čvrstog je perzistentna bez obzira na trajanje kuvanja. Što se tiče ostalih senzornih atributa, ukusnost celera je bila iznad praga značajnosti za sve metode kuvanja i bila je jedna od najprimećenijih. Doživljaj gorkog i slatkog su takođe bili relevantni, naročito za *sous-vide* kuvanje ali je primećeno smanjenje njihovog stepena dominantnosti sa produžetkom kuvanja.

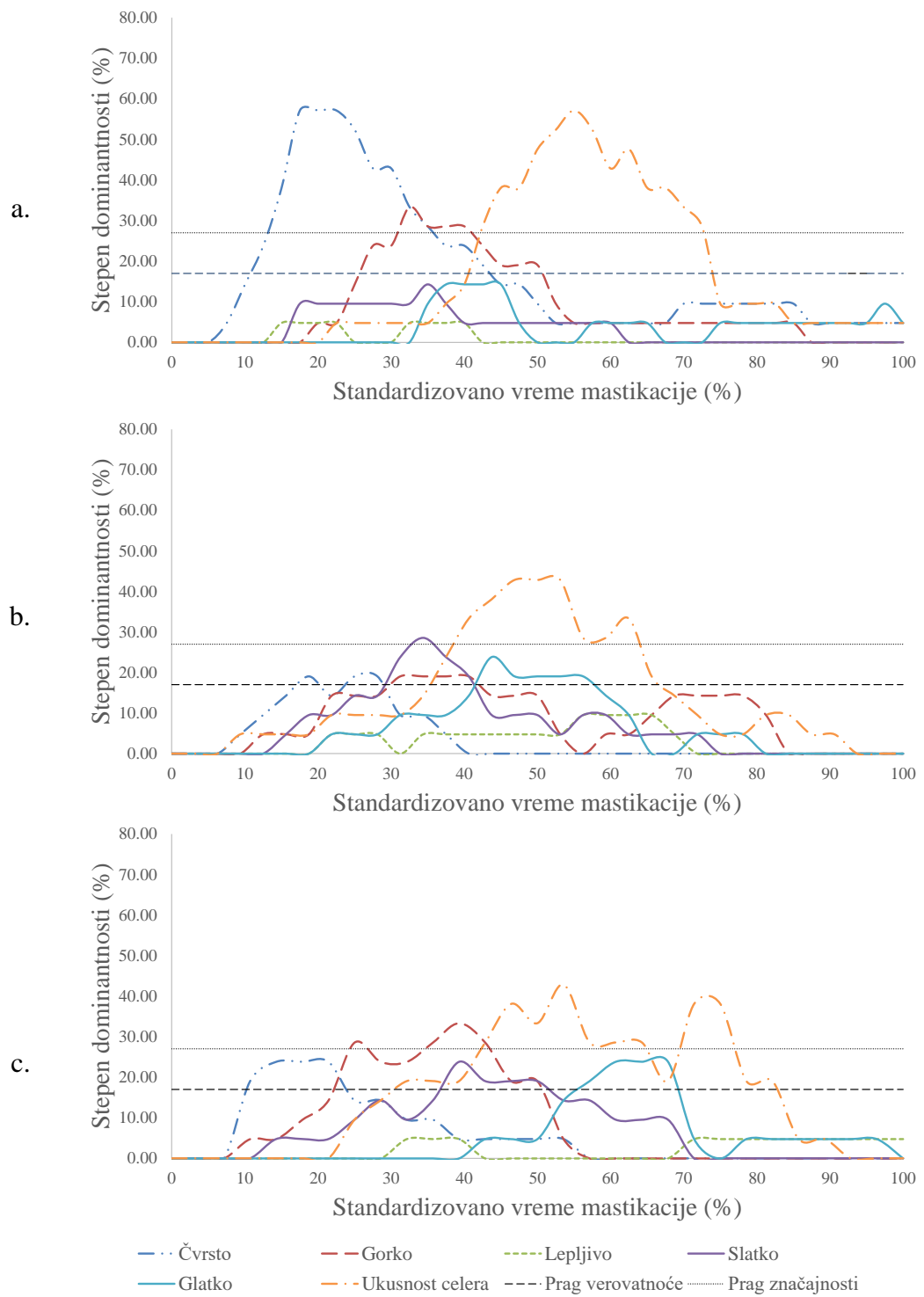
Dijagrami dobijeni primenom sekvencijalnog testa na rezultate testa trougla koji pokazuju postojanje perceptivnih razlika između ispitivanih tretmana za kuvanje celera su prikazani na slici 15. Na osnovu dijagrama sekvencijalnog testa može se videti da su postojale primetne razlike između uzoraka tretiranih u ključaloj vodi 15 i 30 minuta (razlike su utvrđene nakon 32 testirane trijade) i između uzorka kuvanih 15 i 45 minuta (razlike su utvrđene nakon 25 testiranih trijada). Međutim, zaključak o postojanju razlika ili sličnosti između uzoraka kuvanih u ključaloj vodi 30 i 45 minuta nije bilo moguće doneti ni nakon 33 testiranja. Zbog toga je pribegnuto primeni binomnog testa sa prethodno utvrđenim kriterijumima ($P_d = 0.35$, $\alpha = 0,05$ i $\beta = 0.15$). Na osnovu binomnog testa, ne može se

zaključiti postojanje razlike između tretmana kuvanja u vodi u trajanju od 30 i 45 minuta, sa obzirom na to da je broj dobijenih tačnih odgovora (13) manji od minimalnog broja tačnih odgovora neophodnih za takav zaključak (ISO 4120:2004). U slučaju kuvanja na vodenoj pari, sekvencijalni test je pokazao postojanje razlika u svim slučajevima, odnosno nakon 15 ponavljanja (poređenje tretmana od 30 i 45 minuta), nakon 21 ponavljanje (poređenje tretmana od 15 i 45 minuta), i nakon 29 ponavljanja (poređenje tretmana od 15 i 30 minuta). Sekvencijalni test za poređenja tretmana kuvanja metodom *sous-vide* je pokazao razlike između tretmana od 30 i 45 minuta kuvanja (nakon 12 ponavljanja) i tretmana od 15 i 45 minuta (nakon 13 ponavljanja). Na osnovu sekvencijalnog testa se nije moglo zaključiti da li postoje razlike između uzoraka kuvanih metodom *sous-vide* u trajanju od 15 i 30 minuta. Na osnovu zadatih kriterijuma i broja tačnih odgovora za ovo poređenje (14), na osnovu rezultata binomnog testa se može zaključiti da razlike ne postoje.

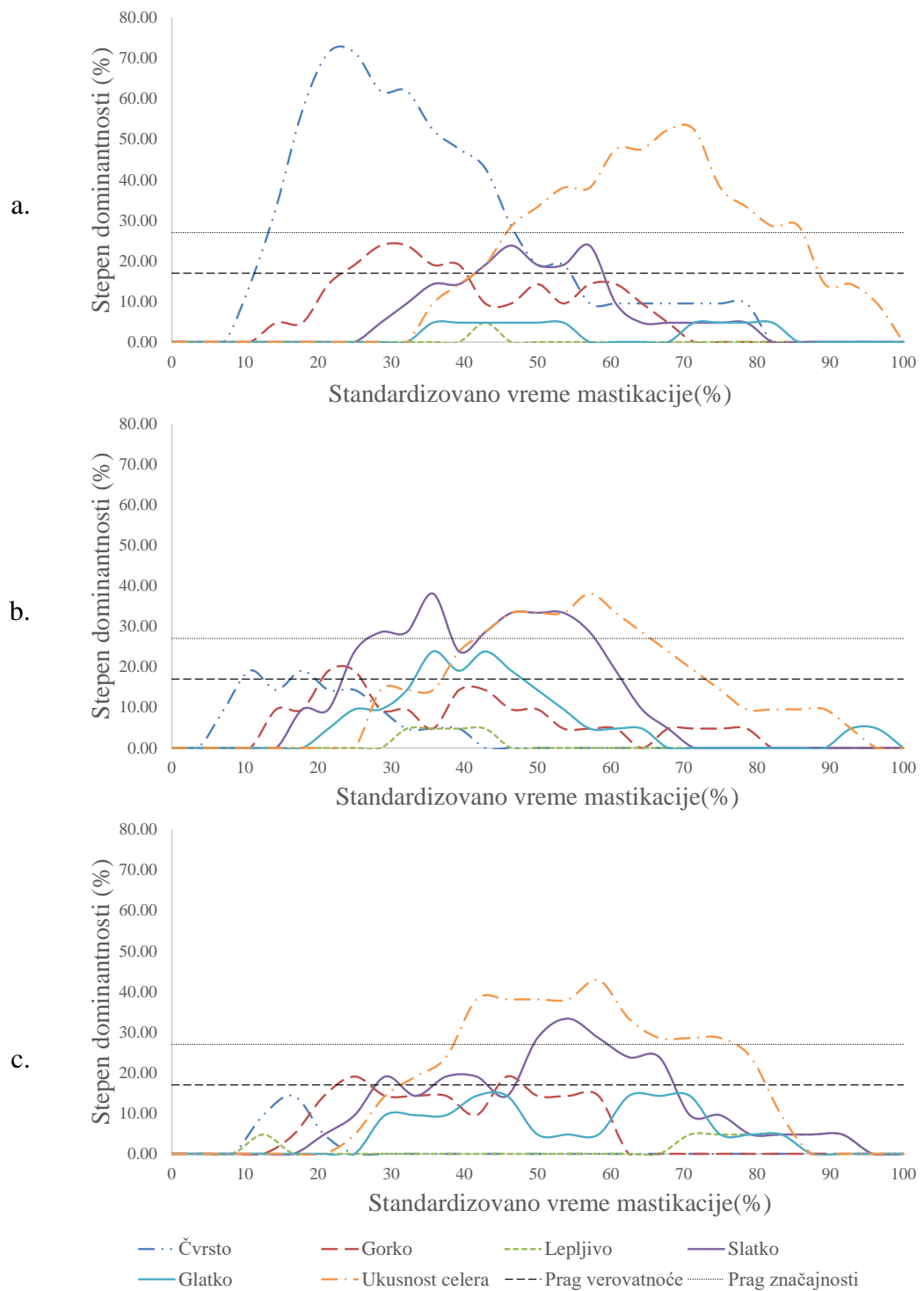
Minimalan broj potrebnih odgovora da se donese zaključak da razlika između uzoraka postoji bio je 17. Za poređenje tretmana kuvanja u ključaloj vodi 15 i 30 minuta, dobijeno je 18 tačnih odgovora (55,95% populacije može primetiti postojanje razlika), dok je za poređenje tretmana od 30 i 45 minuta dobijeno 20 tačnih odgovora (64,80% populacije može detektovati postojanje razlika). Sa druge strane, 13 tačnih odgovora je dobijeno za poređenje tretmana od 30 i 45 minuta što znači da nisu detektovane perceptivne razlike (32,30% populacije može detektovati razlike).

Poređenje tretmana kuvanja na pari ukazalo je na postojanje razlika među tretmanima sa obzirom na to da je 17 tačnih odgovora dobijeno za poređenje tretmana 15 i 30 minuta kuvanja (51,39% populacije može primetiti postojanje razlika), 20 tačnih odgovora za poređenje tretmana od 15 i 45 minuta (64,80% populacije može uvideti razlike) i 23 tačna odgovora za poređenje tretmana od 30 i 45 minuta (77,36% populacije može detektovati razlike).

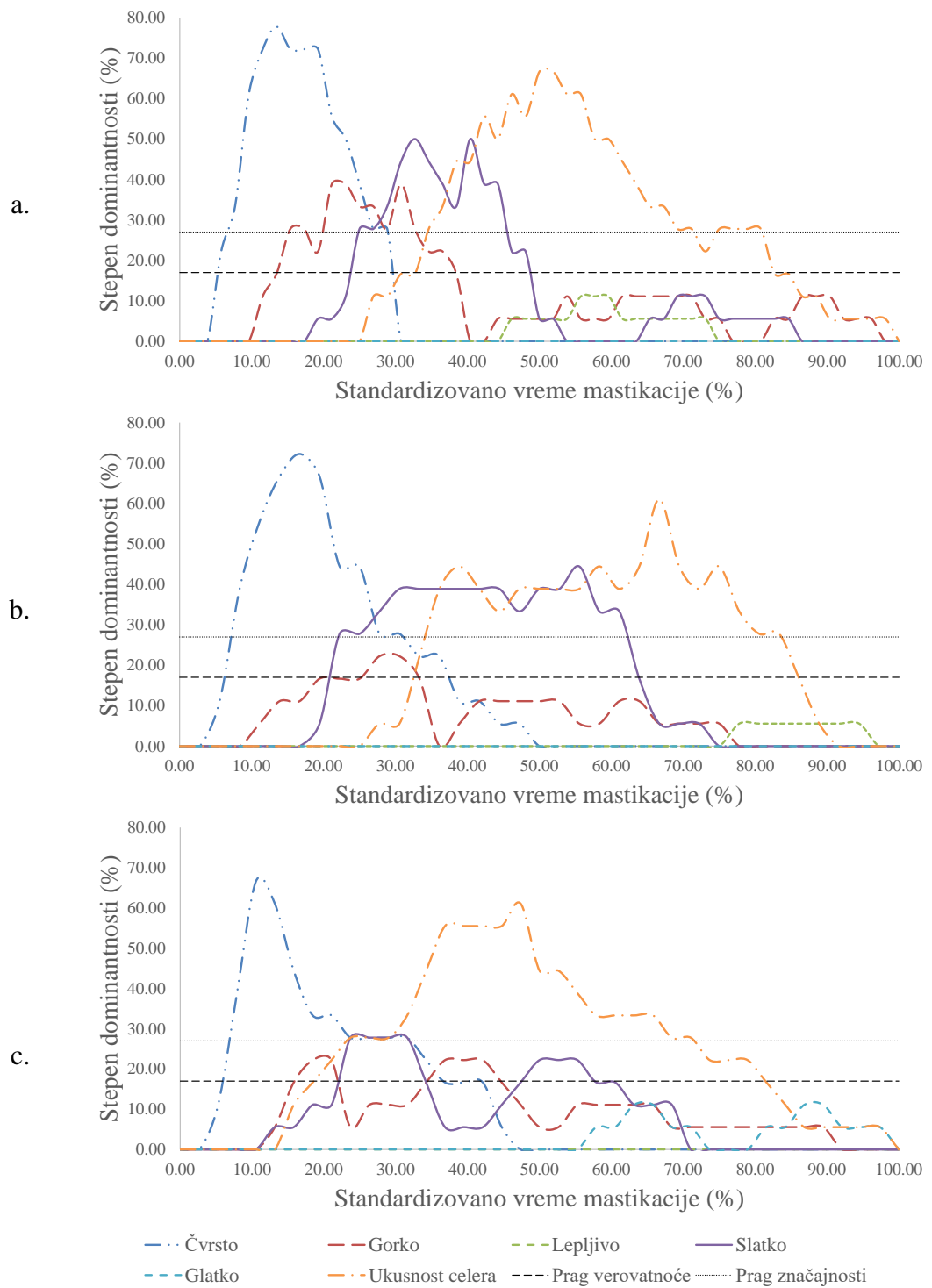
Poređenje tretmana *sous-vide* kuvanja 15 i 30 minuta je rezultiralo sa 14 tačnih odgovora ukazujući na nepostojanje razlika između ova dva (37,20% populacije može uvideti razlike). Sa druge strane, 22 tačna odgovora je dobijeno pri poređenju *sous-vide* od 15 i 45 minuta kao i za poređenje 30 i 45 minuta (73,28% populacije može primetiti postojanje razlika).



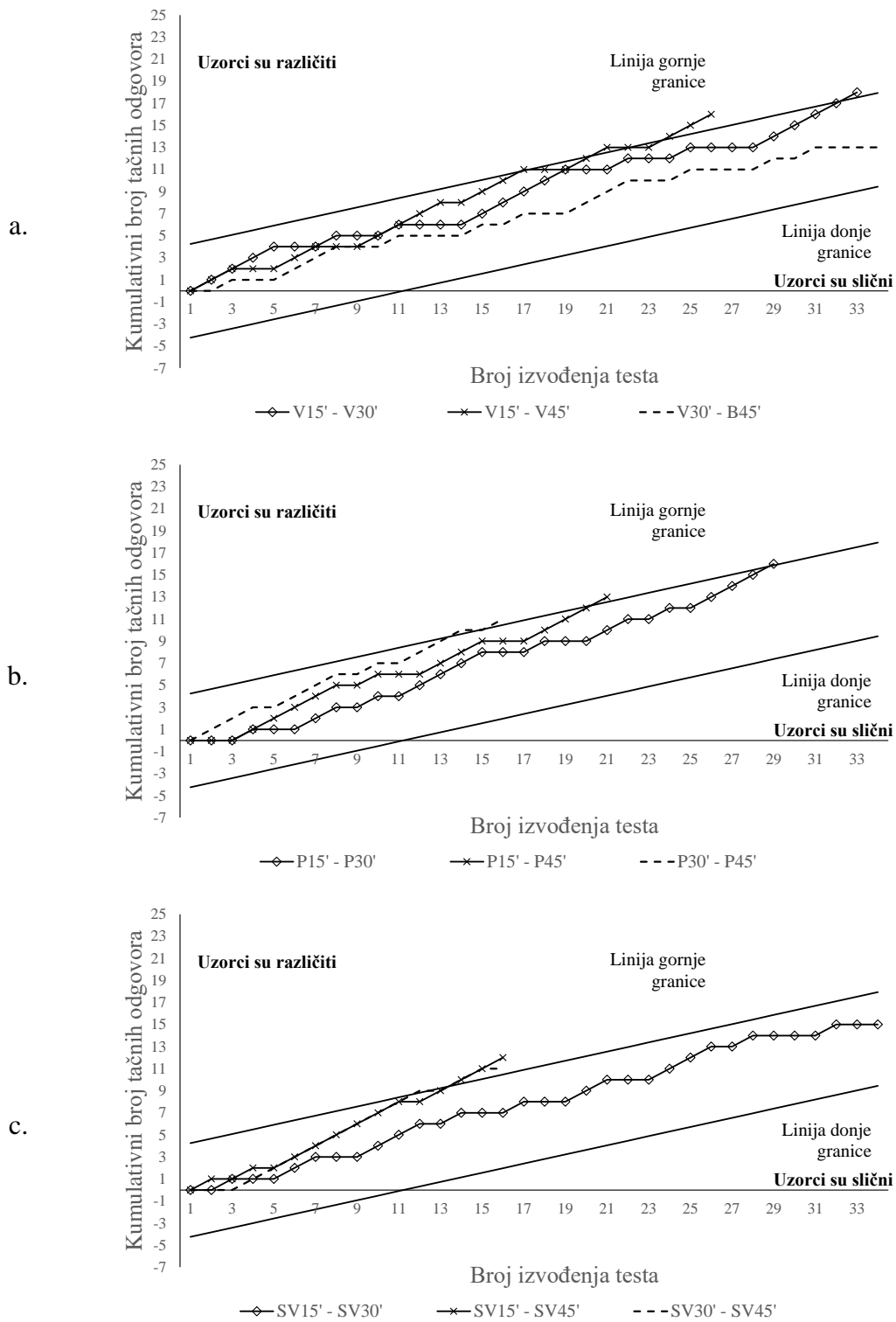
Slika 12. TDS krive za celer pripreman kuvanjem u ključaloj vodi; a – tretman 15', b – tretman 30', c – tretman 45'



Slika 13. TDS krive za celer pripreman kuvanjem na pari; a – tretman 15', b – tretman 30', c – tretman 45'



Slika 14. TDS krive za celer pripreman sous-vide kuvanjem; a – tretman 15', b – tretman 30', c – tretman 45'



Slika 15. Test trougla celera; *Legenda: V – kuvanje u ključaloj vodi; P – kuvanje na pari; SV – sous-vide kuvanje; 15' – 15 minuta; 30' – 30 minuta; 45' – 45 minuta;*

5.2.2. Krompir pripreman u ključaloj vodi, na pari i grilovanjem

5.2.2.1. Instrumentalna mehanička svojstva i boja krompira

Promene temperature procesa i krompira za vreme kulinarske obrade krompira prikazane su na slici 16. Radi razumevanja razlike u boji krompira koji je kuvan primenom dvanaest različitih tretmana, izračunate su vrednosti indeksa ukupne razlike boje (tabela 14). Na osnovu rezultata se može videti da su poređenja tretmana obrade od 30 i 45 minuta imala manje ΔE vrednosti u odnosu na druga dva poređenja (15' – 30' i 15' – 45'), kako za spoljnu površinu tako i za poprečni presek. Poređenja najkraćih i najdužih tretmana obrade su imala najveće ΔE vrednosti. Međutim, literaturni navodi nisu konzistentni što se tiče vrednosti ΔE koja može biti uočena, kako je prethodno objašnjeno na primeru celera.

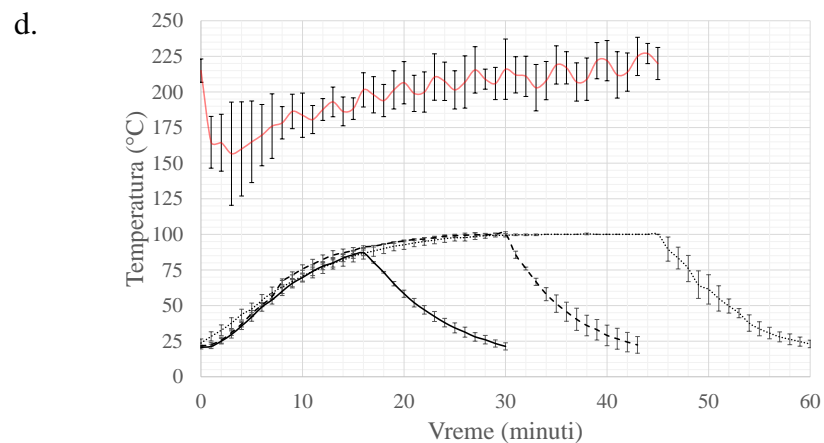
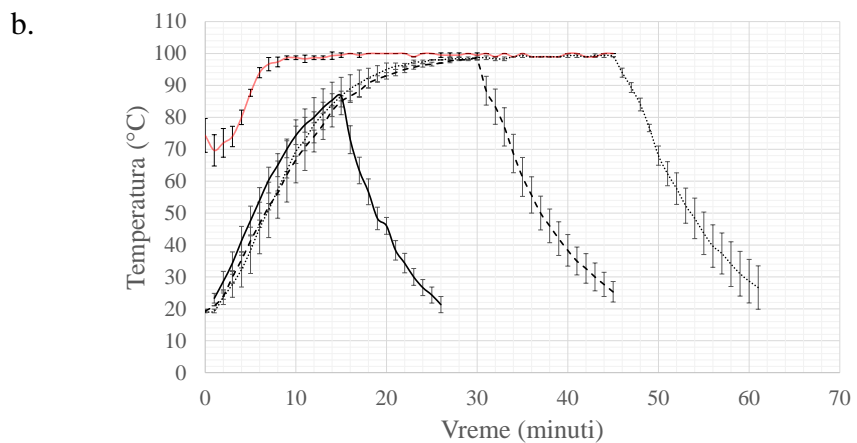
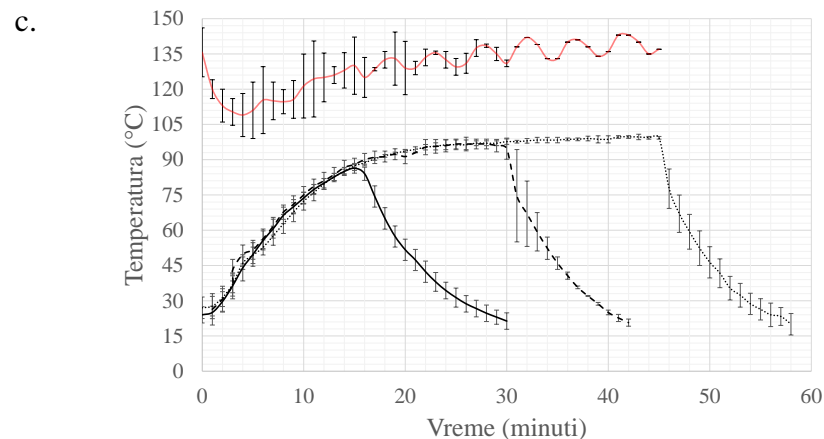
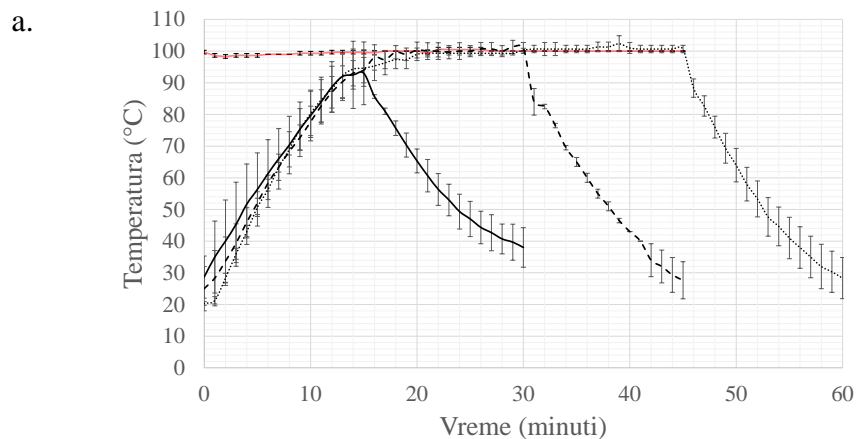
Tabela 14. Razlika u boji krompira između različitih kulinarskih tretmana

Parna poređenja	$\Delta E_{\text{spoljne površine}}$	$\Delta E_{\text{preseka}}$
V15' – V30'	7,3 ± 0,8	2,8 ± 0,5
V15' – V45'	10,2 ± 2,6	3,2 ± 0,3
V30' – V45'	5,3 ± 1,7	2,0 ± 0,9
P15' – P30'	15,5 ± 7,5	1,4 ± 0,7
P15' – P45'	24,0 ± 6,0	2,9 ± 0,9
P30' – P45'	9,8 ± 6,0	2,0 ± 0,8
GT1/15' – GT1/30'	3,3 ± 0,9	5,7 ± 1,3
GT1/15' – GT1/45'	3,2 ± 0,8	8,6 ± 1,7
GT1/30' – GT1/45'	2,2 ± 0,8	4,5 ± 2,2
GT2/15' – GT2/30'	2,0 ± 0,4	2,6 ± 1,4
GT2/15' – GT2/45'	1,9 ± 0,8	6,0 ± 1,0
GT2/30' – GT2/45'	1,1 ± 0,8	5,7 ± 1,0

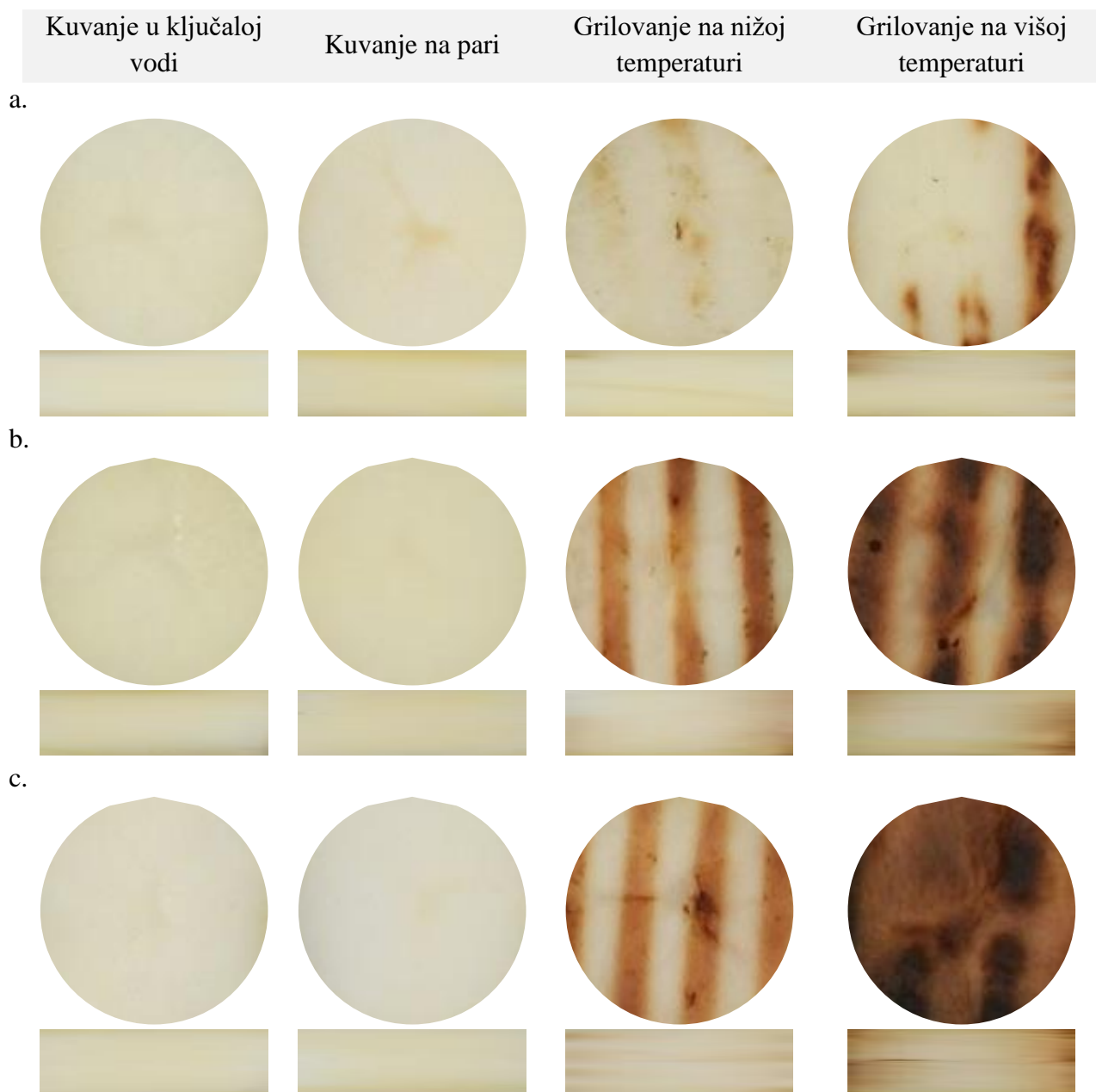
Rezultati su navedeni kao srednja vrednost ± standardna devijacija; nivo statističke značajnosti $P < 0,05$. Legenda: V – kuvanje u ključaloj vodi; P – kuvanje na pari; GT1 – grilovanje na nižoj temperaturi; GT2 – grilovanje na višoj temperaturi; 15' – 15 minuta; 30' – 30 minuta; 45' – 45 minuta;

Rezultati pokazuju da su manje razlike u boji postojale za spoljnu površinu grilovanog krompira (od 1 do 9), dok su one bile znatno veće za krompir kuvan u ključaloj vodi i na pari (čak i do vrednosti $\Delta E = 24$). Razlike u boji su bile manje za poprečni presek gde je ΔE za tretmane kuvanja u ključaloj vodi i na pari uzimao vrednosti do 3. Sa druge strane, poprečni presek grilovanog krompira se više razlikovao između tretmana i vrednosti su uglavnom bile između 5 i 8. Slike spoljne površine i preseka uzoraka krompira su prikazane na slici 17.

Rezultati mehaničkih ispitivanja uzoraka krompira i kala kulinarske obrade predstavljeni su u tabeli 15. Prethodna istraživanja pokazala su da tretmani kuvanja krompira dovode do uvećanja njegove mase kao posledica vezivanja vode (Kaur i sar., 2002; Singh i sar., 2005; Warren i Woodman, 1974). To je takođe bilo potvrđeno u ovom istraživanju za metode kuvanja u ključaloj vodi i na pari. Za obe ove kulinarske metode, trend povećanja mase uzoraka paralelno sa produžetkom kuvanja može se dovesti u vezu sa usvajanjem vode, u skladu sa nalazima iz literature. Kuvanje u ključaloj vodi 45 minuta je imalo najveće usvajanje vode (povećanje mase uzoraka od 4%), i ovaj tretman je bio različit u odnosu na kuvanje na pari 45 minuta ($P < 0,05$). Sa druge strane, kuvanje na pari imalo je manje razlike u masi uzoraka od 1,8 do 1,2% za tretmane od 30 i 45 minuta. Statističke razlike nisu postojale u okviru ove kulinarske metode. Kulinarske metode koje su zasnovane na suvoj termičkoj obradi krompira manje su zastupljene u literaturi. Skoro je pokazano da ovakve kulinarske metode, uključujući i grilovanje, uzrokuju intenzivnu evaporaciju vodeći do smanjenja mase uzoraka kao posledica tretmana (Viné, Flick, Bernuau, i Broyart, 2020). Rezultati ovog istraživanja za tretmane grilovanja stoje u ravni sa time. Suprotno od kuvanja u ključaloj vodi i na pari, tretmani grilovanja doveli su do smanjenja mase uzoraka grilovanih krompira. Za obe primenjene temperature grilovanja, postojao je trend povećanja negativne razlike mase sa produžetkom tretmana.



Slika 16. Promene temperature u toku procesa kulinarske obrade krompira; Legenda: a – kuvanje u klučaloj vodi, b – kuvanje na pari, c – grilovanje na nižoj temperaturi (T_1), d – grilovanje na višoj temperaturi (T_2); crvena linija predstavlja temperaturu procesa a ostale linije temperaturu u centru proizvoda za vreme kulinarske obrade (15, 30 ili 45 minuta) i hlađenja



Slika 17. Izgled spoljne površine (krugovi) i preseka (pravougaonici) uzoraka krompira; *Legenda:* a – tretmani obrade od 15 minuta, b – tretmani obrade od 30 minuta, c – tretmani obrade od 45 minuta

Tretmani grilovanja na višoj temperaturi (T2) rezultovali su kalom kulinarske obrade od 12 do 46%, i bili su statistički značajno različiti u poređenju sa grilovanjem na nižoj temperaturi (T1) koji su rezultovali kalom 8 do 26%. Oba ova tretmana su se razlikovala u ovom parametru posmatrajući vremena u okviru kulinarske metode, a takođe i u poređenju sa kuvanjem u ključaloj vodi i na pari. Rezultati statističke analize su ukazali na postojanje veoma značajne interakcije ($P < 0,001$) između posmatranih faktora. Pojedinačni efekti faktora su ispitani i utvrđeno je postojanje veoma značajnog efekta za tretmane grilovanja ($P < 0,001$), značajnih za kuvanje u ključaloj vodi ($P = 0,049$), ali ne značajnih za kuvanje na pari ($P = 0,928$). Parcijalni efekti (η_p^2) su pokazali najjači uticaj grilovanja na višoj temperaturi na razliku mase uzoraka ($\eta_p^2 = 0,949$), praćen grilovanjem na nižoj temperaturi ($\eta_p^2 = 0,840$), kuvanjem u ključaloj vodi ($\eta_p^2 = 0,118$) i kuvanjem na pari ($\eta_p^2 = 0,003$). Efekti su bili značajni za sva vremena obrade ($P < 0,001$), pri čemu su tretmani od 45 minuta imali najjači uticaj na razliku mase ($\eta_p^2 = 0,981$), slično kao i tretmani od 30 minuta ($\eta_p^2 = 0,959$), a najmanji efekat su imali petnaestominutni tretmani ($\eta_p^2 = 0,779$).

Ranija istraživanja pokazala su da kulinarska obrada krompira dovodi do njegovih strukturnih promena (Bordoloi, Kaur, i Singh, 2012), što posledično dovodi do omekšavanja (Barmore, 1937; Yang, Achaerandio, i Pujolà, 2016). U literaturi se posebno podvlači uticaj želatinizacije skroba na strukturna i teksturna svojstva krompira (Kaur i sar., 2002). Degradacija pektina, narušavanje ćelijskog zida i razdvajanje ćelija su takođe od značajnog uticaja na teksturu i strukturu (Nourian, Ramaswamy, i Kushalappa, 2003). Interakcije faktora su bile značajne za sva posmatrana mehanička obeležja ($P < 0,001$). Grilovanje na višoj temperaturi nije imalo značajnog efekta na napon pucanja ($P = 0,795$), dok su ostale metode kulinarske obrade imale značajan uticaj faktora ($P < 0,001$). Paralelno, grilovanje na višoj temperaturi je imalo najmanji efekat na napon pucanja ($\eta_p^2 = 0,003$), dok je grilovanje na nižoj temperaturi imalo značajno jači efekat ($\eta_p^2 = 0,120$). Efekti kuvanja u ključaloj vodi i na pari bili su još jači ($\eta_p^2 = 0,376$ i $\eta_p^2 = 0,719$, respektivno). Ovo se takođe može uočiti i iz rezultata u tabeli 15. Najveći pad napona pucanja je upravo za tretmane kuvanja na pari (od 288 kPa za tretman od 15 minuta do 19 kPa za tretman od 45 minuta) i kuvanja u ključaloj vodi (od 180 kPa za tretman od 15 minuta do 24 kPa za tretman od 45 minuta). Pad je značajno manji za grilovanje na nižoj temperaturi (od 119 kPa do 30 kPa) i može se uočiti V-trend. Suprotno, u slučaju grilovanja na višoj temperaturi, vrednosti napona pucanja su rasle sa prolongacijom tretmana i imale su vrednosti od 27 do 43 kPa. Parna poređenja su pokazala da se tretmani od 15 minuta razlikuju od preostala dva vremena, osim u slučaju grilovanja na višoj temperaturi gde nije bilo razlika u okviru kulinarske metode. Dva najduža tretmana se takođe ne razlikuju u naponu pucanja između metoda kuvanja, dok se 15 minuta tretmani razlikuju ($P < 0,05$).

Grilovanje na višoj temperaturi i kuvanje na pari su imali značajne pojedinačne efekte ($P < 0,05$) na parametar deformacije pri pucanju ($\eta_p^2 = 0,248$ i $\eta_p^2 = 0,06$ respektivno). Obe ove metode kulinarske obrade su proizvele manje elastične uzorke sa produženjem tretmana, za razliku od kuvanja u ključaloj vodi koje je povećavalo elastičnost.

Tabela 15. Uticaj različitih kulinarskih tretmana na mehanička svojstva i kalo kulinarske obrade krompira

Kulinarski tretman	Napon pucanja (KPa)	Deformacija pucanja	Modul deformabilnosti (KPa)	Žilavost (KJ/m ³)	Sila smicanja (N)	Usvajanje vode (%)
V15'	182,4 ± 50,3 ^{b, C}	0,2 ± 0,0 ^{a, b, A}	355,1 ± 225,6 ^{b, B}	75,0 ± 24,2 ^{b, B}	6,4 ± 2,6 ^{b, B}	1,0 ± 1,0 ^{a, A}
V30'	31,8 ± 13,5 ^{a, A}	0,2 ± 0,0 ^{a, A}	119,6 ± 67,0 ^{a, A}	16,8 ± 7,4 ^{a, A}	3,4 ± 1,6 ^{a, A}	2,4 ± 0,9 ^{a, b, A}
V45'	24,1 ± 7,5 ^{a, A}	0,4 ± 0,4 ^{b, C}	108,6 ± 72,5 ^{a, A}	16,1 ± 5,4 ^{a, A}	3,6 ± 1,7 ^{a, A}	4,0 ± 0,7 ^{b, B}
P15'	287,6 ± 100,8 ^{b, D}	0,3 ± 0,2 ^{b, A}	592,2 ± 338,3 ^{b, C}	160,8 ± 55,1 ^{b, C}	8,7 ± 5,3 ^{b, C}	0,8 ± 0,5 ^{a, A}
P30'	30,7 ± 15,6 ^{a, A}	0,2 ± 0,0 ^{a, A}	128,9 ± 82,0 ^{a, A}	16,7 ± 7,5 ^{a, A}	4,6 ± 2,7 ^{a, A}	1,2 ± 1,4 ^{a, A}
P45'	29,2 ± 6,3 ^{a, A}	0,2 ± 0,0 ^{a, B}	130,2 ± 44,6 ^{a, A}	16,2 ± 3,8 ^{a, A}	4,9 ± 2,9 ^{a, A}	1,2 ± 0,8 ^{a, A}
GT1/15'	119,0 ± 32,9 ^{b, B}	0,2 ± 0,0 ^{a, A}	250,4 ± 54,7 ^{b, B}	82,3 ± 26,5 ^{b, B}	9,3 ± 1,3 ^{b, C}	-7,6 ± 1,2 ^{a, B}
GT1/30'	25,8 ± 11,9 ^{a, A}	0,2 ± 0,0 ^{a, A}	78,2 ± 44,0 ^{a, A}	16,4 ± 5,3 ^{a, A}	2,7 ± 0,6 ^{a, A}	-18,9 ± 1,9 ^{b, B}
GT1/45'	30,4 ± 6,5 ^{a, A}	0,2 ± 0,0 ^{a, B, C}	75,9 ± 30,2 ^{a, A}	20,6 ± 3,9 ^{a, A, B}	4,4 ± 0,7 ^{a, A}	-26,1 ± 2,6 ^{c, C}
GT2/15'	26,7 ± 14,3 ^{a, A}	0,2 ± 0,0 ^{b, A}	85,2 ± 34,0 ^{a, A}	17,0 ± 7,3 ^{a, A}	2,7 ± 1,2 ^{a, A}	-11,4 ± 4,5 ^{a, C}
GT1230'	39,8 ± 10,5 ^{a, A}	0,3 ± 0,0 ^{b, A}	90,2 ± 36,0 ^{a, A}	27,2 ± 6,3 ^{a, A}	3,9 ± 2,0 ^{a, A}	-30,6 ± 1,2 ^{b, C}
GT2/45'	43,3 ± 9,0 ^{a, A}	0,8 ± 0,5 ^{a, A}	76,4 ± 31,0 ^{a, A}	40,2 ± 6,6 ^{a, B}	7,7 ± 2,3 ^{b, B}	-46,4 ± 1,6 ^{c, D}

Rezultati su navedeni kao srednja vrednost ± standardna devijacija; nivo statističke značajnosti $P < 0,05$; mala slova označavaju razlike u okviru iste kulinarske metode, a velika slova razliku između svih posmatranih metoda.

Legenda: V – kuvanje u ključaloj vodi; P – kuvanje na pari; GT1 – grilovanje na nižoj temperaturi; GT2 – grilovanje na višoj temperaturi; 15' – 15 minuta; 30' – 30 minuta; 45' – 45 minuta;

Što se tiče modula deformabilnosti i žilavosti, samo efekti grilovanja na većoj temperaturi nisu bili značajni ($P = 0,985$ i $0,202$, respektivno). Ostale metode kulinarske obrade su imale veoma značajne efekte ($P < 0,001$) i jak uticaj na ove parametre, osim grilovanja na nižoj temperaturi gde je $P = 0,04$ i ($\eta_p^2 = 0,039$). Rezultati modula deformabilnosti su raspoređeni po sličnom obrascu kao i rezultati napona pri pucanju. Kuvanje na pari je rezultiralo najvećim padom vrednosti modula deformabilnosti, praćeno kuvanjem u ključaloj vodi i grilovanjem na nižoj temperaturi. U okviru metoda kulinarske obrade, tretmani od 15 minuta su se razlikovala od ostala dva, osim za grilovanje na višoj temperaturi. Razlike između metoda su takođe postojale za najkraće tretmane ali ne i za tretmane od 30 i 45 minuta. Rezultati žilavosti prate isti trend, a obrazac opadanja a zatim porasta vrednosti sa produženjem tretmana se može uočiti za metode grilovanja. Sve metode kulinarske obrade su značajno uticale na silu smicanja sa ($P < 0,01$), sa efektima koji su varirali od $\eta_p^2 = 0,150$ za kuvanje na pari do $\eta_p^2 = 0,68$ za grilovanje na višoj temperaturi. Vrednosti sile smicanja su se smanjivale sa prolongiranjem kuvanja u ključaloj vodi, na pari i grilovanjem na nižoj temperaturi, ali su se povećavale sa produžetkom grilovanja na višoj temperaturi. U okviru kulinarskih metoda, petnaestominutni tretmani su se razlikovali od preostala dva, osim u slučaju grilovanja na višoj temperaturi gde se je 45 minuta tretman razlikovao. Tridesetominutni tretmani su rezultovali statistički istim silama smicanja ($P > 0,05$) između kulinarskih metoda, petnaestominutni tretmani su pokazali najveće razlike, dok se u slučaju tretmana od 45 minuta razlikovalo samo grilovanje na višoj temperaturi. Izračunati pojedinačni efekti faktora pokazali su da su jedino petnaestominutni tretmani imali efekta na napon pucanja ($P < 0,001$, $\eta_p^2 = 0,594$). U slučaju deformacije pri pucanju, to su bili tretmani od 45 minuta ($P < 0,001$, $\eta_p^2 = 0,289$). Vreme pripreme od 15 minuta je takođe imalo značajnog efekta na modus deformabilnosti ($\eta_p^2 = 0,321$), žilavost ($\eta_p^2 = 0,610$) i silu smicanja ($\eta_p^2 = 0,198$). Preostala dva vremena obrade nisu značajno uticala na pomenute mehaničke parametre, osim uticaja tretmana od 45 minuta na silu smicanja ($P < 0,05$, $\eta_p^2 = 0,067$).

5.2.2.2. Mastikacija krompira

Rezultati za parametre mastikacije krompira pripremanog različitim kulinarskim metodama su prikazani u tabeli 16. Veličina zalogaja krompira je imala vrednosti od 3g za krompir grilovan na višoj temperaturi 45 minuta, do 6 g za krompir grilovan 15 minuta istom metodom. Razlike između metoda pripreme nisu utvrđene što je u skladu sa literaturnim navodima (Ketel, de Wijk, de Graaf, i Stieger, 2020; Van Eck i sar., 2019). Broj gutljaja i brzina jedenja nisu bili pod uticajem interakcija faktora. Međutim, broj gutljaja je bio pod značajnim uticajem kulinarske metode ($P < 0,001$, $\eta_p^2 = 0,035$) i vremena pripreme ($P < 0,005$, $\eta_p^2 = 0,013$), dok je samo metoda pripreme uticala na brzinu jedenja ($P < 0,01$, $\eta_p^2 = 0,116$). Rezultati su pokazali smanjenje broja žvakova sa prolongacijom obrade osim za grilovanje na višoj temperaturi, gde je bio prisutan V-trend u srednjim vrednostima broja žvakova. Međutim, značajne razlike za ovaj parametar i kulinarsku tehniku nisu nađene. Grilovanje na nižoj temperaturi i kuvanje na pari su rezultirali najmanjim brojem gutljaja, dok su ostale dve metode zahtevale veći napor, posebno za vreme obrade od 15 minuta. Kuvanje u ključaloj vodi i na pari su povećavali brzinu jedenja sa njihovim produživanjem trajanja. Grilovanje na nižoj temperaturi je povećalo ovaj parametar od 15 do 30 minuta ali su se vrednosti smanjile za tretman od 45 minuta. Značajne razlike sa prolongacijom tretmana nisu utvrđene. Simultano sagledavanje rezultata broja gutljaja i brzine jedenja ukazuju na to da su kuvanje u ključaloj vodi i na pari sa jedne strane i grilovanje sa druge, različito uticali na oralno procesiranje i formiranje bolusa. Dok su kuvanje u vodi i na pari sa jedne strane promovisali lakšu mastikaciju i brže gutanje, grilovanje (posebno na višoj temperaturi) je imalo suprotan efekat. Ovi nalazi takođe mogu biti diskutovani paralelno sa rezultatima razlike masa uzoraka kao posledica kulinarske obrade i literaturnih navoda koji objašnjavaju mehanizam gutanja. Naime, dva parametra utiču na ostvarenje preduslova za gutanje hrane – oralno sitnjenje hrane i njena salivacija (Fontijn-Tekamp, van der Bilt, Abbink, i Bosman, 2004; Hutchings i Lillford, 1988). Sa obzirom na to da je grilovanje dovelo do gubitaka vlage, može se reći da je takođe uzrokovalo veću salivaciju i dužu mastikaciju, odnosno da je usporilo gutanje.

Tabela 16. Uticaj različitih kulinarskih metoda na parametre mastikacije krompira

	Broj žvakova	Vreme oralne izloženosti(s)	Broj gutljaja	Trajanje ciklusa žvakanja (s/žvak)	Brzina žvakanja (žvak/s)	Velicina zalogaja (g)	Brzina jedenja (g/s)
V15'	21,8 ± 8,2 ^{b, A}	17,3 ± 6,1 ^{b, B}	1,7 ± 0,7 ^{b, C}	0,8 ± 0,2 ^{a, A}	1,3 ± 0,2 ^{a, A}	5,6 ± 3,0 ^{a, A}	0,3 ± 0,1 ^{a, A}
V30'	14,3 ± 7,0 ^{a, A}	11,6 ± 2,8 ^{a, A}	1,4 ± 0,5 ^{a, A}	0,8 ± 0,1 ^{a, B}	1,2 ± 0,2 ^{a, A}	5,2 ± 2,3 ^{a, A}	0,4 ± 0,2 ^{a, B}
V45'	13,7 ± 4,6 ^{a, A}	11,2 ± 4,0 ^{a, A}	1,4 ± 0,5 ^{a, A, B}	0,8 ± 0,1 ^{a, C}	1,3 ± 0,3 ^{a, A}	4,7 ± 2,8 ^{a, A}	0,4 ± 0,3 ^{a, B}
P15'	21,0 ± 6,9 ^{b, A}	15,2 ± 4,8 ^{b, A}	1,5 ± 0,6 ^{a, B}	0,7 ± 0,1 ^{a, B}	1,4 ± 0,2 ^{b, B}	4,8 ± 2,4 ^{a, A}	0,3 ± 0,1 ^{a, A}
P30'	16,8 ± 6,5 ^{a, B}	13,1 ± 4,9 ^{a, A}	1,4 ± 0,6 ^{a, A}	0,8 ± 0,1 ^{b, A, B}	1,3 ± 0,2 ^{a, A, B}	4,6 ± 2,4 ^{a, A}	0,4 ± 0,2 ^{a, A, B}
P45'	15,1 ± 5,2 ^{a, A}	11,9 ± 4,0 ^{a, A}	1,3 ± 0,5 ^{a, A}	0,8 ± 0,1 ^{b, B, C}	1,3 ± 0,2 ^{a, A}	5,0 ± 1,8 ^{a, A}	0,4 ± 0,2 ^{a, B}
GT1/15'	22,2 ± 8,0 ^{b, A}	15,4 ± 4,4 ^{a, A, B}	1,2 ± 0,4 ^{a, A}	0,7 ± 0,1 ^{a, B}	1,4 ± 0,2 ^{a, B}	4,4 ± 2,6 ^{a, A}	0,3 ± 0,1 ^{a, A}
GT1/30'	17,5 ± 5,6 ^{a, B}	13,1 ± 4,4 ^{a, A}	1,2 ± 0,4 ^{a, A}	0,8 ± 0,2 ^{a, A}	1,4 ± 0,2 ^{a, B}	4,8 ± 3,5 ^{a, A}	0,4 ± 0,2 ^{a, A, B}
GT1/45'	18,9 ± 4,8 ^{a, B}	14,2 ± 4,2 ^{a, B}	1,2 ± 0,4 ^{a, A}	0,8 ± 0,1 ^{a, A, B}	1,4 ± 0,2 ^{a, B}	3,8 ± 1,4 ^{a, A}	0,3 ± 0,1 ^{a, A, B}
GT2/15'	21,4 ± 5,1 ^{a, A}	17,6 ± 3,9 ^{a, B}	1,6 ± 0,5 ^{a, B, C}	0,8 ± 0,1 ^{b, A}	1,2 ± 0,2 ^{a, A}	5,8 ± 1,5 ^{b, A}	0,3 ± 0,1 ^{a, A}
GT1230'	29,1 ± 9,6 ^{b, C}	22,1 ± 7,5 ^{b, B}	1,4 ± 0,5 ^{a, A}	0,8 ± 0,1 ^{a, A}	1,3 ± 0,1 ^{b, A, B}	5,2 ± 1,1 ^{a, b, A}	0,2 ± 0,1 ^{a, A}
GT2/45'	30,7 ± 8,5 ^{b, C}	22,0 ± 6,4 ^{b, C}	1,5 ± 0,6 ^{a, B}	0,7 ± 0,1 ^{a, A}	1,4 ± 0,1 ^{b, B}	3,0 ± 0,7 ^{a, A}	0,1 ± 0,0 ^{a, A}

Rezultati su navedeni kao srednja vrednost ± standardna devijacija; nivo statističke značajnosti $P < 0,05$; mala slova označavaju razlike u okviru iste kulinarske metode, a velika slova razliku između svih posmatranih metoda.

Legenda: V – kuvanje u ključaloj vodi; P – kuvanje na pari; GT1 – grilovanje na nižoj temperaturi; GT2 – grilovanje na višoj temperaturi; 15' – 15 minuta; 30' – 30 minuta; 45' – 45 minuta;

Sa druge strane, uzorci kuvani u vodi i na pari su vezali određenu količinu vode u toku kuvanja, što je ubrzalo njihovu salivaciju, formiranje bolusa i gutanje.

Interakcija faktora je bila značajna za broj žvakova, vreme oralne izloženosti, trajanje ciklusa žvakanja i brzinu žvakanja ($P < 0,001$). Pojedinačni efekti su pokazali da je broj žvakova bio pod uticajem svih metoda kulinarske obrade ($P < 0,05$ za metode grilovanja i $P < 0,001$ za ostale), dok je kuvanje u ključaloj vodi imalo najjači efekat ($\eta_p^2 = 0,99$), praćeno grilovanjem na većoj temperaturi ($\eta_p^2 = 0,65$), parenjem ($\eta_p^2 = 0,46$) i grilovanjem na nižoj temperaturi ($\eta_p^2 = 0,16$). Pojedinačni efekti utvrđeni za vreme obrade su pokazali jak efekat tretmana od 30 i 45 minuta ($P < 0,001$, $\eta_p^2 = 0,173$ i $\eta_p^2 = 0,229$, respektivno), dok nije bilo značajnih efekata za petnaestominutne tretmane. To se takođe može videti i iz tabele 16, sa obzirom na to da nisu postojale razlike između metoda kulinarske obrade za najkraće tretmane. Broj žvakova se smanjivao za kuvanje u ključaloj vodi, na pari i za grilovanje na nižoj temperaturi. Međutim, došlo je do povećanja za ovo obeležje u slučaju grilovanja na višoj temperaturi. Isti obrazac se može uočiti i za vreme oralne izloženosti. Pojedinačni efekti za ovaj parametar pokazali su da je on bio pod uticajem kuvanja u vodi, parenja i grilovanja na višoj temperaturi ($P < 0,001$, $\eta_p^2 = 0,104$, $\eta_p^2 = 0,25$ i $\eta_p^2 = 0,31$, respektivno). Grilovanje na nižoj temperaturi nije imalo značajnog efekta. Sva vremena pripreme su imala značajnog efekta na vreme oralne izloženosti ($P < 0,05$ i $\eta_p^2 = 0,17$ za 15 minuta, $P < 0,001$ i $\eta_p^2 = 0,164$ za 30 minuta i $P < 0,001$ i $\eta_p^2 = 0,179$ za 45 minuta). Na osnovu ovih rezultata, može se reći da su evaporacija i formiranje pokorice na površini zajedno doveli do povećanja vrednosti parametara napona za datu deformaciju i mastikacije, posebno u slučaju grilovanja na većoj temperaturi.

Eksperimentalni faktori imali su sličan efekat na trajanje ciklusa žvakanja i brzinu žvakanja. Oba parametra nisu bila pod uticajem grilovanja na nižoj temperaturi i kuvanja u vodi, ali su bili pod uticajem grilovanja na višoj temperaturi ($P < 0,01$ i $\eta_p^2 = 0,028$ za trajanje ciklusa i $\eta_p^2 = 0,022$ za brzinu žvakanja) i kuvanja na pari ($P < 0,01$ i $\eta_p^2 = 0,021$ za trajanje ciklusa i $\eta_p^2 = 0,018$ za brzinu žvakanja). Oni su takođe bili pod uticajem petnaestominutnog ($P < 0,001$ i $\eta_p^2 = 0,049$ za trajanje ciklusa i $\eta_p^2 = 0,045$ za brzinu žvakanja) i tretmana od 45 minuta ($P < 0,01$ i $\eta_p^2 = 0,031$ za trajanje ciklusa i $\eta_p^2 = 0,024$ za brzinu žvakanja).

Rezultati koeficijenta Spirmanove korelacije dati su u tabeli 17. Rezultati ukazuju na važnost evaporacije ili vezivanja vode pri kulinarskoj obradi sa obzirom da je kalo kulinarske obrade imalo najveći broj korelacija sa parametrima mastikacije. Kaur i sar. (2002) je takođe ustanovili korelaciju između vezivanja vode krompira i teksturalnih karakteristika, ukazujući na to da će veće vezivanje vode proizvesti mekši proizvod. Ovo istraživanje prikazuje negativan uticaj evaporacije vode iz krompira na parametre mastikacije, vodeći do uvećanja broja žvakova i oralne izloženosti. Ovo se takođe može videti iz tabela 15 i 16, na osnovu kojih se može reći da su tretmani grilovanja imali veće gubitke mase uzoraka i istovremeno veće vrednosti ova dva parametra mastikacije. Sa druge strane, kuvanje u vodi i na pari su doveli do vezivanja vode, rezultujući u proizvodima koji su zahtevali manji broj žvakova i kraću mastikaciju. U tom smislu, kalo kulinarske obrade ima statistički značajno pozitivnu korelaciju sa trajanjem ciklusa žvakanja i negativnu sa brzinom jedenja. Iznenadujuće, mehanička obeležja su pokazala ograničen broj korelacija sa mastikacijom.

Tabela 17. Spirmanova korelacija za kalo kulinarske obrade, mehaničke karakteristike i parametre mastikacije krompira

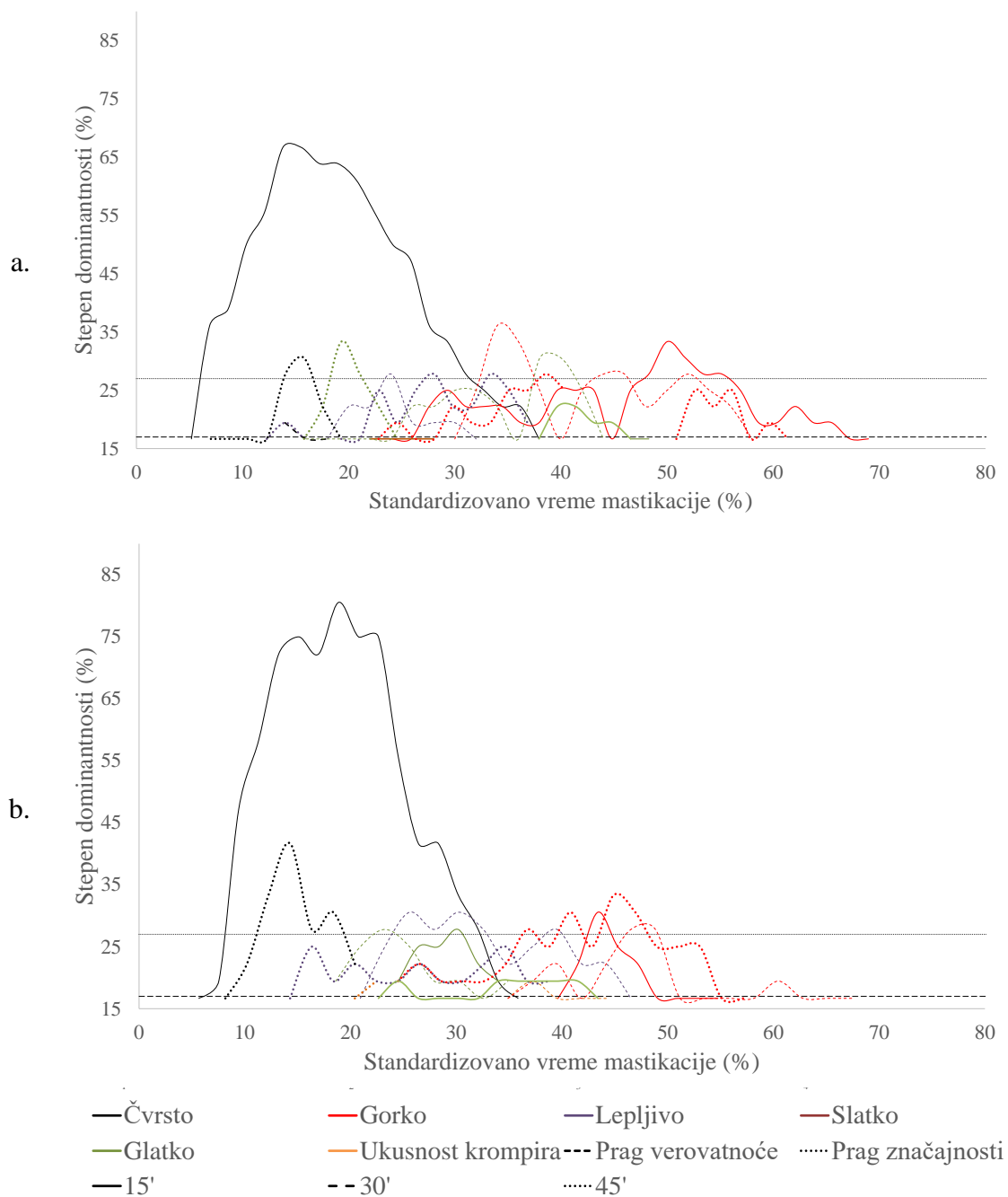
	Broj žvakova	Vreme oralne izloženosti	Broj gutljaja	Trajanje ciklusa žvakanja	Brzina žvakanja	Veličina zalogaja	Brzina jedenja
Napon pucanja	0,61*	0,53	0,38	- 0,48	0,42	- 0,08	- 0,59*
Deformacija pucanja	0,48	0,38	0,19	- 0,47	0,47	- 0,33	- 0,54
Modul deformabilnosti	- 0,09	- 0,12	0,23	0,06	- 0,03	0,25	0,17
Žilavost	0,78**	0,71*	0,34	- 0,53	0,50	- 0,10	- 0,76**
Sila smicanja	0,46	0,32	0,10	- 0,60*	0,59*	- 0,45	- 0,55
Kalo kulinarske obrade	- 0,80**	- 0,76**	- 0,04	0,58*	- 0,55	0,20	0,82**

Korelacije su određene na osnovu srednjih vrednosti parametara; Legenda: * korelacija je značajna na nivou $P < 0,05$ i ** korelacija je značajna na nivou $P < 0,01$

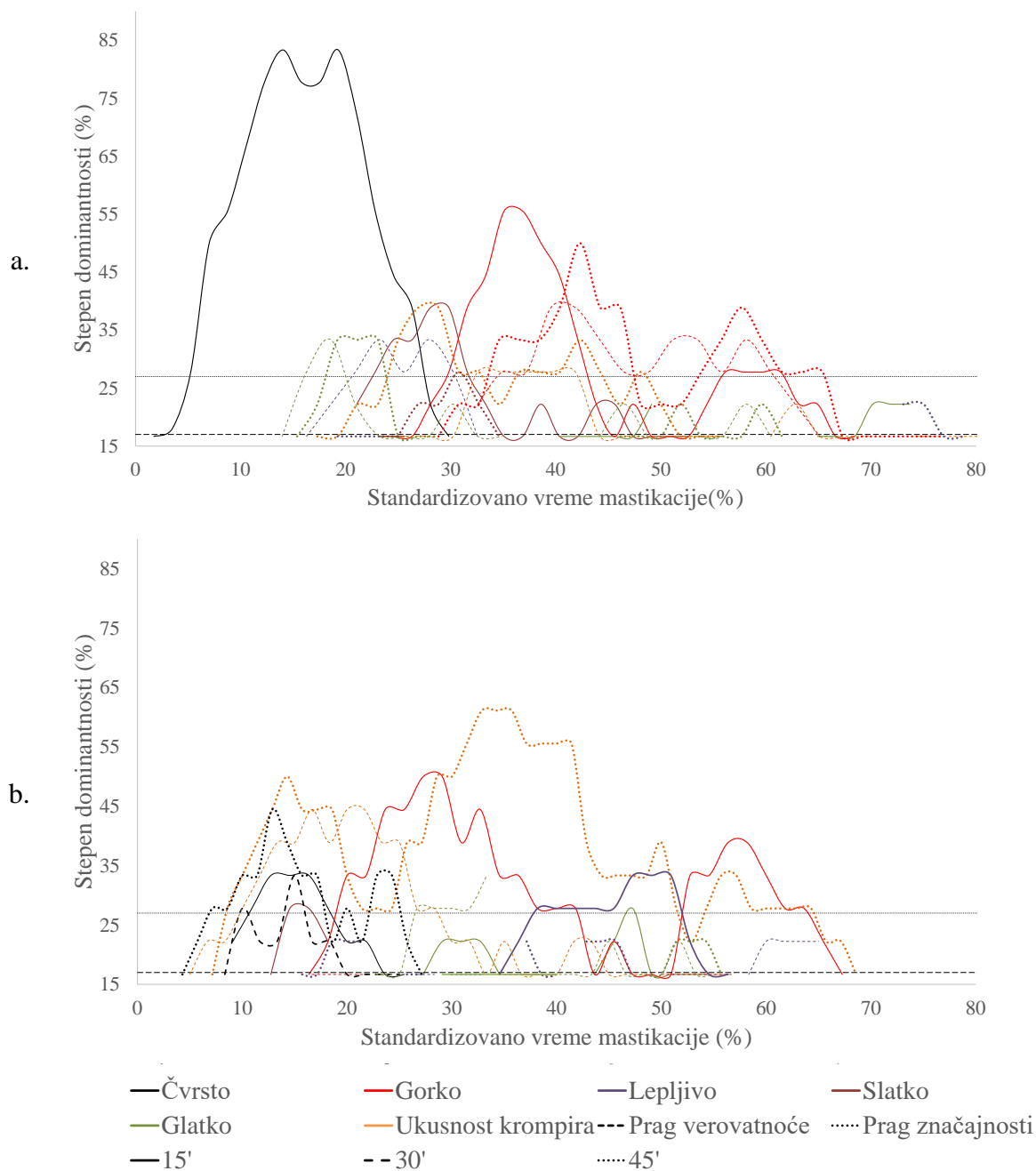
5.2.2.3. Senzorni profil krompira

TDS grafikoni krompira prikazani su na slikama 18 (krompir kuvan u ključaloj vodi i na pari) i 19 (krompir grilovan na nižoj i višoj temperaturi). TDS krive pokazuju da je čvrstoća bila jedan od prvih atributa koji su percipirani kao dominantni u toku mastikacije. Stepenn dominantnosti čvrstoće bio je očekivano visok za tretmane od 15 minuta kuvanja u vodi (70%), kuvanja na pari (80%), i grilovanja na nižoj temperaturi (80%). Može se primetiti pad dominantnosti čvrstoće sa prolongacijom tretmana, te je ona ispod praga značajnosti za tretmane od 30 i 45 minuta. Međutim, to nije bio slučaj sa grilovanjem na višoj temperaturi u kojem slučaju je dominantnost čvrstoće rasla sa produžetkom vremena grilovanja. Sa druge strane, dominantnost glatkog je rasla za sve metode kulinarske obrade. Ukusnost krompira je takođe bila jedna od senzacija koja je dobila značajnu pažnju ostajući konstanta, izuzev za grilovanje na višoj temperaturi. Konačno, metode grilovanja su uticale na povećanje gorčine, posebno na višoj temperaturi gde je dostigla i do 70% dominantnosti, što se može pripisati jedinjenjima koja su formirana pod Majlardovom reakcijom (O. Frank, Jezussek, i Hofmann, 2003).

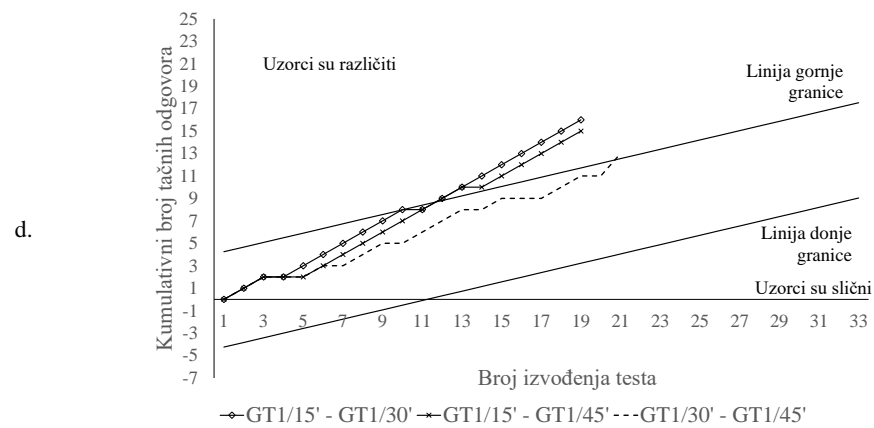
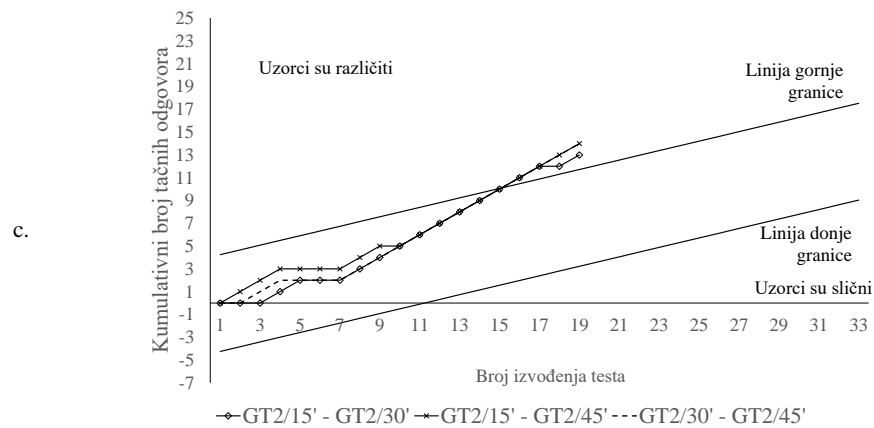
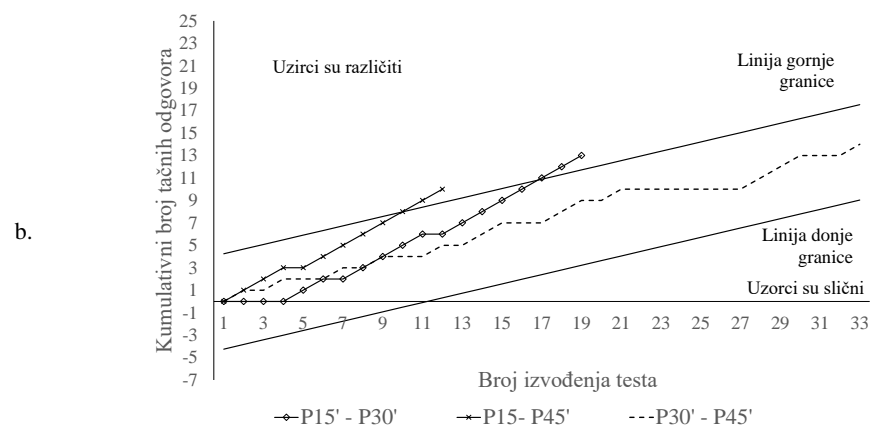
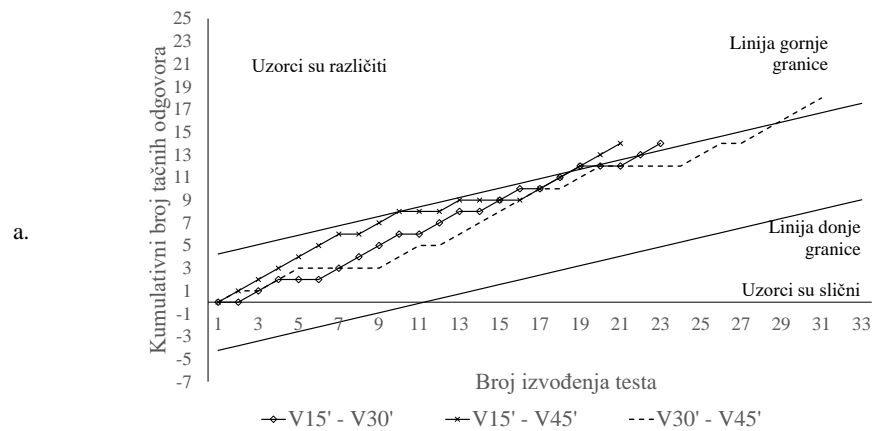
Dijagrami koji pokazuju rezultate sekvencijalnog testa na osnovu rezultata testa trougla su prikazani na slici 20. U slučaju kuvanja na pari, razlike nisu uočene ni posle ispitivanja 33 trijade za dva najduža tretmana. Na osnovu broja tačnih odgovora (23) i prethodno definisanih kriterijuma, binomni test je pokazao da razlike ipak postoje. Sa druge strane, za istu vrstu poređenja razlike su utvrđene nakon 28 trijada za kuvanje u ključaloj vodi, 20 za grilovanje na nižoj temperaturi i 14 za grilovanje na višoj temperaturi. Razlike između tretmana od 15 i 30 minuta i 15 i 45 minuta su bile otkrivene nakon 10 do 20 testiranja.



Slika 18. TDS krive za krompir pripreman kuvanjem u ključaloj vodi (a) i na pari (b)



Slika 19. TDS krive za kromir pripreman grilovanjem na nižoj (a) i višoj temperaturi (b)



Slika 20. Test trougla krompira; *Legenda:* V – kuvanje u ključaloj vodi; P – kuvanje na pari; GT1 – grilovanje na nižoj temperaturi; GT2 – grilovanje na višoj temperaturi; 15' – 15 minuta; 30' – 30 minuta; 45' – 45 minuta;

5.2.3. Tikvica i plavi patlidžan pripremljeni u ključaloj vodi i grilovanjem

5.2.3.1. Instrumentalna mehanička svojstva i boja tikvica i plavog patlidžana kuvanih u ključaloj vodi i grilovanjem

Promene temperature procesa i uzoraka za vreme kulinarske obrade prikazane su na slici 21. Rezultati boje tikvica i plavog patlidžana dati su u tabeli 18 (boja na poprečnom preseku – perikarpa) i u tabeli 19 (boja omotača plodova – egzokarpa). Izgled perikarpa i egzokarpa plodova kao posledica primenjenog kulinarskog tretmana prikazan je na slici 22.

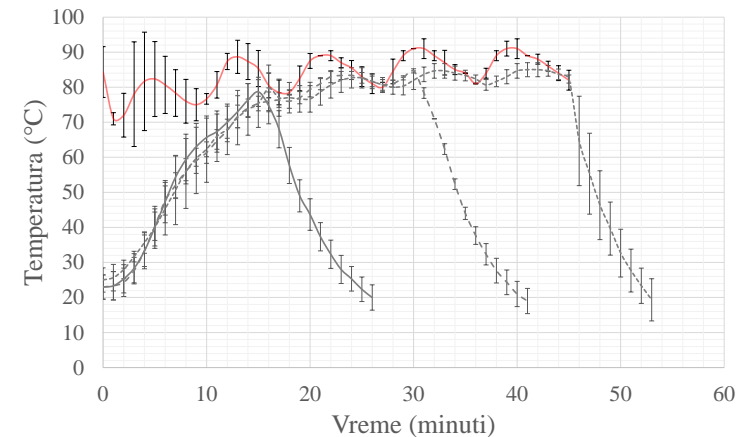
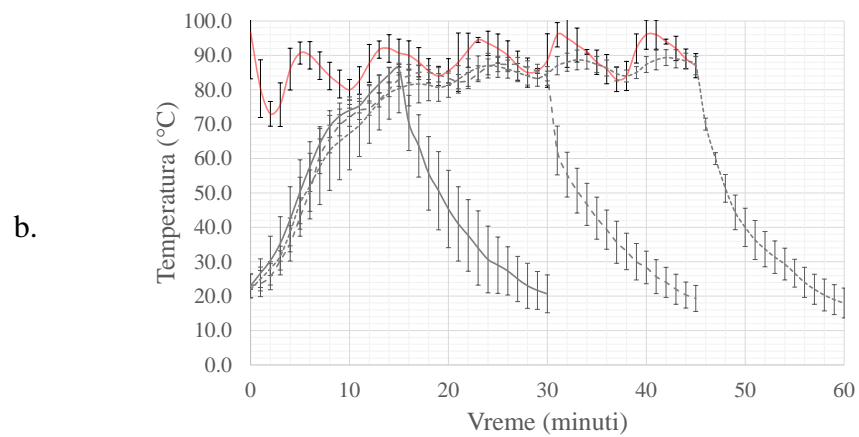
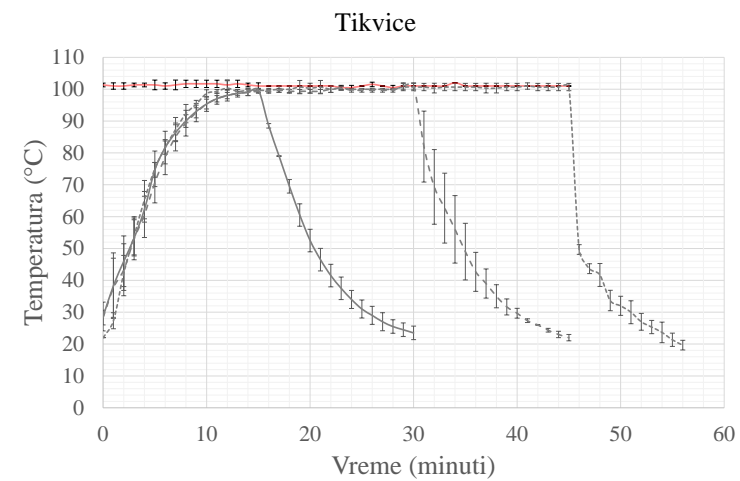
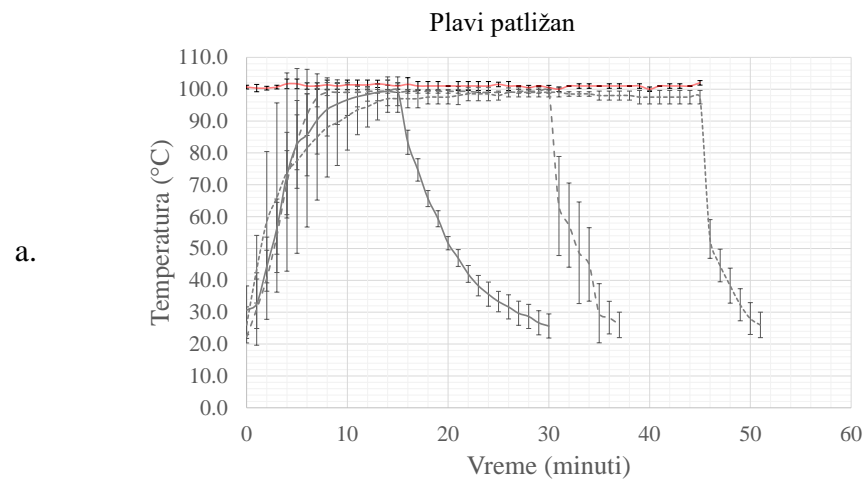
Statistička analiza je pokazala da oba faktora (metoda i vreme kulinarske obrade) i njihove interakcije veoma značajno ($P < 0,01$) utiču na boju perikarpa plavog patlidžana, osim uticaja faktora vremena obrade i interakcije faktora na indeks braon boje (BI), gde je $P < 0,05$. U slučaju boje perikarpa tikvica, interakcija faktora nije bila značajna za vrednosti parametra a^* . Suprotno, svi ostali parametri su bili pod veoma značajnim ($P < 0,01$) ili značajnim ($P < 0,05$ za uticaj vremena obrade na parametar b^* i uticaj interakcije na BI) uticajem faktora i interakcija. Za značajne faktore i njihove interakcije, utvrđeni su njihovi pojedinačni efekti.

Tabela 18 koja prikazuje obeležja boje perikarpa, ukazuje na to da su dve vrste povrća imale slične vrednosti parametara boje u sirovom stanju, sa izuzetkom parametra a^* koji je kod plavog patlidžana imao vrednosti bliže crvenoj boji, dok su tikvice imale suprotne vrednosti i bile bliže zelenoj boji. Indikativno je da su obe kulinarske metode uticale na smanjenje svetloće proizvoda. Za obe vrste povrća, grilovanje je proizvelo svetlije proizvode u poređenju sa kuvanjem u ključaloj vodi, sa trendom povećanja parametra svetloće sa produženjem tretmana. Suprotno, kuvanje u ključaloj vodi je smanjivalo svetloću uzoraka, što je rezultovalo proizvodima koji su bili različiti u okviru metode kuvanja ($P < 0,05$).

Gledajući vrednosti obeležja L^* , WI , i BI , sličan trend smanjenja svetloće i bele boje sa paralelnim povećanjem braon boje u toku kuvanja u ključaloj vodi može biti uočen. Slično je utvrđeno i od strane autora Zaro i sar. (2015), koji su uočili tamnjenje plavog patlidžana usled blanširanja, što su pripisali formiranju kompleksa gvožđa i kafeolhininske kiseline. Smanjenje svetloće usled kulinarske obrade tikvica je takođe utvrđeno od strane autora Miglio, Chiavaro, Visconti, Fogliano, i Pellegrini, (2008).

Sa druge strane, grilovanje je imalo ograničen efekat na svetloću i indeks bele boje (WI), što je dovelo do neznatnih razlika. Što se tiče indeksa braon boje, dve kulinarske metode imale su uticaj suprotnog smera, pri čemu je kuvanje u ključaloj vodi smanjilo vrednosti BI parametra dok ih je grilovanje povećalo. Ovo može biti objašnjeno u skladu sa radom autora Lo Scalzo i sar. (2010), koji su naveli da grilovanje može dovesti do formiranja novih komponenata (braon polimera nastalih usled Majlardove reakcije), što nije bio slučaj kod tretmana kuvanja u ključaloj vodi.

Kao posledica kulinarske obrade, povrće je pod uticajem strukturnih promena praćenih degradacijom tkiva i ćelija, oslobađanjem sokova i gubitkom rastvorenih gasova (Miglio i sar., 2008). Sve ove promene utiču na ponašanje materijala u pogledu karakteristika koje diktiraju interakciju sa svetlošću, odgovornom za percepciju boje i migraciju bojenih materija koji predstavljaju njene nosioce. Poslednje pomenuto je prokazano u slučaju povećanja udela crvene boje (a^*) perikarpa plavog patlidžana kao posledica kulinarske obrade, posebno u slučaju grilovanja gde su vrednosti a^* značajnije uvećane. Takođe, istom fenomenu se može pripisati doprinos obrade zelenoj boji perikarpa tikvica. Iz rezultata se može videti da su dve kulinarske metode drugačije uticale na parametar a^* povrća ali razlog tome nije u potpunosti razjašnjen. Nekoliko faktora se može razmotriti prilikom objašnjenja ovih rezultata kao što su veličina molekula bojenih materija, njihova pokretljivost i rastvorljivost, i drugačije strukturne promene nastale u toku obrade. Međutim, uzimajući u obzir navode raspoložive literature, dalja istraživanja su potrebna za bolje razumevanje ovog fenomena. Za razliku od uticaja kulinarske obrade na parametar crvene/zelene boje (a^*), kuvanje u ključaloj vodi je dovelo do smanjenja vrednosti b^* u odnosu na sirovo povrće, dok su uticaji grilovanja bili manje izraženi.



Slika 21. Promene temperature u toku procesa kuvanja u vodi i grilovanja tikvica i plavog patlidžana; *Legenda: a – kuvanje u ključaloj vodi, b – grilovanje*

Tabela 18. Uticaj kuvanja u ključaloj vodi i grilovanja na karakteristike boje perikapa plavog patližana i tikvica

Povrće	Kulinarska metoda	Vreme kuvanja	L*	a*	b*	WI	BI	
Plavi patližan	Sirovi uzorci		73,14 ± 4,95	0,17 ± 3,65	24,21 ± 5,44	63,04 ± 2,70	31,61 ± 5,12	
	Kuvanje u vodi	15'	17,92 ± 6,29 ^{A, b}	1,23 ± 1,67 ^{A, a, b}	9,19 ± 4,18 ^{A, b}	17,22 ± 5,56 ^{A, b}	70,43 ± 19,03 ^{A, a}	
		30'	22,31 ± 9,07 ^{A, c}	1,72 ± 1,83 ^{A, b}	10,84 ± 4,55 ^{A, c}	21,30 ± 8,30 ^{A, c}	67,92 ± 20,66 ^{A, a}	
		45'	11,92 ± 3,30 ^{A, a}	0,67 ± 0,72 ^{A, a}	5,95 ± 1,58 ^{A, a}	11,70 ± 3,17 ^{A, a}	70,67 ± 4,92 ^{A, a}	
	Grilovanje	15'	38,73 ± 8,89 ^{B, a}	7,90 ± 1,51 ^{B, a}	20,68 ± 2,34 ^{B, a}	34,62 ± 7,43 ^{B, a}	92,37 ± 14,45 ^{B, b}	
		30'	41,98 ± 11,62 ^{B, a}	6,10 ± 1,39 ^{B, a}	20,82 ± 2,88 ^{B, a}	37,65 ± 9,70 ^{B, a}	81,81 ± 15,00 ^{B, a, b}	
		45'	40,60 ± 12,50 ^{B, a}	6,46 ± 1,50 ^{B, a}	20,64 ± 2,68 ^{B, a}	36,39 ± 10,66 ^{B, a}	78,80 ± 13,09 ^{B, a}	
	Tikvice	Sirovi uzorci		76,42 ± 4,75	-1,34 ± 0,99	24,24 ± 3,52	65,71 ± 2,12	35,61 ± 5,12
		Kuvanje u vodi	15'	26,24 ± 6,33 ^{A, b}	-2,85 ± 0,69 ^{A, a}	10,26 ± 2,74 ^{A, a}	25,39 ± 5,87 ^{A, b}	37,78 ± 7,31 ^{A, a}
30'			23,61 ± 6,36 ^{A, a, b}	-2,33 ± 0,82 ^{A, b}	9,67 ± 2,43 ^{A, a}	22,89 ± 5,99 ^{A, a}	41,77 ± 5,00 ^{A, a}	
45'			22,36 ± 4,85 ^{A, a}	-1,97 ± 1,21 ^{A, b}	9,38 ± 2,11 ^{A, a}	21,74 ± 5,04 ^{A, a}	50,77 ± 2,81 ^{A, b}	
Grilovanje		15'	41,65 ± 7,27 ^{B, a}	-1,05 ± 0,68 ^{B, b}	16,76 ± 2,72 ^{B, a}	39,08 ± 5,99 ^{B, a}	47,72 ± 3,55 ^{B, a}	
		30'	46,10 ± 5,27 ^{B, b}	-1,01 ± 0,89 ^{B, b}	20,53 ± 5,26 ^{B, c}	41,92 ± 3,25 ^{B, b}	52,74 ± 6,12 ^{B, b}	
		45'	43,49 ± 6,65 ^{B, a, b}	-0,47 ± 0,69 ^{B, a}	18,87 ± 2,87 ^{B, b}	40,22 ± 5,34 ^{B, a, b}	53,90 ± 2,96 ^{A, b}	

Rezultati su navedeni kao srednja vrednost ± standardna devijacija; nivo statističke značajnosti $P < 0,05$; mala slova označavaju razlike u okviru iste kulinarske metode, a velika slova razliku između dve posmatrane metode. Legenda: 15' – 15 minuta; 30' – 30 minuta; 45' – 45 minuta;

Pigmenti prisutni u egzokarpu određuju boju povrća. U slučaju tikvica, hlorofil ima glavnu ulogu (Miglio i sar., 2008), dok su jedinjenja poput karotenoida nešto manje značajna (Muntean, 2005). Postoji nekoliko studija koje objašnjavaju promene hlorofila i formiranje prekursora u toku termičkog tretmana (Tijskens, Schijvens, i Biekman, 2001). U slučaju plavog patlidžana, velike koncentracije antocijana doprinose njegovoj tamno plavo-ljubičastoj boji (Bahreini, Heydari, Vahid, i Asadi, 2014; Gürbüz i sar., 2018; Silva i sar., 2021). Na osnovu rezultata boje egzokarpa povrća, može se uvideti pojava obezbojenja kao posledica kulinarske obrade. Parametri svetloće i indeksa bele i braon boje su bili pod uticajem kuvanja u ključaloj vodi ali su dobijeni rezultati imali suprotne trendove. U slučaju plavog patlidžana, njegove vrednosti L^* i WI su značajno porasle u poređenju sa stanjem sirovog povrća. U okviru metode kuvanja u vodi plavog patlidžana, tretmani od 15 minuta su imali najveće vrednosti i bili su statistički različiti u poređenju sa ostala dva vremena kuvanja ($P < 0,05$). Vrednosti indeksa braon boje su se smanjile u poređenju sa sirovim povrćem ali razlike nisu nađene u okviru metode pripreme. Suprotno, Kuvanje u ključaloj vodi imalo je jači efekat suprotnog pravca uticaja na L^* , WI i BI tikvica. Vrednosti svetloće i indeksa bele boje su se u ovom slučaju smanjivale i bile manje u odnosu na sirovo povrće, dok su vrednosti BI rasle i imale veće vrednosti u odnosu na sirovo stanje. Razlike između tretmana kuvanja u vodi za 15, 30 i 45 minuta su bile značajne na nivou od $P < 0,01$ za ova tri parametra. Grilovanje je uticalo na L^* , WI i BI na sličan način. Ovi parametri su se povećavali u slučaju plavog patlidžana ili ostali aproksimativno isti u odnosu na sirovo stanje, što je bio slučaj kod tikvica. Razlikovanje između tretmana grilovanja za L^* i WI plavog patlidžana su bile ograničene sa obzirom na to da su dve grupe formirane a da su tretmani do 30 minuta delili obe. Vrednosti koeficijenta braon boje su se razlikovale između svih vremena kulinarske obrade. Grilovanje je imalo jači efekat za tikvice sa obzirom na to da su se svi tretmani razlikovali na nivou $P < 0,01$ po pitanju parametara L^* , WI i BI . Metode kulinarske obrade su povećavale udeo crvene boje plavog patlidžana ali razlike nisu utvrđene u okviru metode kuvanja za parametar a^* . Sa druge strane, tikvice su bile manje zelene nakon kuvanja, a grilovanje je proizvelo manje razlike u poređenju sa sirovim stanjem. Kuvanje u vodi i posebno grilovanje su pomerili boju egzokarpa plavog patlidžana ka žutoj. Suprotno, vrednosti parametra b^* su se smanjivale sa kuvanjem u ključaloj vodi i povećavale sa prolongacijom grilovanja. Na osnovu svih parametara za obe vrste povrća, kuvanje u ključaloj vodi i grilovanje imali su različite rezultate u najvećem broju slučajeva, izuzev WI patlidžana koji nije promenjen za sva tri vremena kulinarske obrade.

Rezultati ispitivanja mehaničkih parametara tikvica i plavog patlidžana kuvanih u ključaloj vodi i grilovanjem su dati u tabeli 20. Procesu kulinarske obrade znatno utiču na strukturu povrća što se projektuje i na mehanička svojstva dobijenih proizvoda (Paciulli i sar., 2016; Reeve, 1970). Omekšavanje je označeno kao jedna od mogućih posledica kulinarske obrade povrća (Jiménez-Monreal, García-Diz, Martínez-Tomé, Mariscal, i Murcia, 2009; Paciulli i sar., 2015), što je ponekada korišćeno kao indikator gotovosti povrća (Bordoloi i sar., 2012). Međutim, i povećanje čvrstoće je prethodno uočeno u slučaju grilovanog krompira. Mehaničke karakteristike povrća direktno utiču na doživljaj njegove teksture, karakteristiku od ključnog značaja za kvalitet povrća (Donadini, Fumi, i Porretta, 2012; Poelman i sar., 2017). Takođe, poznato je i postojanje veze između oralnog procesiranja i mehaničkih karakteristika. Međutim, ovo treba uzeti u obzir sa naglaskom na to da u slučaju tikvica kuvanih 45 minuta parametri napona pucanja i žilavosti i kod modula deformabilnosti oba povrća, nisu postojale značajne razlike između kulinarskih metoda. Ovo treba imati na umu sa obzirom na to da su potrošači pokazali preferencije prema tvrdo kuvanom povrću (Bongoni, Steenbekkers, Verkerk, Van Boekel, i Dekker, 2013), i da je grilovanje bolje očuvalo čvrstoću i boju. Takođe se može primetiti da je kuvanje u ključaloj vodi aproksimativno jednako uticalo na ispitivana mehanička svojstva, uzimajući u obzir da su razlike postojale samo kod tikvica i to u slučaju tretmana od 15 minuta. Što se tiče deformacije pucanja, prisutan je šablon koji ukazuje na to da je grilovanje proizvelo elastičnije proizvode oba povrća, čak i ako su samo duži tretmani obrade doveli do razlika između različitih metoda kuvanja.

Tabela 19. Uticaj kuvanja u ključaloj vodi i grilovanja na karakteristike boje egzokarpa plavog patližana i tikvica

Povrće	Kulinarska metoda	Vreme obrade	L*	a*	b*	WI	BI
Plavi patližan	Sirovi uzorci		3,01 ± 1,02	0,11 ± 0,30	-0,13 ± 0,45	3,00 ± 1,02	56,47 ± 9,06
	Kuvanje u vodi	15'	5,68 ± 2,39 ^{A, b}	0,48 ± 0,61 ^{A, a}	0,94 ± 0,69 ^{A, a}	5,67 ± 2,37 ^{A, b}	22,87 ± 8,34 ^{A, a}
		30'	4,65 ± 2,81 ^{A, a}	0,39 ± 0,42 ^{A, a}	0,82 ± 0,82 ^{A, a}	4,64 ± 2,80 ^{A, a}	24,54 ± 11,19 ^{A, a}
		45'	4,49 ± 1,40 ^{A, a}	0,47 ± 0,53 ^{A, b}	0,69 ± 0,58 ^{A, a}	4,49 ± 1,39 ^{A, a}	21,75 ± 8,21 ^{A, a}
	Grilovanje	15'	5,23 ± 1,88 ^{A, a}	1,85 ± 0,83 ^{B, a}	1,77 ± 0,95 ^{B, a}	5,19 ± 1,84 ^{A, a}	61,91 ± 17,42 ^{B, b}
		30'	6,23 ± 2,67 ^{B, a, b}	2,13 ± 0,79 ^{B, a}	2,32 ± 1,06 ^{B, b}	6,16 ± 2,61 ^{A, a, b}	69,86 ± 10,24 ^{B, c}
		45'	7,42 ± 2,21 ^{B, b}	1,90 ± 0,86 ^{B, a}	2,28 ± 1,07 ^{B, b}	7,36 ± 2,15 ^{A, b}	52,61 ± 10,52 ^{B, a}
Tikvice	Sirovi uzorci		47,19 ± 3,00	-5,10 ± 0,95	23,22 ± 2,21	42,04 ± 2,97	56,47 ± 9,06
	Kuvanje u vodi	15'	35,19 ± 5,01 ^{A, c}	-3,89 ± 1,14 ^{A, a}	19,37 ± 4,41 ^{A, c}	32,02 ± 3,76 ^{A, c}	67,46 ± 8,29 ^{A, a}
		30'	26,07 ± 3,62 ^{A, a, b}	-3,00 ± 0,80 ^{A, a, b}	15,32 ± 2,24 ^{A, b}	24,38 ± 3,16 ^{A, b}	73,09 ± 7,45 ^{A, b}
		45'	17,70 ± 6,35 ^{A, a}	-2,06 ± 0,70 ^{A, b}	11,11 ± 3,21 ^{A, a}	16,84 ± 5,87 ^{A, a}	83,37 ± 13,39 ^{A, c}
	Grilovanje	15'	50,96 ± 3,79 ^{B, c}	-4,02 ± 0,73 ^{A, a}	22,90 ± 1,79 ^{B, a}	45,63 ± 2,81 ^{B, c}	50,89 ± 2,59 ^{B, a}
		30'	48,84 ± 3,25 ^{B, b}	-4,96 ± 0,69 ^{B, a}	25,98 ± 1,93 ^{B, b}	42,10 ± 3,22 ^{B, b}	65,56 ± 1,57 ^{B, b}
		45'	45,56 ± 5,69 ^{B, a, a}	-2,89 ± 0,67 ^{A, b}	26,41 ± 1,80 ^{B, b}	39,28 ± 4,38 ^{B, a, a}	77,07 ± 5,12 ^{B, c}

Rezultati su navedeni kao srednja vrednost ± standardna devijacija; nivo statističke značajnosti $P < 0,05$; mala slova označavaju razlike u okviru iste kulinarske metode, a velika slova razliku između dve posmatrane metode. Legenda: 15' – 15 minuta; 30' – 30 minuta; 45' – 45 minuta;



Slika 22. Izgled preseka perikarpa i egzokarpa plavog patlidžana i tikvica nakon kuvanja u ključaloj vodi i grilovanja; Legenda: a – tretmani obrade od 15 minuta, b – tretmani obrade od 30 minuta, c – tretmani obrade od 45 minuta

Tabela 20. Uticaj kuvanja u ključaloj vodi i grilovanja na mehanička svojstva plavog patlidžana i tikvice

Povrće	Kulinarska metoda	Vreme obrade	Napon pucanja (KPa)	Deformacija pucanja	Modul deformabilnosti (KPa)	Žilavost (KJ/m ³)	Sila smicanja (N)
Plavi patlidžan	Kuvanje u vodi	15'	6,19 ± 1,50 ^{A, a}	2,03 ± 0,44 ^{A, a}	11,90 ± 5,79 ^{A, a}	9,88 ± 1,98 ^{A, a}	2,40 ± 0,79 ^{A, a}
		30'	3,79 ± 1,26 ^{A, a}	1,73 ± 0,69 ^{A, a}	8,04 ± 2,33 ^{A, a}	6,19 ± 1,18 ^{A, a}	2,43 ± 1,36 ^{A, a}
		45'	4,04 ± 1,35 ^{A, a}	1,10 ± 0,57 ^{A, b}	12,14 ± 5,34 ^{A, a}	7,47 ± 2,44 ^{A, a}	1,52 ± 0,61 ^{A, a}
	Grilovanje	15'	27,15 ± 14,39 ^{B, a}	2,06 ± 0,32 ^{A, a}	28,28 ± 25,21 ^{B, a}	33,05 ± 12,73 ^{B, a}	34,03 ± 13,92 ^{B, a}
		30'	24,74 ± 6,54 ^{B, a}	2,06 ± 0,33 ^{A, a}	21,57 ± 8,63 ^{B, a, b}	29,89 ± 6,90 ^{B, a, b}	29,09 ± 12,42 ^{B, a}
		45'	16,91 ± 7,11 ^{B, b}	2,01 ± 0,42 ^{B, a}	15,63 ± 3,98 ^{A, b}	25,22 ± 11,62 ^{B, b}	14,91 ± 8,97 ^{B, b}
Tikvice	Kuvanje u vodi	15'	9,42 ± 2,58 ^{A, a}	1,09 ± 0,30 ^{A, a}	17,72 ± 4,63 ^{A, a}	9,51 ± 2,24 ^{A, a}	6,04 ± 1,88 ^{A, a}
		30'	3,22 ± 1,13 ^{A, a, b}	0,56 ± 0,41 ^{A, b}	10,39 ± 3,12 ^{A, a, b}	3,31 ± 1,11 ^{A, a, b}	1,94 ± 1,26 ^{A, b}
		45'	1,84 ± 0,65 ^{A, b}	0,67 ± 0,52 ^{A, b}	6,92 ± 2,64 ^{A, b}	1,94 ± 0,59 ^{A, b}	0,67 ± 0,16 ^{A, b}
	Grilovanje	15'	38,56 ± 15,78 ^{B, a}	0,94 ± 0,31 ^{A, a}	53,48 ± 33,94 ^{B, a}	37,3 ± 15,07 ^{B, a}	30,31 ± 9,43 ^{B, a}
		30'	19,12 ± 9,41 ^{B, b}	0,90 ± 0,19 ^{B, a}	36,69 ± 17,83 ^{B, b}	19,59 ± 9,73 ^{B, b}	31,75 ± 14,12 ^{B, a}
		45'	7,48 ± 2,74 ^{A, c}	1,09 ± 0,31 ^{B, a}	12,91 ± 5,84 ^{A, c}	7,48 ± 2,87 ^{A, c}	28,16 ± 12,38 ^{B, a}

Rezultati su navedeni kao srednja vrednost ± standardna devijacija; nivo statističke značajnosti $P < 0,05$; mala slova označavaju razlike u okviru iste kulinarske metode, a velika slova razliku između dve posmatrane metode. Legenda: 15' – 15 minuta; 30' – 30 minuta; 45' – 45 minuta;

5.2.3.2. Mastikacija tikvica i plavog patlidžana kuvanih u ključaloj vodi i grilovanjem

Rezultati parametara mastikacije za plavi patlidžan i tikvice kuvanih u ključaloj vodi i grilovanjem dati su u tabeli 21. Rezultati parametara mastikacije prate isti obrazac kao i rezultati mehaničkih parametara. Broj žvakova i vreme oralne izloženosti se razlikuju između metoda kulinarske obrade za obe vrste povrća.

Izuzetak je vreme oralne izloženosti za tikvice kuvane 15 minuta. Oba ova parametra pokazala su trend smanjenja vrednosti paralelno sa produženjem obrade ali u manjem obimu kod grilovanja u poređenju sa kuvanjem u vodi. Sa time u vezi, broj žvakova grilovanog patlidžana i vreme oralne izloženosti i broj žvakova grilovanih tikvica se nisu razlikovali u okviru te metode kulinarske obrade, bez obzira na vreme njene primene. Smanjenje rada koji je potrebno uložiti da se konzumira hrana se može očekivati usled njenog omekšavanja ali se čini da u ovom slučaju postoji ograničena korelacija sa mehaničkim parametrima. Ovo se može pripisati relativno malom broju žvakova koji su potrebni za mastikaciju ovih proizvoda (od šest žvakova i pet sekundi za patlidžan kuvan u vodi 45 minuta do 27 žvakova i 17 sekundi za petnaestominutni tretman). Na osnovu toga, može se reći da je struktura ovog povrća uništena rapidno u poređenju sa nekim drugim proizvodima koji su bili zahtevniji za mastikaciju i koji su pokazali jaku korelaciju sa mehaničkim parametrima, kao što je bio slučaj kod mesa. To se takođe može potvrditi i činjenicom da su plavi patlidžan i tikvice zahtevali mali napor da se zalogaj proguta (do 1,3 gutljaja po zalogaju), dok praktično nije bilo razlika između metoda i vremena obrade za ovaj parametar. Trajanje ciklusa žvakanja, brzina žvakanja i veličina zalogaja tikvica su pokazali isti ovakav obrazac. I ako su Poelman i sar. (2017) ukazali na to da različiti načini kulinarske obrade mogu rezultovati različitom mekoćom i brzinom jedenja, što dalje može uticati na količinu hrane koja se konzumira i ostvarenje zasićenja, razlike su postojale samo između dve kulinarske metode kod tikvica za vremena obrade od 30 i 45 minuta. Tretmani su takođe rezultovali sličnim brzinama žvakanja, pri čemu je grilovanje dovelo do rapidnijeg žvakanja u slučaju plavog patlidžana. U slučaju tikvica, nisu postojale razlike u okviru ovog parametra. Konačno, svi proizvodi su bili konzumirani u zalogajima slične veličine između 4 i 6 grama, što je u skladu sa prethodnim istraživanjima (Aguayo-Mendoza i sar., 2019).

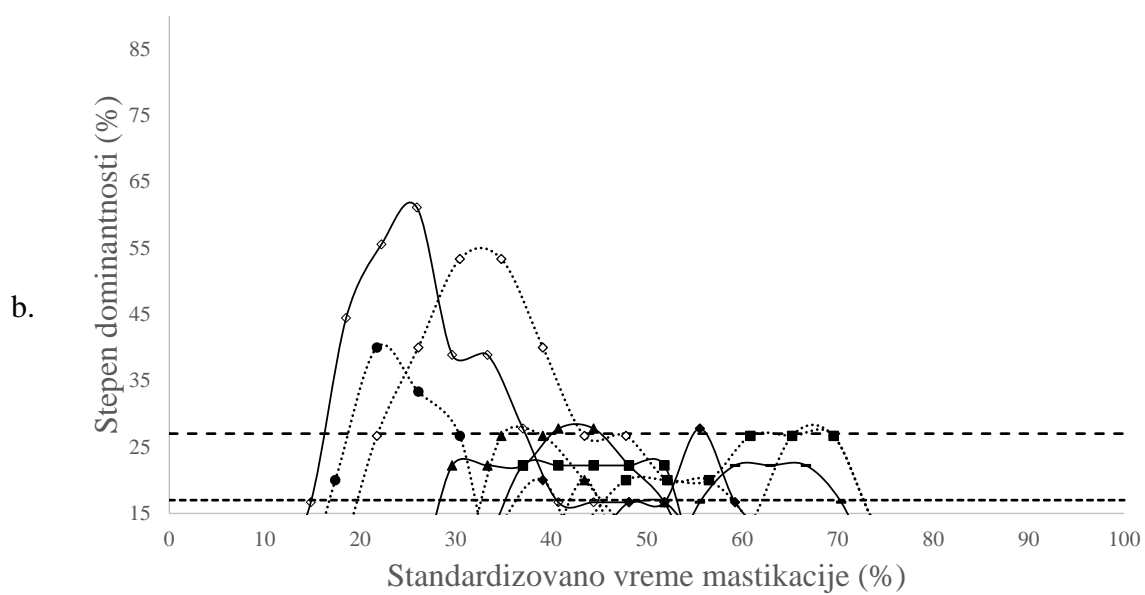
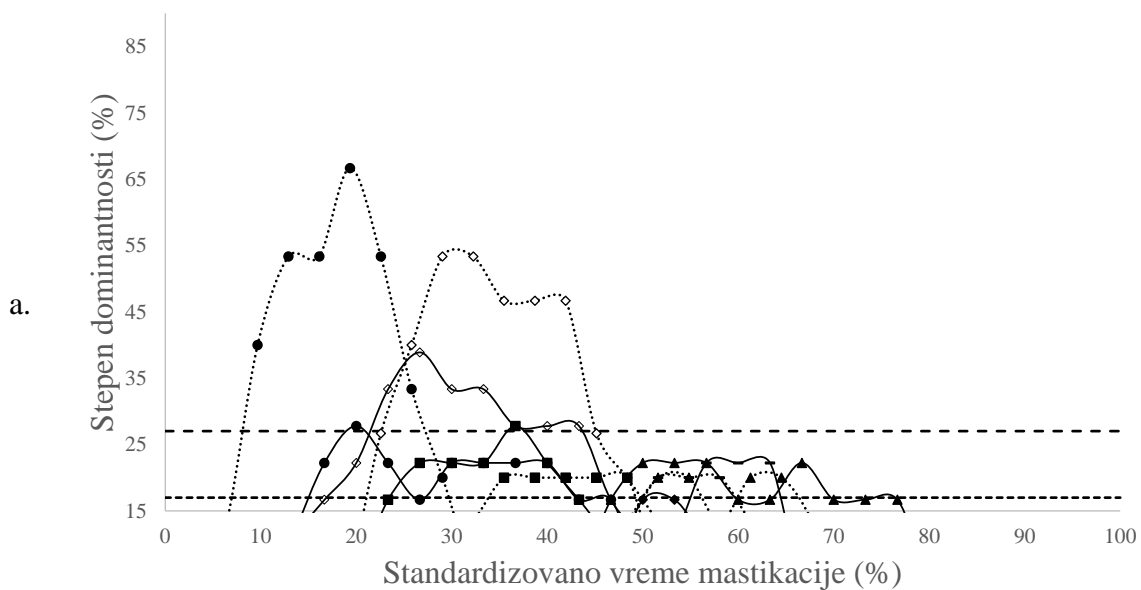
5.2.3.3. Senzorni profil tikvica i plavog patlidžana kuvanih u ključaloj vodi i grilovanjem

TDS grafikoni plavog patlidžana i tikvica pripremanih kuvanjem u ključaloj vodi i grilovanjem su prikazani su na slici 23 (a – c: kuvanje u ključaloj vodi; d – f: grilovanje). Na osnovu prikazanih rezultata, tretmani grilovanja su uticali na percepciju čvrstoće manje od kuvanja u ključaloj vodi za obe vrste povrća. Sa druge strane, sočnost je zabeležila visok stepen dominantnosti za metodu kuvanja u ključaloj vodi. Kuvanje u ključaloj vodi je takođe dovelo do percepcije slatkog za tretman od 45 minuta kod tikvica. Poznato je da tikvice sadrže monosaharide koji mogu pobuditi receptore zadužene za percepciju slatkog ukusa (Pomares-Viciano, Martínez-Valdivieso, Font, Gómez, i del Río-Celestino, 2018). U slučaju ovog istraživanja, čini se da je maksimalna izloženost kuvanju u ključaloj vodi dovela do strukturnih promena koje su omogućile otpuštanje ovih komponenata, njihovo rastvaranje u sokovima povrća i salivi, a zatim i percepciju. Za istu metodu kulinarske obrade i isto vreme, plavi patlidžan je imao gorčinu kao dominantni atribut, što se može pripisati istom fenomenu. Nažalost, osim ovih nekoliko atributa ostali su bili ispod praga značajnosti što se može objasniti relativno kratkim vremenima mastikacije za proizvode kuvane u ključaloj vodi (od nekoliko sekundi pa do 10 sekundi). Sa druge strane, grilovani proizvodi su bili zahtevniji za mastikaciju što je uzrokovalo duže vreme oralne izloženosti i duže vreme za reakciju komponenata nosioca senzornih percepcija i čula zaduženih za njihovo detektovanje. Sa obzirom na to, specifična ukusnost plavog patlidžana i tikvica je bila iznad nivoa stepena dominantnosti na kraju mastikacije, sa trendom opadanja dominantnosti ove senzacije paralelno sa produženjem grilovanja. Sočnost je takođe među relevantnim atributima za trajanje grilovanja od 30 i 45 minuta. Percepcija slatkog je bila tik iznad praga značajnosti za tretman od 45 minuta kod tikvica, dok je gorčina kod plavog patlidžana bila zanemarljiva. Razlike u stepenima dominantnosti za percepciju slatkog mogu se pripisati direktnom kontaktu sa vodom koja povećava rastvorljivost kod kuvanja u ključaloj vodi, što nije bio slučaj kod grilovanja.

Tabela 21. Uticaj kuvanja u ključaloj vodi i grilovanja na parametre mastikacije plavog patlidžana i tikvica

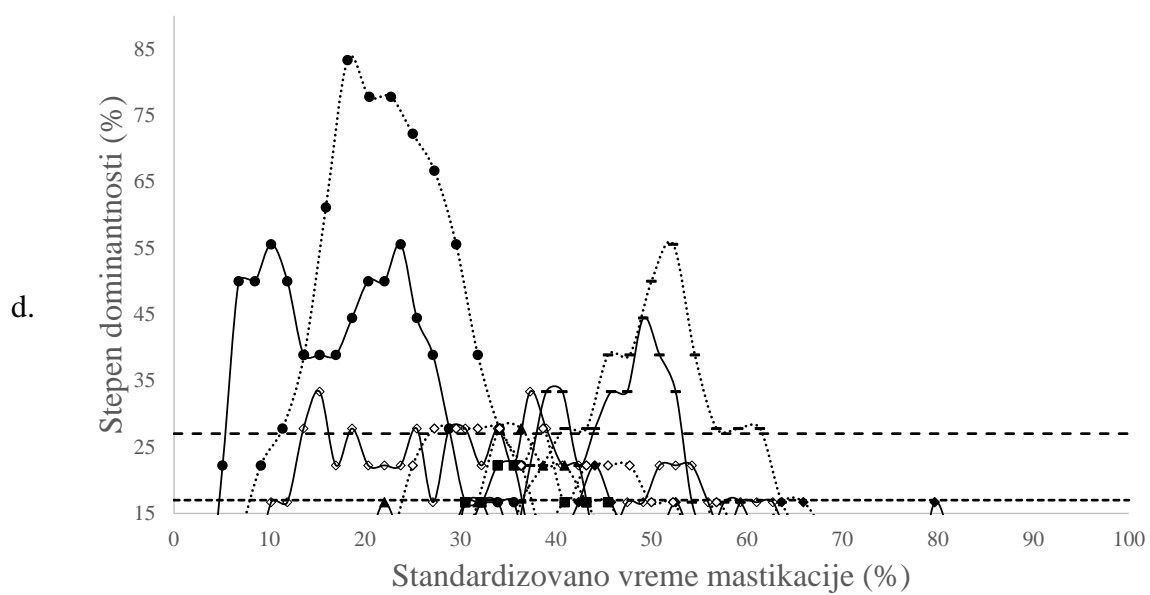
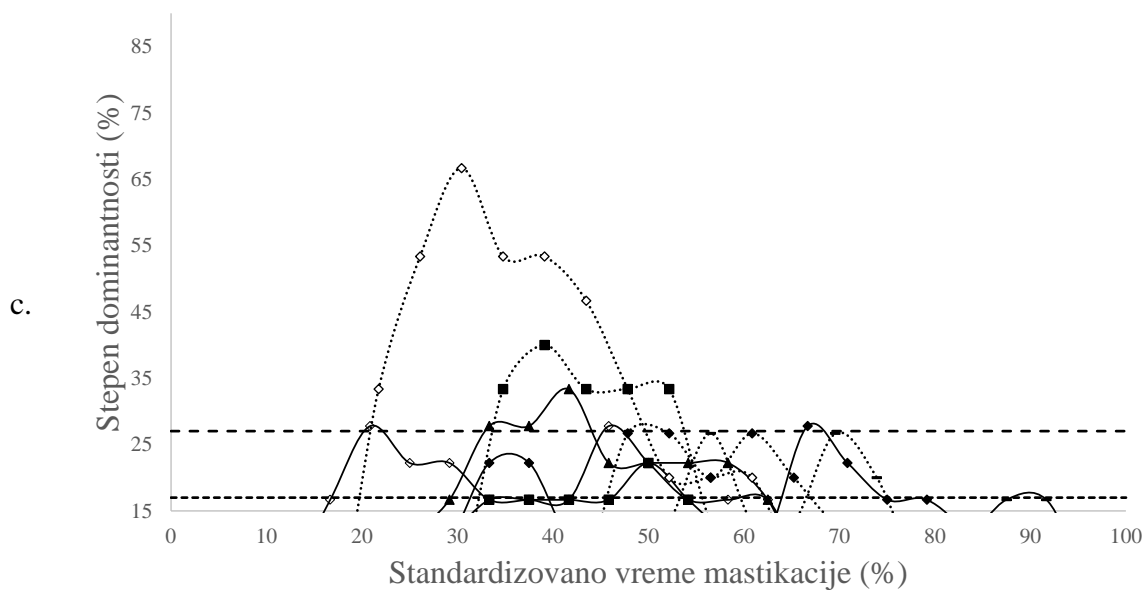
Povrće	Kulinarska metoda	Vreme obrade	Broj žvakova	Vreme oralne izloženosti (s)	Broj gutljaja	Trajanje ciklusa žvakanja (s/žvak)	Brzina žvakanja (žvak/s)	Veličina zalogaja (g)	Brzina jedenja (g/s)
Plavi patlidžan	Kuvanje u vodi	15'	11,00 ± 6,15 ^{A, a}	8,16 ± 3,03 ^{A, a}	1,17 ± 0,38 ^{A, a}	0,88 ± 0,33 ^{A, a}	1,27 ± 0,37 ^{A, a}	4,86 ± 1,66 ^{A, a}	0,64 ± 0,16 ^{A, a}
		30'	7,07 ± 3,46 ^{A, a, b}	5,92 ± 2,15 ^{A, b}	1,17 ± 0,38 ^{A, a}	0,97 ± 0,40 ^{A, a}	1,17 ± 0,35 ^{A, a}	4,16 ± 1,96 ^{A, a}	0,73 ± 0,39 ^{A, a}
		45'	6,37 ± 2,37 ^{A, b}	5,17 ± 1,35 ^{A, b}	1,17 ± 0,38 ^{A, a}	0,90 ± 0,32 ^{A, a}	1,21 ± 0,32 ^{A, a}	3,97 ± 1,83 ^{A, a}	0,80 ± 0,35 ^{A, a}
	Grilovanje	15'	26,87 ± 11,55 ^{B, a}	16,40 ± 6,18 ^{B, a}	1,30 ± 0,60 ^{A, a}	0,63 ± 0,13 ^{A, a}	1,65 ± 0,32 ^{B, a}	5,62 ± 1,91 ^{A, a}	0,36 ± 0,12 ^{A, a}
		30'	24,97 ± 9,17 ^{B, a}	15,04 ± 5,24 ^{B, a}	1,31 ± 0,47 ^{A, a}	0,61 ± 0,10 ^{B, a}	1,68 ± 0,26 ^{B, a}	5,79 ± 1,73 ^{A, a}	0,41 ± 0,12 ^{A, a}
		45'	23,94 ± 13,38 ^{B, a}	14,15 ± 7,16 ^{B, a}	1,20 ± 0,41 ^{A, a}	0,62 ± 0,13 ^{B, a}	1,67 ± 0,26 ^{B, a}	6,46 ± 1,94 ^{B, a}	1,11 ± 0,62 ^{A, b}
Tikvice	Kuvanje u vodi	15'	12,92 ± 2,96 ^{A, a}	9,21 ± 2,99 ^{A, a}	1,24 ± 0,44 ^{A, a}	0,71 ± 0,13 ^{A, a}	1,44 ± 0,23 ^{A, a}	5,90 ± 1,69 ^{A, a}	0,66 ± 0,21 ^{A, a}
		30'	8,56 ± 1,76 ^{A, a, b}	5,90 ± 1,26 ^{A, b}	1,20 ± 0,41 ^{A, a}	0,70 ± 0,11 ^{A, a}	1,47 ± 0,23 ^{A, a}	5,83 ± 2,32 ^{A, a}	0,98 ± 0,37 ^{A, a}
		45'	8,20 ± 1,85 ^{A, b}	6,24 ± 1,42 ^{A, b}	1,20 ± 0,41 ^{A, a}	0,78 ± 0,14 ^{A, a}	1,32 ± 0,22 ^{A, a}	5,40 ± 1,92 ^{A, a}	0,90 ± 0,41 ^{A, a}
	Grilovanje	15'	17,4 ± 4,34 ^{B, a}	11,41 ± 2,70 ^{A, a, b}	1,23 ± 0,43 ^{A, a}	0,66 ± 0,09 ^{A, a}	1,53 ± 0,21 ^{A, a}	5,04 ± 2,72 ^{A, a}	0,42 ± 0,17 ^{A, a}
		30'	17,80 ± 3,98 ^{B, a}	11,47 ± 2,87 ^{B, b}	1,20 ± 0,41 ^{A, a}	0,65 ± 0,11 ^{A, a}	1,58 ± 0,26 ^{A, a}	4,91 ± 2,30 ^{A, a}	0,42 ± 0,14 ^{B, a}
		45'	14,2 ± 4,59 ^{B, a}	9,07 ± 2,96 ^{B, a}	1,13 ± 0,35 ^{A, a}	0,66 ± 0,13 ^{A, a}	1,58 ± 0,31 ^{A, a}	4,75 ± 2,67 ^{A, a}	0,51 ± 0,20 ^{B, a}

Rezultati su navedeni kao srednja vrednost ± standardna devijacija; nivo statističke značajnosti $P < 0,05$; mala slova označavaju razlike u okviru iste kulinarske metode, a velika slova razliku između dve posmatrane metode. Legenda: 15' – 15 minuta; 30' – 30 minuta; 45' – 45 minuta;



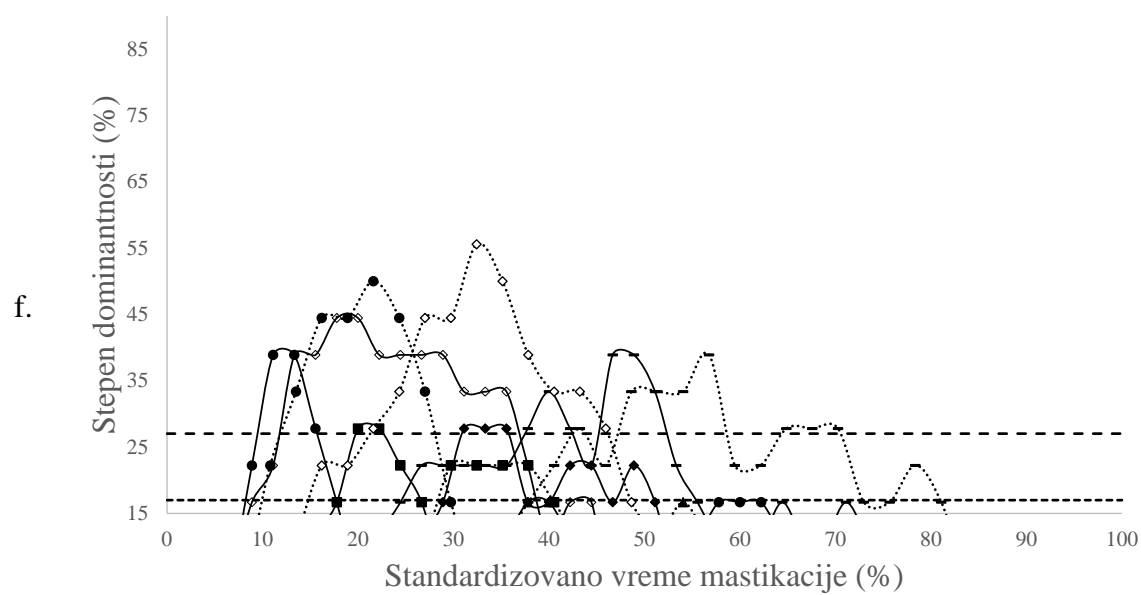
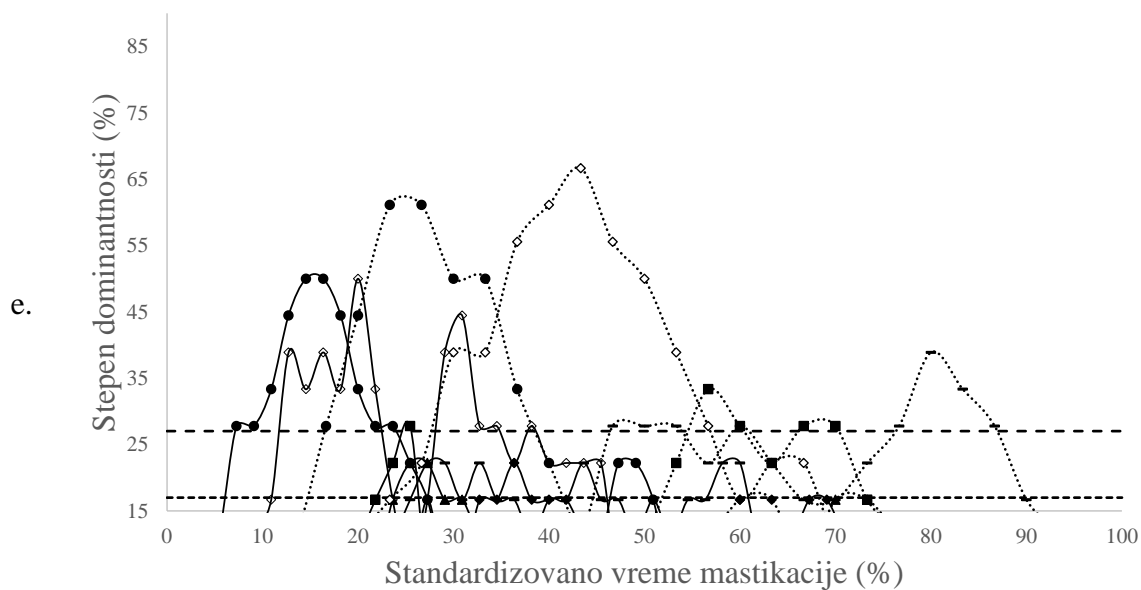
- | | |
|-----------------------|------------------------------|
| -----Prag verovatnoće | ---Prag značajnosti |
| —Plavi patlidžan |Tikvice |
| • Čvrsto | ▲ Gorko |
| ◇ Sočno | ■ Slatko |
| ◆ Glatko | - Specifična ukusnost povrća |

* Nastavak na sledećoj strani



- | | |
|-----------------------|------------------------------|
| -----Prag verovatnoće | ---Prag značajnosti |
| —Plavi patlidžan |Tikvice |
| • Čvrsto | ▲ Gorko |
| ◇ Sočno | ■ Slatko |
| ◆ Glatko | - Specifična ukusnost povrća |

* Nastavak na sledećoj strani



- | | |
|-----------------------|------------------------------|
| -----Prag verovatnoće | ---Prag značajnosti |
| —Plavi patlidžan |Tikvice |
| • Čvrsto | ▲ Gorko |
| ◇ Sočno | ■ Slatko |
| ◆ Glatko | - Specifična ukusnost povrća |

Slika 23. TDS krive za plavi patlidžan i tikvice; kuvanje u ključaloj vodi (a, b i c) i grilovanje (d, e, f); a, d – tretmani 15', b, e – tretmani 30', c, f – tretmani 45'

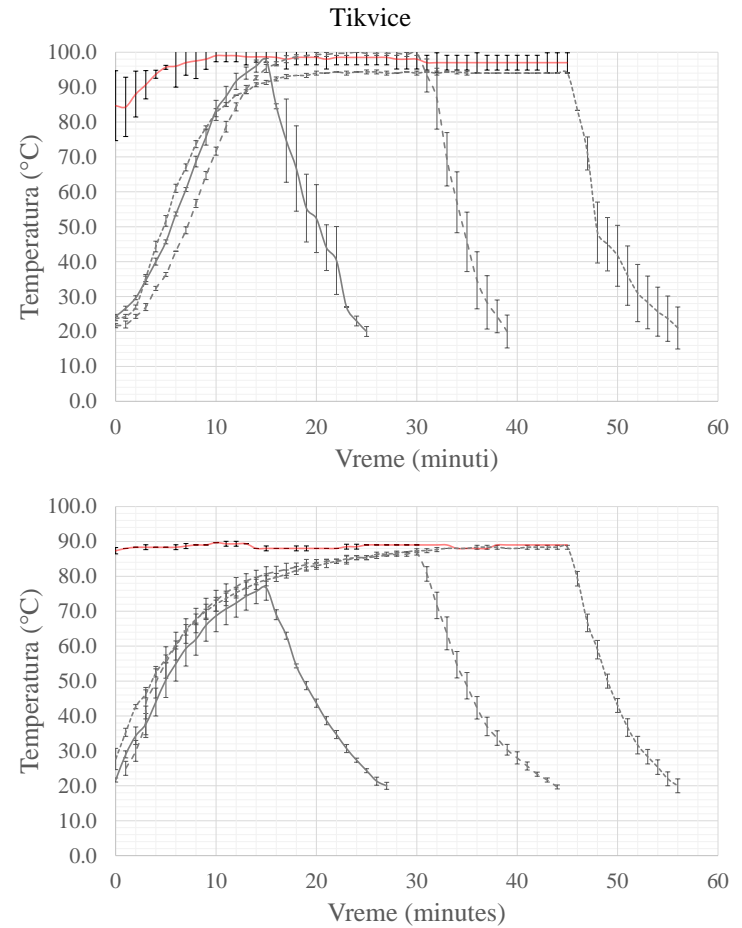
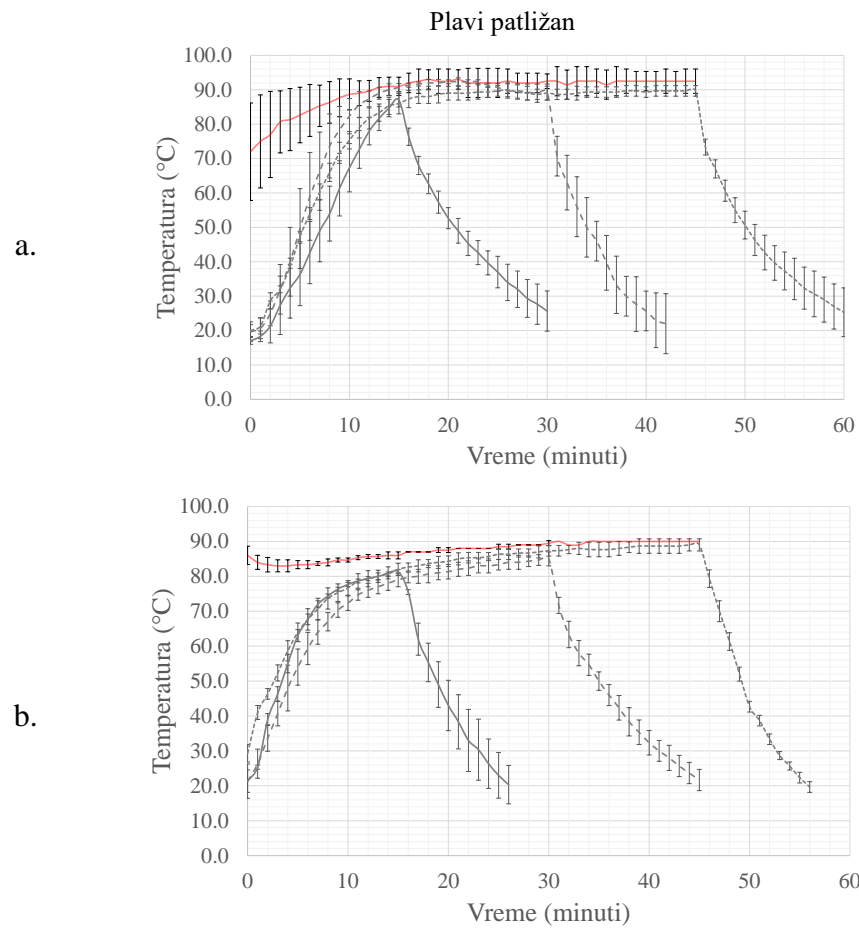
5.2.4. Tikvica i plavi patlidžan pripremljeni kuvanjem na vodenoj pari i *sous-vide*

5.2.4.1. Instrumentalna mehanička svojstva i boja tikvica i plavog patlidžana kuvanih na vodenoj pari i *sous-vide*

Promene temperature u toku procesa kuvanja povrća su prikazane na slici 24. U slučaju ovog istraživanja, plavi patlidžan i tikvice imali su slične vrednosti parametara boje perikarpa u svežem stanju (tabela 22). Međutim, struktura povrća je pod uticajem kuvanja koje dovodi do degradacije ćelija, otpuštanja sokova i promene proporcije sadržaja rastvorenih gasova (Miglio i sar., 2008). Sve ovo utiče na način interakcije svetlosti i materijala što dovodi do promena u percipiranoj boji proizvoda. Primetno je da je boja perikarpa plavog patlidžana pomešana ka vrednostima koje odgovaraju crvenoj, dok su tikvice imale veći udeo zelene boje. Istovremeno, dve vrste povrća su imale slične vrednosti za prisustvo plave i žute boje. Suprotno, boje egzokarpa su bile različite, tj. ljubičasto plava za plavi patlidžan i svetlo zelena za tikvice, što je posledica sadržaja različitih bojenih materija. Prethodno je utvrđeno da antocijanini imaju dominantnu ulogu za formiranje boje patlidžana (Bahreini i sar., 2014; Gürbüz i sar., 2018; Silva i sar., 2021). Sa druge strane, hlorofil igra glavnu ulogu kod tikvica (Miglio i sar., 2008), kao i karotenoidi ali u manjem obimu (Silva i sar., 2021). Očekivano, parametri boje egzokarpa ove dve vrste povrća imale su drugačije vrednosti (tabela 23).

Rezultati za vrednosti parametara boje dve vrste povrća pod uticajem posmatranih tretmana kuvanja prikazani su u tabeli 22 (boja perikarpa) i 23 (boja egzokarpa). Za obe vrste povrća, ispitivani faktori i njihove interakcije su bile veoma značajne za obeležja boje L^* , WI i BI perikarpa ($P < 0,001$). Izuzeci su interakcije faktora za L^* i WI i efekat vremena na BI patlidžana, koji su bili značajni ($P < 0,05$). Sličan trend u promenama ovih parametara kao posledica kuvanja se može uočiti u tabeli 22. Na osnovu rezultata se može videti da je kuvanje na pari povećavalo vrednosti indeksa braon boje za obe vrste povrća sa produžetkom kuvanja. Sa druge strane, *sous-vide* kuvanje je umanjilo vrednosti BI za patlidžan, dok su slabiji efekti viđeni za tikvice. Na sličan način, svetloća (L^*) se je smanjivala sa prolongacijom kuvanja sa izuzetkom parenih tikvica gde tretman kuvanja nije uticao na L^* . Smanjenje svetloće tikvica kao posledica kuvanja je takođe bilo zapaženo od strane Miglio i sar. (2008). Isto se može reći i za indeks bele boje tikvica (WI), gde nije postojalo značajnih razlika u okviru metode kuvanja. Međutim, kuvanje na pari imalo je jači efekat na WI patlidžana gde su se vrednosti postepeno smanjivale od 30 do 23, pri čemu se tretman od 45 minuta razlikovao od druga dva ($P < 0,01$). Slabiji efekat je viđen u slučaju kuvanja patlidžana *sous-vide*, gde je WI imao vrednosti od 18 do 22. Suprotno, *sous-vide* je dovelo do značajnih razlika kod tikvice sa obzirom na to da je tretman od 15 minuta bio različit od ostala dva ($P < 0,001$), imajući najveće vrednosti (48). Tikvice kuvane 15 minuta *sous-vide* su takođe imale najmanje apsolutne razlike u odnosu na sveže stanje povrća ali potamnjenje izazvano ovom metodom ne treba da bude zanemareno. *Sous-vide* tretmani tikvica su proizveli značajno veće vrednosti BI u poređenju sa kuvanjem na pari ($P < 0,001$). Za vrednosti L^* i WI oba povrća, takođe je utvrđeno da dve kulinarske metode rezultuju različitim proizvodima. Što se tiče patlidžana, *sous-vide* je proizvelo manju svetloću, indeks bele boje i veće vrednosti indeksa braon boje. Međutim, u slučaju tikvica, *sous-vide* je dalo proizvode sa većim BI ali i većim vrednostima L^* i WI u poređenju sa kuvanjem na pari.

Kao što je prethodno pomenuto, vrednosti parametara a^* i b^* kvantifikuju udele zelene odnosno crvene i plave odnosno žute boje, respektivno. Statistički rezultati pokazuju da su svi faktori i njihove interakcije bili veoma značajni ($P < 0,01$) ili značajni ($P < 0,05$ za interakciju na vrednosti a^* i uticaj metode kuvanja na b^*) za a^* i b^* obe vrste povrća, izuzev efekta vremena kuvanja na a^* tikvica koji nije bio značajan. Obe metode kuvanja su dovele do povećanja udela crvene boje patlidžana u poređenju sa svežim stanjem. Tretmani kuvanja od 15 minuta ostvarili su najveće vrednosti u okviru metode kuvanja, pri čemu je *sous-vide* imalo veće vrednosti od kuvanja na pari. Sa druge strane, tretmani od 30 i 45 minuta se nisu razlikovali za parametar a^* patlidžana. Slično se može uočiti i na slučaju tikvica. Vrednosti a^* su bile značajno smanjene za kuvanje na pari i u nešto manjoj meri za *sous-vide* u poređenju sa sirovim stanjem, na taj način povećavajući udeo zelene boje perikarpa. Međutim, za razliku od patlidžana, metode kuvanja su se razlikovale u slučaju tikvica ($P < 0,001$).



Slika 24. Promene temperature u toku procesa kuvanja na pari i sous-vide tikvica i plavog patlidžana; Legenda: a – kuvanje na pari, b – sous-vide kuvanje

Tabela 22. Uticaj kuvanja na pari i sous-vide kuvanja na karakteristike boje perikapa plavog patližana i tikvica

Povrće	Kulinarska metoda	Vreme kuvanja	L*	a*	b*	WI	BI	
Plavi patližan	Sirovi uzorci		71,69 ± 3,96	0,21 ± 2,89	25,50 ± 4,95			
	Kuvanje na pari	15'	32,8 ± 13,13 ^{A, a}	4,08 ± 1,62 ^{A, a}	16,05 ± 3,73 ^{A, a}	30,43 ± 11,77 ^{A, a}	84,48 ± 26,27 ^{A, a}	
		30'	29,99 ± 8,81 ^{A, a}	3,62 ± 1,50 ^{A, a, b}	15,78 ± 2,66 ^{A, a}	27,98 ± 7,94 ^{A, a}	85,42 ± 13,97 ^{A, a}	
		45'	24,48 ± 9,68 ^{A, b}	3,34 ± 1,01 ^{A, b}	13,38 ± 3,49 ^{A, b}	23,05 ± 8,86 ^{A, b}	93,84 ± 18,92 ^{A, b}	
	Sous-vide	15'	24,15 ± 6,69 ^{B, a}	5,36 ± 1,55 ^{B, a}	17,17 ± 3,76 ^{A, a}	21,85 ± 5,49 ^{B, a}	133,81 ± 19,02 ^{B, a}	
		30'	19,25 ± 6,00 ^{B, b}	3,86 ± 1,21 ^{A, b}	12,66 ± 3,10 ^{B, b}	18,06 ± 5,32 ^{B, b}	117,82 ± 10,84 ^{B, b}	
		45'	20,34 ± 5,00 ^{B, b}	3,42 ± 1,60 ^{A, b}	12,71 ± 2,34 ^{A, b}	19,19 ± 4,54 ^{B, a, b}	106,1 ± 17,66 ^{B, c}	
	Tikvice	Sirovi uzorci		74,24 ± 4,36	- 0,29 ± 0,89	24,86 ± 4,87		
		Kuvanje na pari	15'	28,97 ± 5,88 ^{A, a}	-2,67 ± 1,20 ^{A, a}	11,27 ± 4,48 ^{A, a}	27,92 ± 6,39 ^{A, a}	32,92 ± 13,9 ^{A, a}
30'			27,02 ± 5,14 ^{A, a}	-2,44 ± 0,73 ^{A, a, b}	10,88 ± 2,10 ^{A, a}	26,12 ± 4,80 ^{A, a}	41,71 ± 5,49 ^{A, b}	
45'			29,18 ± 5,84 ^{A, a}	-2,27 ± 0,59 ^{A, b}	11,76 ± 2,88 ^{A, a}	28,07 ± 5,25 ^{A, a}	42,59 ± 5,78 ^{A, b}	
Sous-vide		15'	53,19 ± 7,72 ^{B, a}	-0,61 ± 0,57 ^{B, a}	21,87 ± 2,79 ^{B, a}	48,01 ± 5,81 ^{B, a}	50,39 ± 1,46 ^{B, a}	
		30'	42,52 ± 4,16 ^{B, b}	-0,56 ± 0,68 ^{B, a}	19,07 ± 2,65 ^{B, b}	39,32 ± 3,13 ^{B, b}	56,00 ± 4,86 ^{B, b}	
		45'	40,54 ± 4,88 ^{B, b}	-1,07 ± 0,68 ^{B, b}	17,30 ± 2,86 ^{B, c}	37,92 ± 3,82 ^{B, b}	51,16 ± 4,96 ^{B, a}	

Rezultati su navedeni kao srednja vrednost ± standardna devijacija; nivo statističke značajnosti $P < 0,05$; mala slova označavaju razlike u okviru iste kulinarske metode, a velika slova razliku između dve posmatrane metode. Legenda: 15' – 15 minuta; 30' – 30 minuta; 45' – 45 minuta;

Nekoliko faktora može objasniti fenomen povećanja udela crvene boje patlidžana i udela zelene boje tikvica. Bojene materije ove dve vrste povrća dominantno su locirani u njihovom egzokarpu. Kako su primenjeni tretmani kuvanja uzrokovali strukturne promene poput degradacije ćelija i oslobađanje sokova, može se pretpostaviti da je došlo do formiranja uslova za migraciju molekula bojenih materija iz egzokarpa u perikarp. Različiti efekti primenjenih kulinarskih metoda na dve vrste povrća se mogu objasniti razlikama između tikvica i patlidžana i pogledu strukture, kvaliteta bojenih materija, njihove rastvorljivosti i pokretljivosti. Suprotno, prolongacija kuvanja je približavala vrednosti a^* prema nuli za sve tretmane osim za kuvanje tikvica *sous-vide*. Prema objašnjenjima iz literature (LaBorde i von Elbe, 1994; Paciulli i sar., 2015; Rudra, Sarkar, i Shivhare, 2008), može se zaključiti da je produženje izloženosti termalnom tretmanu dovelo do degradacije bojenih materija, što je posledično uzrokovalo obezbojenje.

Kulinarske metode su takođe uticale na vrednosti b^* . Za obe vrste povrća, vrednosti b^* su se smanjivale nakon kuvanja u poređenju sa sirovim stanjem, pomerajući nijansu boje od žute ka plavoj. Interesantno, u slučaju tikvica, dve kulinarske metode su rezultirale proizvodima koji su imali najnižu (za kuvanje na pari) i najvišu vrednost b^* (za *sous-vide*), pri čemu su metode kuvanja bile statistički različite ($P < 0,001$). Istovremeno se može videti da je kuvanje na pari rapidno smanjivalo vrednosti b^* od sirovog materijala u toku kuvanja i da su se vrednosti održavale oko 11 za sve tretmane koji pripadaju istoj statističkoj grupi. Druge kombinacije tretmana metode kuvanja i vremena kuvanja se odlikuju kontinualnim smanjenjem b^* sa produženjem kuvanja. Tabela 23 prikazuje uticaj izabranih kulinarskih tretmana na boju egzokarpa dve vrste povrća. Posmatrani faktori i njihove interakcije su bili veoma značajni ($P < 0,01$) ili značajni ($P < 0,05$ za uticaj metode kuvanja na L^* i WI egzokarpa plavog patlidžana). Izuzetak je bila interakcija faktora na L^* egzokarpa plavog patlidžana, koja je bila iznad nivoa značajnosti ($P > 0,05$). Svetloća obe vrste povrća se je smanjivala sa produžetkom kuvanja. Međutim, razlike kod patlidžana su bile manje u odnosu na tikvice, uzimajući u obzir da je on već ima tamnu boju. *Sous-vide* kuvanje je bolje očuvalo svetloću tikvica i ovi tretmani su bili različiti u poređenju sa kuvanjem na pari ($P < 0,001$). Promene u indeksu bele boje su pratile isti trend.

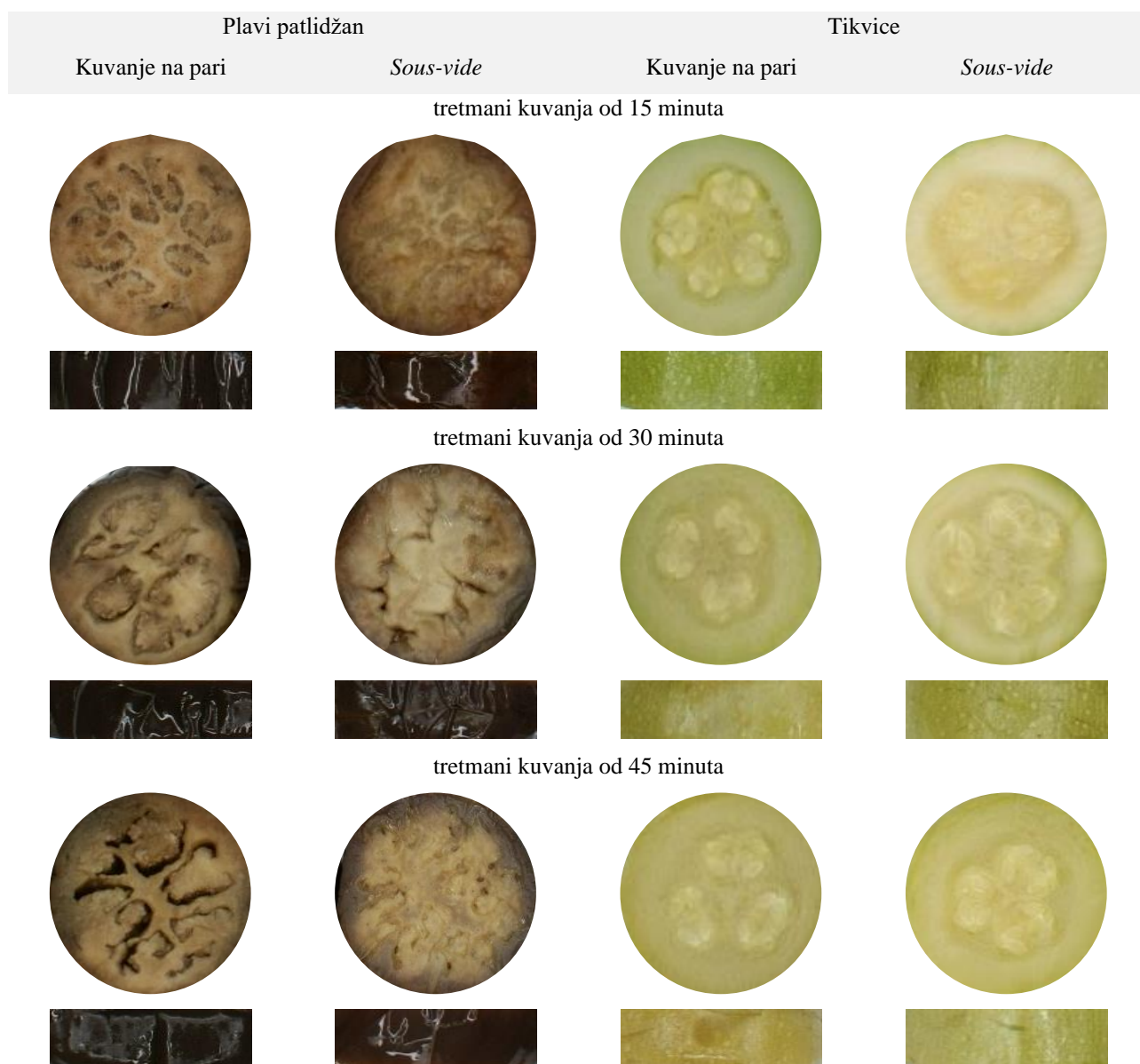
Vrednosti WI su se smanjivale sa produžetkom kuvanja. Manje razlike su postojale za patlidžan bez obzora na metodu i vreme kuvanja, dok je *sous-vide* uticala na veće vrednosti WI kod tikvica ($P < 0,001$). Metode kuvanja su imale jačeg efekta na WI tikvica kod kojih su se svi tretmani razlikovali u okviru metode kuvanja. Kuvanje na pari je uzrokovalo smanjenje indeksa braon boje patlidžana od 70 do 30, pri čemu se tretmani od 30 i 45 minuta nisu razlikovali. Sa druge strane, *sous-vide* tretmani nisu bili različiti, rezultujući proizvodima koji su imali BI oko 35. Suprotno od patlidžana, u slučaju tikvica, obe metode kuvanja su povećavale vrednosti BI (od 77 do 93 za kuvanje na pari i od 62 do 84 za *sous-vide*), što je dovelo do proizvoda koji su se razlikovali u okviru metode kuvanja ($P < 0,001$). Metode kuvanja su se razlikovale na istom nivou značajnosti i kuvanje na pari je proizvelo veće tamnjenje za sva vremena kuvanja.

Faktori i njihove interakcije su uticali na a^* i b^* egzokarpa povrća na nivou od $P < 0,01$. Izuzeci su efekti metode kuvanja na a^* i b^* egzokarpa patlidžana i faktorska interakcija na a^* egzokarpa povrća koji nisu bili značajni na $P = 0,05$. Kao i u slučaju perikarpa povrća, i u slučaju egzokarpa je postojalo obezbojenje kao posledica prolongacije kuvanja. U slučaju patlidžana, metode kuvanja su povećale a^* i b^* vrednosti u poređenju sa sirovim egzokarpom ali su udeli crvene i žute boje narušeni produženjem kuvanja. Sa druge strane, kuvanje na pari je dalo zelenije tikvice koje su bile različite u poređenju sa *sous-vide* ($P < 0,01$). Suprotno, *sous-vide* uzorci tikvica su bili više žuti i različiti u poređenju sa parenim ($P < 0,01$). Metode kuvanja su imale jačeg efekta na a^* i b^* tikvica uzimajući u obzir činjenicu da su se sva tri vremena razlikovala u okviru metode kuvanja, što nije bio slučaj kod plavog patlidžana. Izgled uzoraka plavog patlidžana i tikvica je prikazan na slici 25.

Tabela 23. Uticaj kuvanja na pari i sous-vide kuvanja na karakteristike boje egzokarpa plavog patližana i tikvica

Povrće	Kulinarska metoda	Vreme kuvanja	L*	a*	b*	WI	BI	
Plavi patližan	Sirovi uzorci		2,89 ± 1,05	0,16 ± 0,24	- 0,14 ± 0,35			
	Kuvanje na pari	15'	5,91 ± 2,93 ^{A, a}	1,70 ± 0,89 ^{A, a}	2,39 ± 1,26 ^{A, a}	5,85 ± 2,86 ^{A, a}	70,12 ± 14,96 ^{A, a}	
		30'	4,19 ± 1,54 ^{A, b}	0,55 ± 0,40 ^{A, b}	0,96 ± 0,44 ^{A, b}	4,18 ± 1,53 ^{A, b}	33,88 ± 6,45 ^{A, b}	
		45'	4,76 ± 1,21 ^{A, b}	0,33 ± 0,22 ^{A, b}	1,06 ± 0,53 ^{A, b}	4,75 ± 1,20 ^{A, b}	29,82 ± 6,57 ^{A, b}	
	Sous-vide	15'	7,19 ± 3,30 ^{A, a}	1,80 ± 1,63 ^{A, a}	1,60 ± 1,36 ^{B, a}	7,13 ± 3,23 ^{B, a}	37,17 ± 17,02 ^{B, a}	
		30'	5,18 ± 2,41 ^{B, b}	0,65 ± 0,57 ^{A, b}	1,32 ± 0,90 ^{A, a}	5,16 ± 2,39 ^{A, b}	34,01 ± 13,62 ^{A, a}	
		45'	4,52 ± 1,81 ^{B, b}	0,54 ± 0,58 ^{A, b}	1,24 ± 0,80 ^{A, a}	4,51 ± 1,79 ^{A, b}	36,46 ± 12,71 ^{B, a}	
	Tikvice	Sirovi uzorci		48,69 ± 2,75	- 4, 62 ± 0,85	21,56 ± 3,01		
		Kuvanje na pari	15'	33,55 ± 4,69 ^{A, a}	-4,52 ± 0,93 ^{A, a}	20,57 ± 2,81 ^{A, a}	30,18 ± 3,74 ^{A, a}	76,57 ± 6,84 ^{A, a}
30'			30,16 ± 4,64 ^{A, b}	-2,89 ± 0,64 ^{A, b}	18,50 ± 2,25 ^{A, b}	27,62 ± 3,95 ^{A, b}	80,73 ± 4,42 ^{A, b}	
45'			22,47 ± 6,20 ^{A, c}	-1,34 ± 0,67 ^{A, c}	14,55 ± 3,07 ^{A, c}	21,00 ± 5,58 ^{A, c}	93,20 ± 8,62 ^{A, c}	
Sous-vide		15'	50,39 ± 4,35 ^{B, a}	-3,71 ± 1,12 ^{B, a}	25,74 ± 1,70 ^{B, a}	43,88 ± 3,19 ^{B, a}	62,14 ± 2,05 ^{B, a}	
		30'	48,02 ± 3,18 ^{B, b}	-2,40 ± 0,75 ^{B, b}	26,13 ± 1,72 ^{B, a}	41,69 ± 2,11 ^{B, b}	70,35 ± 2,09 ^{B, b}	
		45'	46,94 ± 4,46 ^{B, b}	-0,59 ± 0,90 ^{B, c}	27,96 ± 1,93 ^{B, b}	39,90 ± 3,13 ^{B, c}	84,17 ± 2,74 ^{B, c}	

Rezultati su navedeni kao srednja vrednost ± standardna devijacija; nivo statističke značajnosti $P < 0,05$; mala slova označavaju razlike u okviru iste kulinarske metode, a velika slova razliku između dve posmatrane metode. Legenda: 15' – 15 minuta; 30' – 30 minuta; 45' – 45 minuta;



Slika 25. Izgled perikarpa i egzokarpa plavog patlidžana i tikvica nakon kuvanja na pari i sous-vide;

Rezultati ispitivanja mehaničkih parametara tikvica i plavog patlidžana kuvanih na vodenoj pari i *sous-vide* su dati u tabeli 24. U slučaju patlidžana, statistička analiza je pokazala da nije bilo značajnih efekata na deformaciju pucanja za ispitivane tretmane kuvanja. Modul deformabilnosti se razlikovao samo u okviru metoda kuvanja ($P < 0,001$), dok se elastičnost nije razlikovala između metoda kuvanja. Metode kuvanja i vremena kuvanja su veoma značajno uticali na napon pucanja i žilavost patlidžana ($P < 0,001$), dok interakcije faktora nisu bile značajne. Oba faktora i interakcije su bile značajne za parametar sile smicanja na nivou od $P < 0,01$. Slično je bilo uočeno i za tikvice. Deformacija pri pucanju se je razlikovala samo za tretmane od 45 minuta između dve metode kuvanja ($P < 0,05$). Interakcije nisu bile značajne za napon pucanja, modul deformabilnosti, žilavost i silu smicanja ali su glavni faktori bili značajni za ova obeležja. Iz tabele 24 se može videti da je metoda *sous-vide* dala čvršće proizvode, uzimajući u obzir parametre velike deformacije (napon pucanja, žilavost, sila smicanja). Ovo treba imati na umu ako uzmemo u obzir da potrošači imaju preferencije ka tvrdo kuvanom povrću (Bongoni i sar., 2013). Parametar male deformacije, modul deformabilnosti, pokazao je da je metoda *sous-vide* kuvanja proizvela elastičnije uzorke. Suprotno, ograničene razlike su prisutne za deformaciju pri pucanju uzimajući u obzir da su samo tikvice kuvane 45 minuta pokazale postojanje razlika ($P < 0,05$).

Tabela 24. Uticaj kuvanja na pari i sous-vide kuvanja na mehanička svojstva plavog patlidžana i tikvice

Povrće	Kulinarska metoda	Vreme kuvanja	Napon pucanja (KPa)	Deformacija pucanja	Modul deformabilnosti (KPa)	Žilavost (KJ/m ³)	Sila smicanja (N)
Plavi patlidžan	Kuvanje na pari	15'	16,12 ± 6,02 ^{A, a}	2,10 ± 0,27 ^{A, a}	27,83 ± 9,18 ^{A, a}	20,33 ± 8,90 ^{A, a}	9,17 ± 7,11 ^{A, a}
		30'	3,79 ± 1,32 ^{A, b}	1,60 ± 0,81 ^{A, b}	12,15 ± 4,51 ^{A, b}	6,61 ± 1,45 ^{A, b}	2,73 ± 2,62 ^{A, b}
		45'	4,08 ± 1,36 ^{A, b}	1,95 ± 0,70 ^{A, a, b}	14,32 ± 4,76 ^{A, b}	7,21 ± 2,20 ^{A, b}	1,37 ± 0,40 ^{A, b}
	<i>Sous-vide</i>	15'	46,45 ± 9,94 ^{B, a}	1,72 ± 0,27 ^{A, a}	29,05 ± 13,86 ^{A, a}	51,60 ± 6,75 ^{B, a}	44,10 ± 13,37 ^{B, a}
		30'	33,16 ± 14,74 ^{B, b}	1,71 ± 0,27 ^{A, a}	14,16 ± 9,43 ^{A, b}	35,69 ± 6,62 ^{B, b}	22,14 ± 14,97 ^{B, b}
		45'	26,28 ± 10,09 ^{B, b}	1,88 ± 0,28 ^{A, a}	13,83 ± 6,09 ^{A, b}	33,94 ± 7,37 ^{B, b}	22,44 ± 10,05 ^{B, b}
Tikvice	Kuvanje na pari	15'	9,83 ± 5,21 ^{A, a}	1,25 ± 0,31 ^{A, a}	15,69 ± 2,81 ^{A, a}	8,26 ± 1,67 ^{A, a}	7,66 ± 3,12 ^{A, a}
		30'	4,86 ± 1,54 ^{A, a, b}	1,26 ± 0,37 ^{A, a}	15,74 ± 4,72 ^{A, a}	4,28 ± 1,09 ^{A, b}	1,92 ± 1,18 ^{A, b}
		45'	2,17 ± 0,70 ^{A, b}	0,58 ± 0,49 ^{A, b}	8,45 ± 2,07 ^{A, b}	2,04 ± 0,35 ^{A, c}	1,33 ± 0,56 ^{A, b}
	<i>Sous-vide</i>	15'	27,25 ± 19,49 ^{B, a}	0,97 ± 0,37 ^{A, a}	36,88 ± 23,05 ^{B, a}	25,69 ± 19,04 ^{B, a}	28,98 ± 8,91 ^{B, a}
		30'	19,17 ± 15,58 ^{B, a}	0,98 ± 0,43 ^{A, a}	28,53 ± 18,52 ^{B, a}	18,35 ± 15,34 ^{B, a}	22,17 ± 14,89 ^{B, a, b}
		45'	17,74 ± 6,88 ^{B, a}	0,96 ± 0,33 ^{B, a}	29,02 ± 11,11 ^{B, a}	17,98 ± 7,42 ^{B, a}	18,84 ± 14,61 ^{B, b}

Rezultati su navedeni kao srednja vrednost ± standardna devijacija; nivo statističke značajnosti $P < 0,05$; mala slova označavaju razlike u okviru iste kulinarske metode, a velika slova razliku između dve posmatrane metode. Legenda: 15' – 15 minuta; 30' – 30 minuta; 45' – 45 minuta;

5.2.4.2. Mastikacija tikvica i plavog patlidžana pripremanih na pari i sous-vide

Rezultati parametara mastikacije za tikvice i plavi patlidžan pripremanih na pari i *sous-vide* su prikazani u tabeli 25. Broj žvakova i vreme oralne izloženosti su pratili isti obrazac kao i mehanički parametri velike deformacije - sa produžetkom kuvanja, njihova vrednost se je smanjivala. Broj žvakova se je razlikovao između metoda kuvanja za obe vrste povrća. Izuzeci su tretmani plavog patlidžana kuvanog 15 minuta koji se nisu razlikovali čak i ako su *sous-vide* uzorci zahtevali 10 žvakova više za mastikaciju. Gledajući vrednosti istog parametra, može se uočiti da su najkraća i najduža vremena kuvanja bila različita dok su srednja vremena kuvanja delila obe grupe. Takođe se može videti da su *sous-vide* uzorci bili uvek zahtevniji za mastikaciju, što je u saglasnosti sa time što su bili čvršći kod mehaničkih ispitivanja. Vreme oralne izloženosti je takođe imalo veće vrednosti za *sous-vide* kuvanje. Međutim, metode kuvanja su se razlikovale samo za tikvice ($P < 0,001$). Isti trend smanjenja vrednosti ovog parametra sa prolongacijom kuvanja je prisutan.

Trend smanjenja napora koji treba da se uloži za mastikaciju se čini logičnim zbog omekšavanja povrća. Međutim, prisutna je samo ograničena korelacija sa mehaničkim parametrima. Isto objašnjenje kao i u slučaju tikvica i patlidžana pripremanih u ključaloj vodi i grilovanjem se može primeniti i u ovom slučaju. Naime, iz rezultata se može videti da su ovi proizvodi zahtevali relativno mali broj žvakova u poređenju sa velikim brojem drugih namirnica (Forde et al., 2013). Prateći ovo objašnjenje, može se reći da je struktura povrća uništena rapidnije u usnoj duplji u poređenju sa drugim vrstama hrane koje su žvakljivije i koje pokazuju bolju korelaciju sa mehaničkim parametrima (Djekic, Ilic, i sar., 2021). Mali napor koji je potreban za konzumaciju kuvanog povrća se takođe može uočiti iz broja gutljaja koji su varirali od 1 do 1,4 pri čemu nisu postojale razlike između tretmana. Praktično, isto važi i za parametre trajanja ciklusa žvakanja, brzine žvakanja i veličine zalogaja. Poelman i sar. (2017) su pomenuli da različiti načini kuvanja hrane mogu dovesti do različite čvrstoće i posledično različitih brzina jedenja. Dalje je pretpostavljeno da različite brzine jedenja utiču na ostvarenje sitosti i količinu hrane koja se konzumira. U slučaju ovog istraživanja, brzina jedenja je bila aproksimativno ista za plavi patlidžan. Sa druge strane, *sous-vide* tikvice koje su bile zahtevnije za mastikaciju su bile konzumirane sporije ($P < 0,01$). Na taj način, hipoteza autora Poelman i sar. (2017) je delimično potvrđena. Konačno, svi uzorci su bili konzumirani u sličnim zalogajima mase između četiri i šest grama, što je u skladu sa rezultatima prethodnih istraživanja.

5.4.2.3. Senzorni profil tikvica i plavog patlidžana kuvanih na pari i sous-vide

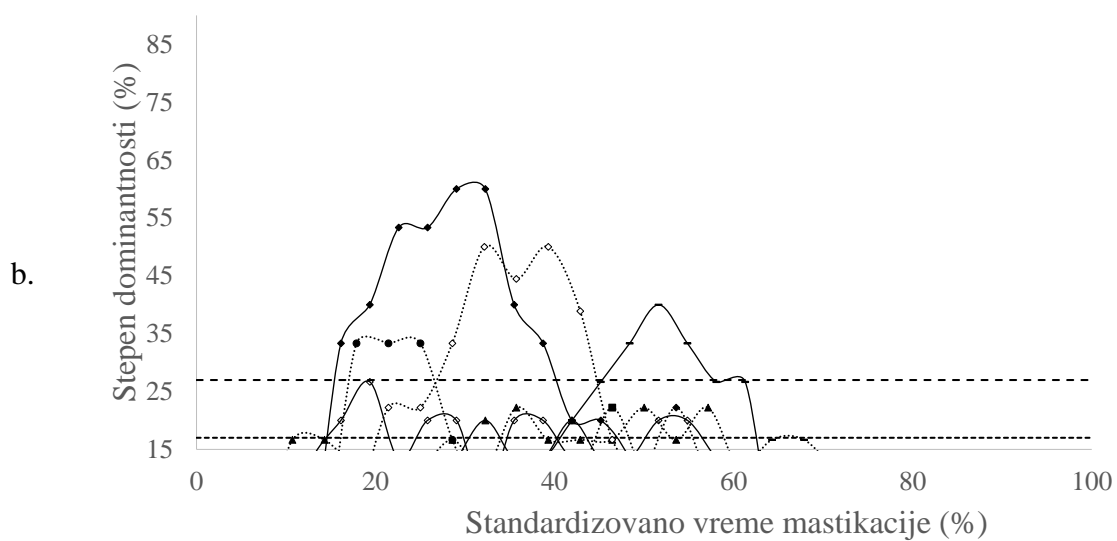
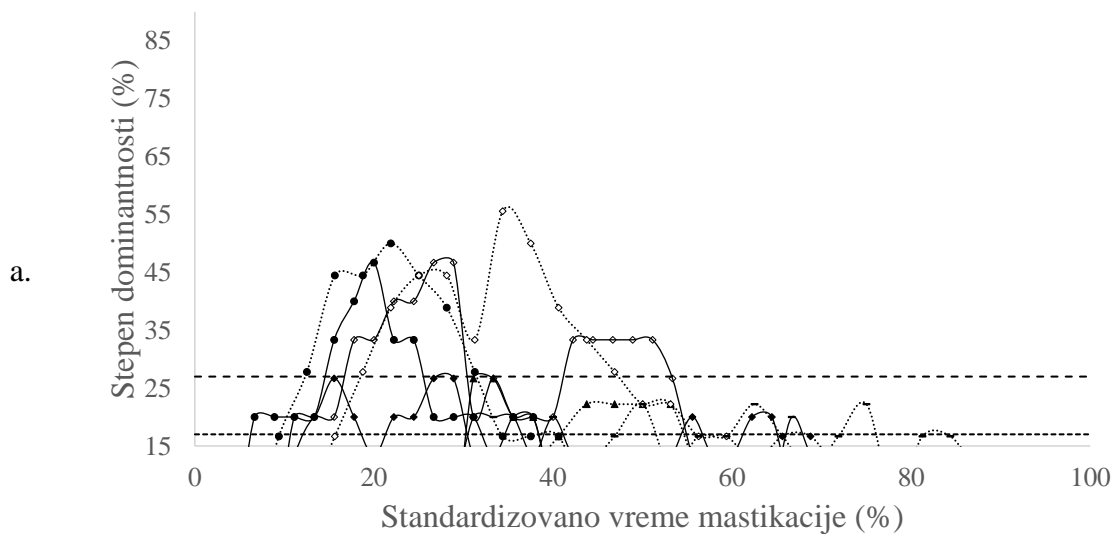
Slika 26 prikazuje promene dominantnih senzacija u toku trajanja mastikacije. Na prvi pogled, čini se jasnim da je prolongacija kuvanja dovela do promena u percepciji uzoraka, prvenstveno zbog smanjenja doživljaja senzacije čvrstog. Međutim, manji pad u stepenu dominantnosti čvrstog je prisutan za *sous-vide* kuvanje, što je podržano i prethodno predstavljenim rezultatima mehaničkih i parametara mastikacije. Prateći trajanje mastikacije, može se videti da je čvrstoća bila najveća u prvoj trećini trajanja, praćena sočnošću. Dalje je indikativno da su dve različite metode različito uticale na percepciju ukusnosti tikvica odnosno plavog patlidžana. Sa jedne strane, kuvanje na pari je proizvelo uzorke koji su imali dominantnost ukusnosti iznad praga značajnosti za vremena kuvanja od 30 i 45 minuta. Može se pretpostaviti da je intenzivnije kuvanje proizvelo strukturne promene i oslobađanje komponenata nosača ukusnosti i njihovu percepciju. Sa druge strane, u slučaju *sous-vide* kuvanja, specifična ukusnost tikvica je dostigla prag značajnosti. Na osnovu toga se može reći da je duža mastikacija potrebna za percepciju komponenata ukusnosti tikvica.

U slučaju tretmana od 30 i 45 minuta kod kuvanja na pari, dominantni atribut teksture patlidžana bio je glatko dok je to bila sočnost kod tikvica. Međutim, percepcija glatkog je izostala kod *sous-vide* kuvanja patlidžana, osim za trajanje od 45 minuta gde je ovaj atribut dotakao prag značajnosti. Percepcija gorkog ukusa je povremeno dostizala prag verovatnoće ali je bila ispod praga značajnosti. Prisustvo gorkog ukusa se može očekivati u ovom slučaju sa obzirom na činjenicu da je povrće često opisano kao gorko, što je i najveći nedostatak za njegovu veću dopadljivost kod potrošača (Poelman i sar., 2017).

Tabela 25. Uticaj kuvanja na pari i sous-vide kuvanja na parametre mastikacije plavog patlidžana i tikvica

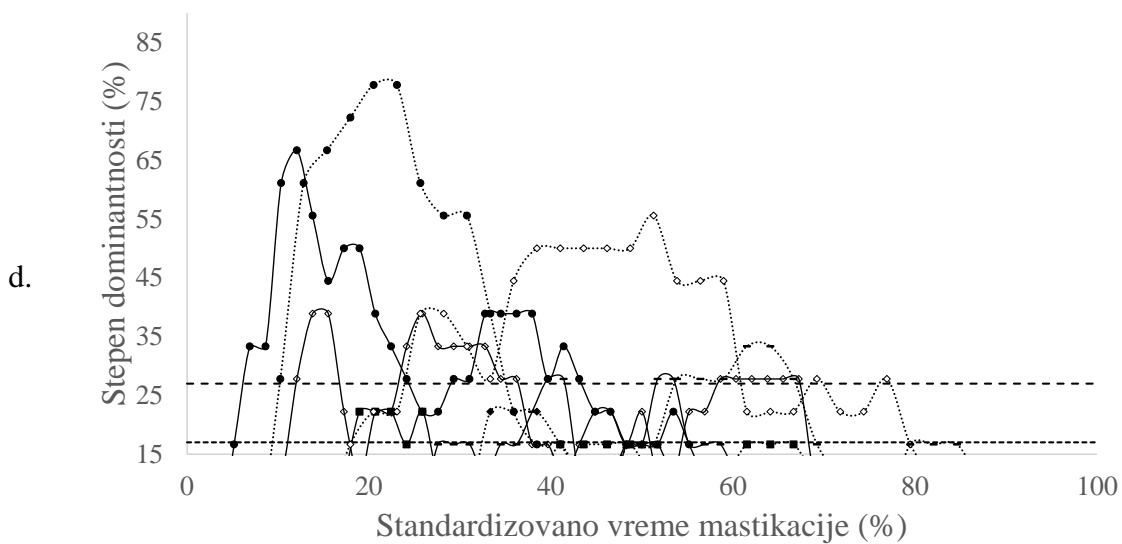
Povrće	Kulinarska metoda	Vreme kuvanja	Broj žvakova	Vreme oralne izloženosti (s)	Broj gutljaja	Trajanje ciklusa žvakanja (s/žvak)	Brzina žvakanja (žvak/s)	Veličina zalogaja (g)	Brzina jedenja (g/s)
Plavi patlidžan	Kuvanje na pari	15'	15,36 ± 5,11 ^{A, a}	10,13 ± 3,37 ^{A, a}	1,40 ± 0,71 ^{A, a}	0,67 ± 0,10 ^{A, a}	1,53 ± 0,22 ^{A, a}	4,11 ± 1,83 ^{A, a}	0,41 ± 0,17 ^{A, a}
		30'	10,48 ± 3,11 ^{A, a, b}	7,12 ± 1,94 ^{A, a, b}	1,32 ± 0,48 ^{A, a}	0,69 ± 0,11 ^{A, a}	1,48 ± 0,20 ^{A, a}	3,95 ± 2,30 ^{A, a}	0,59 ± 0,41 ^{A, a}
		45'	7,72 ± 2,73 ^{A, b}	5,70 ± 1,73 ^{A, b}	1,36 ± 0,49 ^{A, a}	0,77 ± 0,17 ^{A, a}	1,34 ± 0,23 ^{A, a}	3,57 ± 2,32 ^{A, a}	0,76 ± 0,76 ^{A, a}
	Sous-vide	15'	26,00 ± 8,73 ^{A, a}	15,53 ± 4,79 ^{A, a}	1,40 ± 0,62 ^{A, a}	0,61 ± 0,10 ^{A, a}	1,67 ± 0,26 ^{A, a}	6,19 ± 2,10 ^{A, a}	0,41 ± 0,14 ^{A, a}
		30'	21,79 ± 6,63 ^{B, a, b}	12,76 ± 3,30 ^{A, a, b}	1,34 ± 0,48 ^{A, a}	0,60 ± 0,07 ^{A, a}	1,69 ± 0,19 ^{A, a}	6,76 ± 2,94 ^{A, a}	0,82 ± 0,57 ^{A, a}
		45'	16,77 ± 4,53 ^{B, b}	10,43 ± 2,18 ^{A, b}	1,37 ± 0,49 ^{A, a}	0,64 ± 0,11 ^{A, a}	1,60 ± 0,26 ^{A, a}	6,78 ± 2,81 ^{B, a}	0,66 ± 0,27 ^{A, a}
Tikvice	Kuvanje na pari	15'	11,33 ± 3,19 ^{A, a}	7,51 ± 1,90 ^{A, a}	1,07 ± 0,25 ^{A, a}	0,68 ± 0,12 ^{A, a}	1,51 ± 0,24 ^{A, a}	5,84 ± 1,45 ^{A, a}	0,79 ± 0,15 ^{A, a}
		30'	8,37 ± 2,55 ^{A, a, b}	6,04 ± 1,26 ^{A, a, b}	1,20 ± 0,41 ^{A, a}	0,76 ± 0,16 ^{A, a}	1,38 ± 0,31 ^{A, a}	6,44 ± 1,37 ^{A, a}	1,10 ± 0,30 ^{A, b}
		45'	6,87 ± 2,29 ^{A, b}	5,34 ± 1,39 ^{A, b}	1,10 ± 0,31 ^{A, a}	0,80 ± 0,13 ^{A, a}	1,28 ± 0,22 ^{A, a}	5,60 ± 1,72 ^{A, a}	1,06 ± 0,28 ^{A, b}
	Sous-vide	15'	19,67 ± 5,38 ^{B, a}	12,62 ± 2,81 ^{B, a}	1,00 ± 0,00 ^{A, a}	0,66 ± 0,11 ^{A, a}	1,56 ± 0,25 ^{A, a}	4,98 ± 1,62 ^{A, a}	0,39 ± 0,11 ^{B, a}
		30'	18,17 ± 4,97 ^{B, a, b}	11,19 ± 2,55 ^{B, b}	1,00 ± 0,00 ^{A, a}	0,63 ± 0,11 ^{A, a}	1,63 ± 0,29 ^{A, a}	4,98 ± 1,44 ^{A, a}	0,45 ± 0,15 ^{B, a}
		45'	17,57 ± 5,39 ^{B, b}	10,84 ± 3,14 ^{B, b}	1,00 ± 0,00 ^{A, a}	0,63 ± 0,11 ^{A, a}	1,63 ± 0,27 ^{A, a}	4,75 ± 0,84 ^{A, a}	0,46 ± 0,13 ^{B, a}

Rezultati su navedeni kao srednja vrednost ± standardna devijacija; nivo statističke značajnosti $P < 0,05$; mala slova označavaju razlike u okviru iste kulinarske metode, a velika slova razliku između dve posmatrane metode. Legenda: 15' – 15 minuta; 30' – 30 minuta; 45' – 45 minuta;



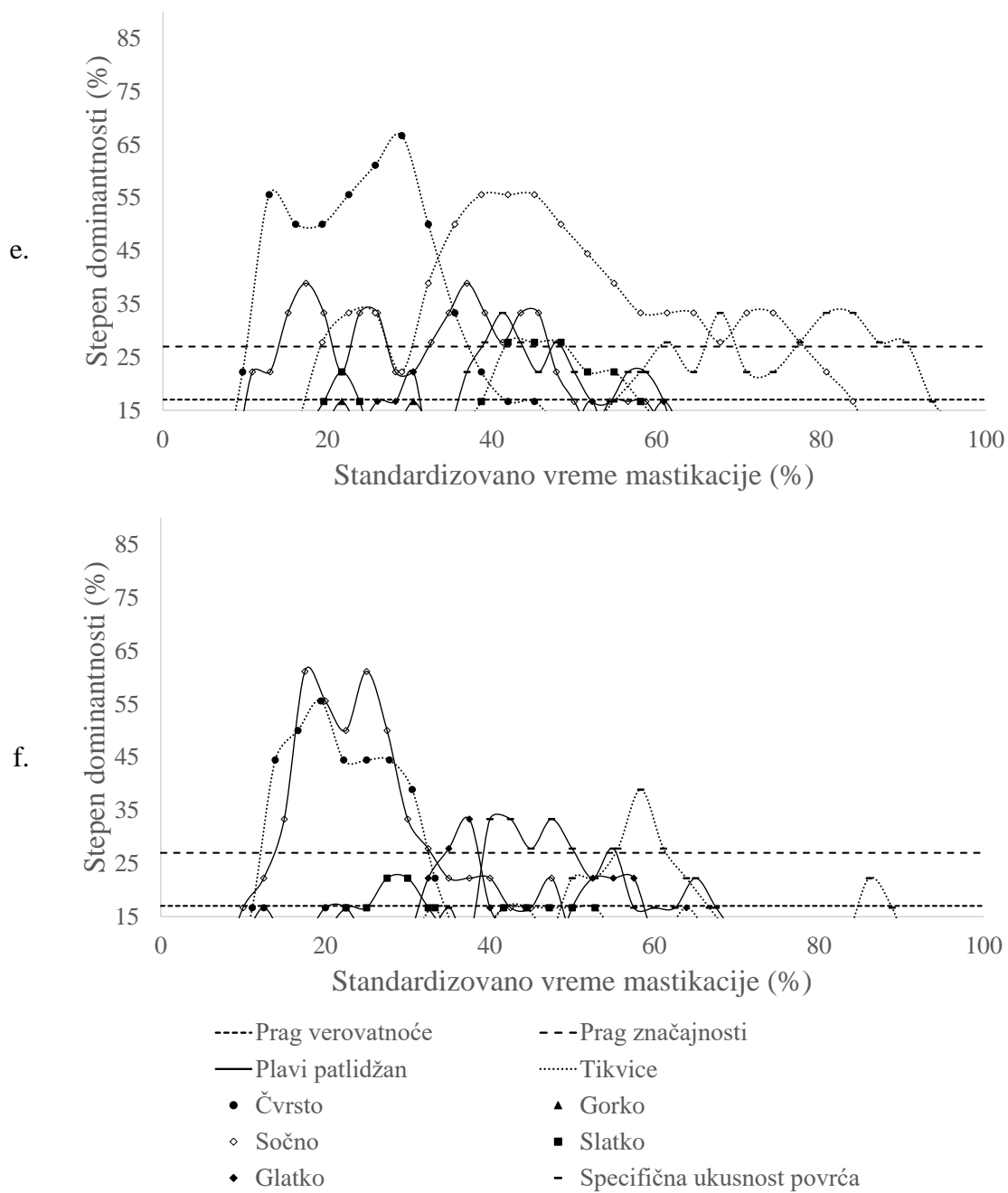
- | | |
|-----------------------|------------------------------|
| -----Prag verovatnoće | ---Prag značajnosti |
| —Plavi patlidžan |Tikvice |
| ● Čvrsto | ▲ Gorko |
| ◇ Sočno | ■ Slatko |
| ◆ Glatko | - Specifična ukusnost povrća |

* Nastavak na sledećoj strani



- | | |
|-----------------------|------------------------------|
| -----Prag verovatnoće | -----Prag značajnosti |
| — Plavi patlidžan |Tikvice |
| • Čvrsto | ▲ Gorko |
| ◊ Sočno | ■ Slatko |
| ◆ Glatko | - Specifična ukusnost povrća |

* Nastavak na sledećoj strani



Slika 26. TDS krive za plavi patlidžan i tikvice; kuvajne na pari (a, b i c) i sous-vide (d, e, f); a, d – tretmani 15', b, e – tretmani 30', c, f – tretmani 45'

5.2.5. Uticaj tretmana kulinarskih metoda na karakteristike bolusa povrća

Broj donora bolusa povrća (jedan) može biti viđen kao ograničenje ovog dela istraživanja. U odnosu na to, vredno je pomenuti da su slična konceptualna istraživanja imala ovakav pristup (Lillford, 2000, 2011). Uzimajući u obzir obim ovog dela istraživanja, broj analiziranih bolusa i nameru da se dobije šira slika za razumevanje promena povrća u toku konzumacije, ovaj pristup se može smatrati opravdanim. To takođe podržava i činjenica da bi potencijalno uključivanje većeg broja donora bolusa povećalo varijacije, u skladu sa rezultatima rada autora Ketel i sar. (2020). Takva situacija bi otežala razumevanje postojanja generalnih trendova u dobijenim podacima, što predstavlja cilj ovog dela istraživanja.

U okviru analize broja i veličine čestica bolusa, analizirano je 363 bolusa sa obzirom na to da su neki od bolusa krompira u ovom istraživanju bili pastozni i neodgovarajući za analizu čestica. Tabela 26 prikazuje broj čestica bolusa povrća i otkriva drugačije obrasce fragmentacije uzoraka. Znajući da su celer i krompir lomljivi materijali u sirovom stanju, interesantno je u diskusiji porediti ove dve vrste povrća. U slučaju termičkih tretmana celera i krompira, broj čestica bolusa se povećavao sa prolongacijom mastikacije. Međutim, u slučaju krompira, čestice bolusa su bile neprepoznatljive u momentu gutanja za sve tretmane kulinarske obrade i nakon tri i sedam žvakova za krompir grilovan na višoj temperaturi u trajanju od 15 minuta. Ovaj fenomen se može objasniti na osnovu sastava krompira. Sa jedne strane, krompir je namirnica bogata skrobom. Sa druge strane, poznat je uticaj α -amilaze na oralnu digestiju skroba (de Wijk, Prinz, Engelen, i Weenen, 2004; Joubert i sar., 2017). Celer je imao najveći broj čestica bolusa u momentu gutanja. Međutim, različite kulinarske metode su uzrokovale različite trendove sa prolongacijom termičkog tretmana. Produženje kuvanja u ključaloj vodi je povećalo broj čestica bolusa celera u momentu gutanja. Isto važi i za metodu kuvanja na vodenoj pari. Suprotno, produženje *sous-vide* kuvanja je smanjilo broj čestica. Slično se može uočiti i za ostala vremena mastikacije. Metode kuvanja u vodi i na pari su uticale na povećanje čestica bolusa. *Sous-vide* nije imalo uticaja na ovaj parametar i sva vremena kuvanja su imala sličan broj čestica bolusa. U slučaju krompira, sve metode kulinarske obrade su povećavale broj čestica bolusa sa njihovom prolongacijom.

Duže trajanje mastikacije je takođe značilo veći broj čestica bolusa za plavi patlidžan i tikvice. Međutim, efekti različitih kulinarskih metoda nisu bili isti. Duži tretmani kuvanja u ključaloj vodi su povećavali broj čestica bolusa. Postojale su značajne razlike između različitih vremena kuvanja u vodi pri čemu su se tretmani od 45 minuta najčešće razlikovali od tretmana od 15 i 30 minuta. Sa druge strane, tretmani grilovanja se nisu razlikovali, sa izuzetkom uzoraka tikvica u momentu gutanja gde su formirane dve grupe a jedan uzorak je delio obe. Isto važi i za *sous-vide* plavog patlidžana i tikvica. Kuvanje na vodenoj pari je dalo bolje diferenciranje između vremena obrade u odnosu na grilovanje i *sous-vide*, i imalo je slične efekte kao i kuvanje u ključaloj vodi.

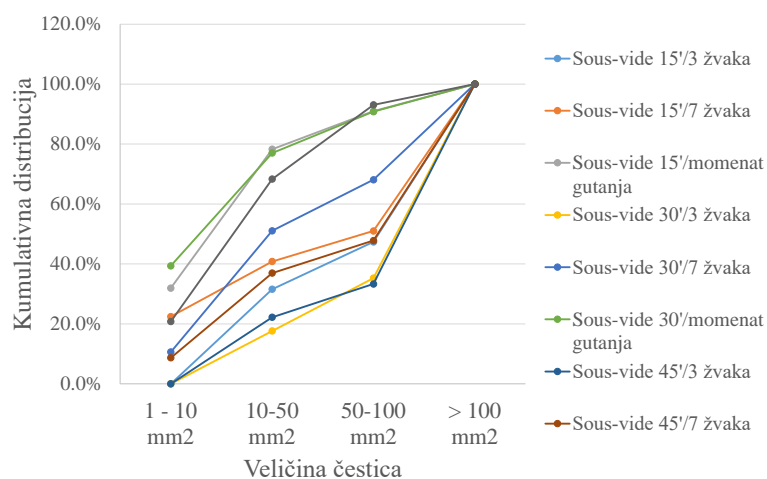
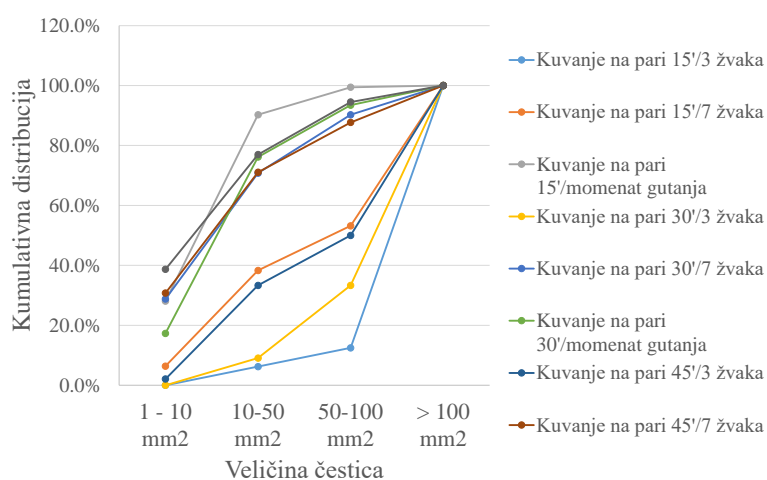
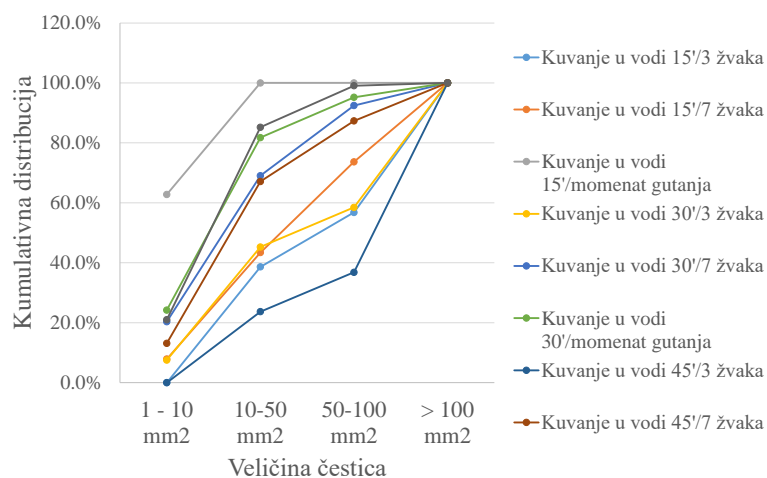
Rezultati analize veličine čestica bolusa povrća su prikazani na slikama 27 – 30 za celer, krompir, plavi patlidžan i tikvice, respektivno. Logični trend je prepoznatljiv za sve kombinacije povrće*kulinarske metode*broj žvakova. Manji broj čestica znači njihovu veću površinu. Sa produženjem mastikacije, veličina čestica se je smanjivala u svim slučajevima. Kao i u slučaju broja čestica, neki od bolusa krompira nisu bili podesni za analizu. Svakako, rezultati analize veličine čestica bolusa krompira ukazuju na to da su čestice bile relativno velike kada su postojale. Imati bolus sa velikim česticama ili u pastoznom stanju ukazuje na to da su uzorci krompira bili veoma brzo degradirani za vreme mastikacije. Sa druge strane, celer je imao veliki broj malih čestica, posebno u momentu gutanja u poređenju sa drugim vrstama povrća. Na osnovu toga se može zaključiti da je on očuvao svoju lomljivost bez obzira na tretman, što je posebno naglašeno za tretmane od 15 minuta.

Slike 29 i 30 ukazuju na neke sličnosti u oralnoj destrukciji plavog patlidžana i tikvica. Obe vrste povrća imale su relativno veliki broj velikih čestica. Naravno, najveći broj velikih čestica je bio prisutan nakon 3 i 7 žvakova. Uopšteno, grilovanje i *sous-vide* su dali proizvode koji su se odlikovali većim česticama bolusa.

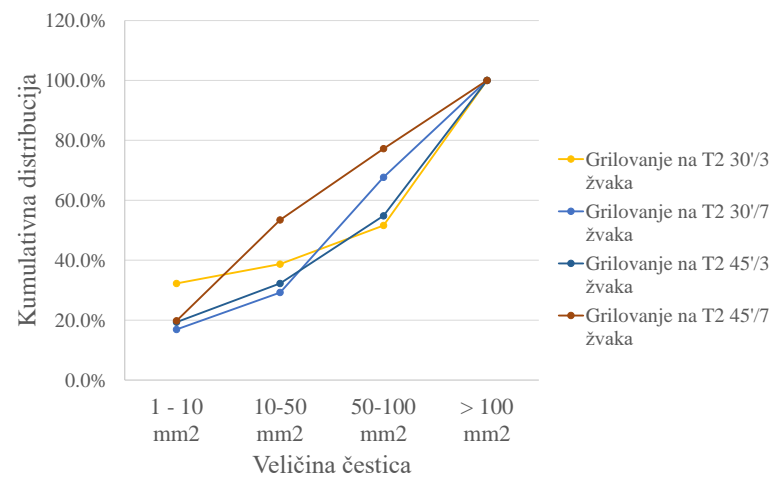
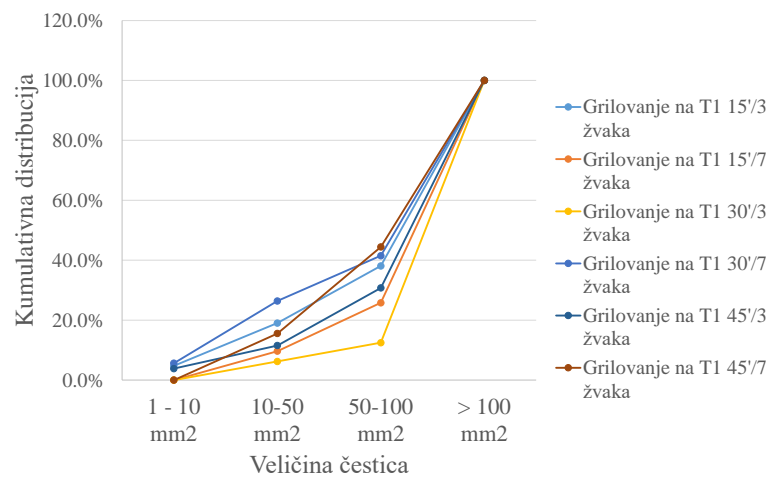
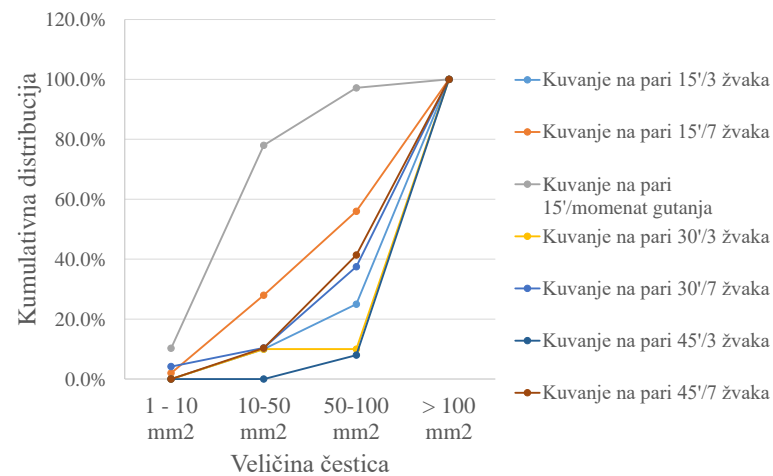
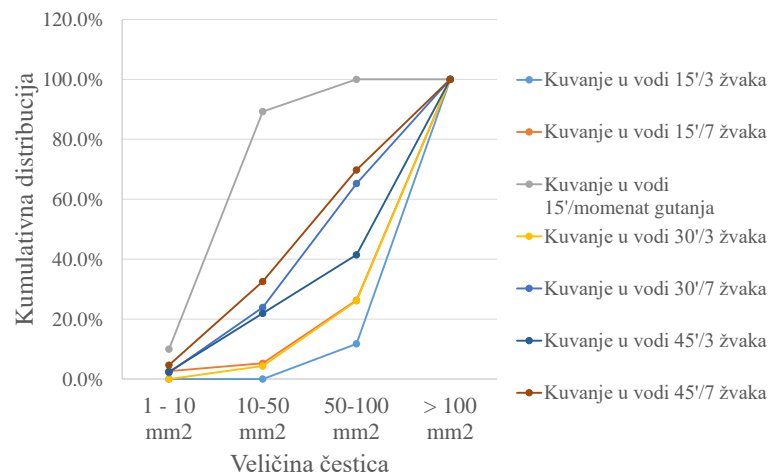
Tabela 26. Uticaj različitih kulinarskih tretmana na broj čestica bolusa nakon 3 i 7 žvakova i u momentu gutanja

Povrće	Kulinarska metoda	Vreme obrade	3 žvaka	7 žvaka	Momenat gutanja	
Celer	Kuvanje u ključaloj vodi	15'	14,67 ± 4,93 ^{a, A}	38,00 ± 12,73 ^{a, A}	106,67 ± 49,66 ^{a, A}	
		30'	17,67 ± 7,02 ^{a, A}	88,33 ± 19,55 ^{b, A}	139,00 ± 46,87 ^{a, A}	
		45'	12,67 ± 1,53 ^{b, A}	71,00 ± 39,15 ^{a, b, A}	144,33 ± 36,56 ^{a, A}	
	Sous-vide	15'	6,33 ± 1,53 ^{a, B}	16,33 ± 10,07 ^{a, A}	136,67 ± 6,35 ^{a, A}	
		30'	5,67 ± 1,15 ^{a, B}	15,67 ± 9,45 ^{a, B}	116,00 ± 22,11 ^{a, b, A}	
		45'	6,00 ± 1,73 ^{a, B}	15,33 ± 8,50 ^{a, B}	67,33 ± 25,89 ^{b, B}	
	Kuvanje na pari	15'	5,33 ± 2,08 ^{a, B}	15,67 ± 13,61 ^{a, A}	116,67 ± 43,62 ^{a, A}	
		30'	11,00 ± 1,00 ^{b, C}	154 ± 37,51 ^{b, C}	102,00 ± 35,37 ^{a, A}	
		45'	16,00 ± 2,00 ^{c, C}	108,33 ± 22,14 ^{c, C}	157,67 ± 32,93 ^{a, A}	
	Krompir	Kuvanje u ključaloj vodi	15'	5,67 ± 0,58 ^{a, A}	12,67 ± 1,15 ^{a, A}	*
			30'	7,67 ± 2,52 ^{a, A}	15,33 ± 5,13 ^{a, A}	*
			45'	13,67 ± 4,16 ^{b, A}	14,67 ± 4,73 ^{a, A}	*
Grilovanje na nižoj temperaturi		15'	7,00 ± 2,65 ^{a, A}	10,33 ± 2,31 ^{a, A}	*	
		30'	5,33 ± 0,58 ^{a, A}	17,67 ± 4,62 ^{b, A}	*	
		45'	8,67 ± 2,52 ^{a, A}	15,33 ± 4,73 ^{a, b, A}	*	
Grilovanje na višoj temperaturi		15'	*	*	*	
		30'	10,33 ± 8,50 ^{a, A}	21,67 ± 5,13 ^{a, A}	*	
		45'	10,33 ± 1,15 ^{a, A}	33,67 ± 4,93 ^{b, B}	*	
Kuvanje na pari		15'	6,67 ± 0,58 ^{a, A}	16,67 ± 2,52 ^{a, A}	*	
		30'	6,67 ± 0,58 ^{a, A}	16,33 ± 4,51 ^{a, A}	*	
		45'	8,33 ± 2,52 ^{a, A}	10,00 ± 2,65 ^{a, A}	*	
Tikvice		Kuvanje u ključaloj vodi	15'	4,67 ± 1,15 ^{a, A}	12,00 ± 4,36 ^{a, A}	14,00 ± 4,58 ^{a, A}
			30'	23,00 ± 6,24 ^{b, A}	15,00 ± 1,00 ^{a, A, B}	19,33 ± 1,15 ^{a, A}
			45'	11,33 ± 2,08 ^{c, A}	19 ± 8,89 ^{a, A}	34,00 ± 4,00 ^{b, A}
	Grilovanje	15'	4,33 ± 1,53 ^{a, A}	11,00 ± 2,00 ^{a, A}	44,00 ± 3,61 ^{a, B}	
		30'	4,00 ± 2,65 ^{a, B}	11,67 ± 3,51 ^{a, A, B}	36,67 ± 7,64 ^{a, b, B}	
		45'	5,00 ± 2,00 ^{a, B}	8,33 ± 4,51 ^{a, B}	31,33 ± 4,16 ^{b, A}	
	Sous-vide	15'	3,00 ± 1,00 ^{a, A}	8,00 ± 3,61 ^{a, A}	30,00 ± 5,57 ^{a, C}	
		30'	3,33 ± 1,53 ^{a, B}	8,33 ± 1,15 ^{a, A}	24,33 ± 4,62 ^{a, A}	
		45'	4,67 ± 1,53 ^{a, B}	10,33 ± 1,53 ^{a, B}	16,00 ± 6,56 ^{b, B}	
	Kuvanje na pari	15'	5,67 ± 1,53 ^{a, A}	13,00 ± 5,29 ^{a, A}	18,00 ± 6,24 ^{a, A}	
		30'	10,67 ± 2,52 ^{b, C}	16,67 ± 5,86 ^{a, A, B}	34,00 ± 2,00 ^{b, B}	
		45'	8,00 ± 3,61 ^{a, b, A, B}	13,67 ± 1,53 ^{a, A, B}	17,33 ± 3,06 ^{a, B}	
	Plavi patlidžan	Kuvanje u ključaloj vodi	15'	2,00 ± 1,00 ^{a, A}	7,33 ± 2,08 ^{a, A}	33,00 ± 19,67 ^{a, A, B}
			30'	9,67 ± 2,52 ^{b, A}	20,33 ± 3,79 ^{b, A}	43,67 ± 8,02 ^{a, b, A}
			45'	10,33 ± 3,21 ^b	15,67 ± 2,31 ^{c, A}	49,00 ± 6,56 ^{b, A}
Grilovanje		15'	1,00 ± 0,00 ^{a, A}	8,33 ± 4,04 ^{a, A}	47,33 ± 9,07 ^{a, A}	
		30'	3,67 ± 1,15 ^{a, B, C}	6,33 ± 1,53 ^{a, B}	35,00 ± 11,36 ^{a, A, B}	
		45'	3,33 ± 2,52 ^a	5,33 ± 1,53 ^{a, C}	36,33 ± 7,02 ^{a, A, B}	
Sous-vide		15'	2,00 ± 1,73 ^{a, A}	5,00 ± 2,65 ^{a, A}	33,00 ± 7,94 ^{a, A, B}	
		30'	2,67 ± 0,58 ^{a, C}	6,67 ± 0,58 ^{a, B}	27,00 ± 7,55 ^{a, B}	
		45'	2,33 ± 0,58 ^a	10,00 ± 5,20 ^{a, B, C}	29,33 ± 4,51 ^{a, B}	
Kuvanje na pari		15'	3,00 ± 2,00 ^{a, A}	8,00 ± 3,00 ^{a, A}	31,00 ± 1,73 ^{a, B}	
		30'	6,67 ± 2,52 ^{b, A, B}	18,33 ± 5,51 ^{b, A}	38,00 ± 7,94 ^{a, A, B}	
		45'	4,33 ± 2,52 ^{a, b}	13,00 ± 2,65 ^{a, b, A, B}	29,67 ± 8,50 ^{a, B}	

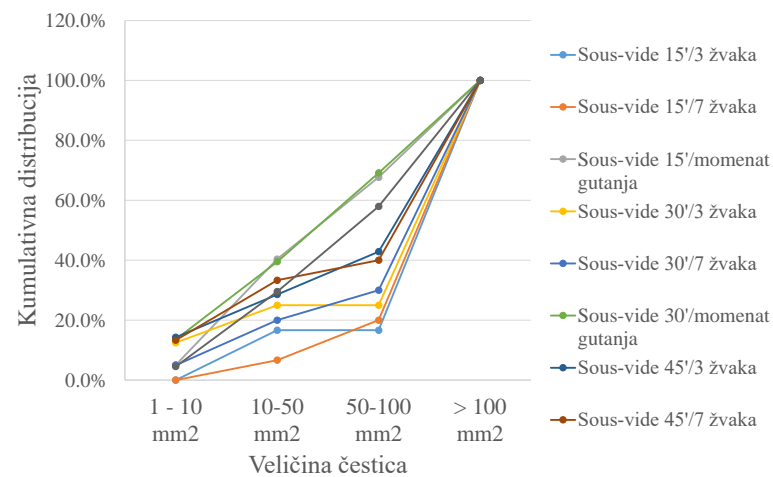
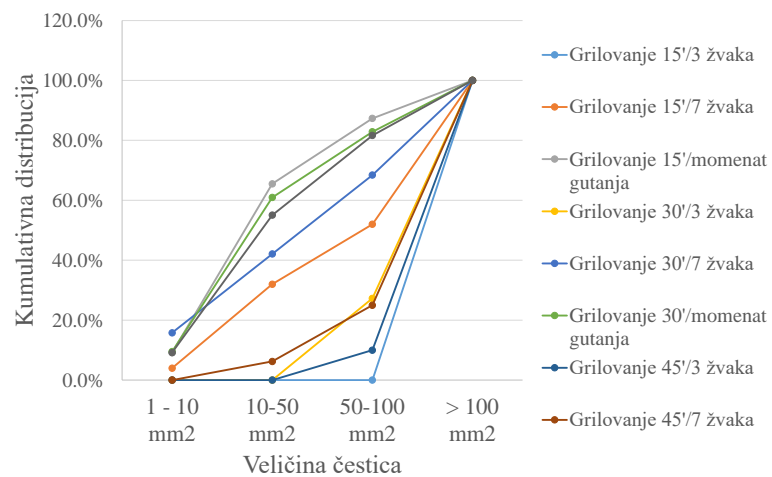
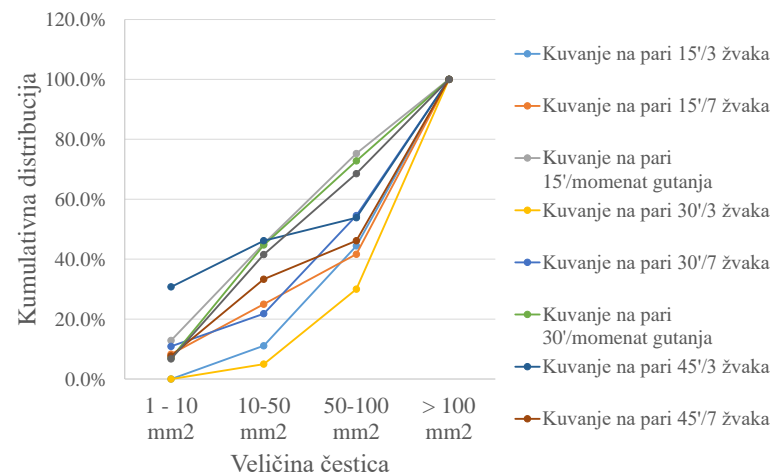
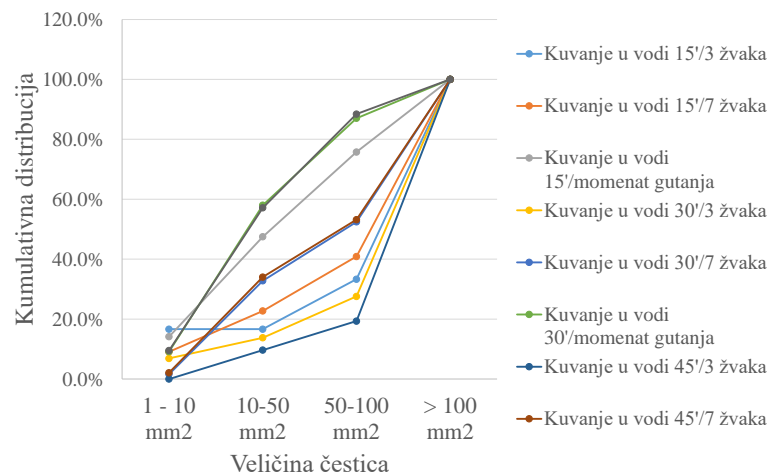
Rezultati u tabeli 26 su navedeni kao srednja vrednost ± standardna devijacija; nivo statističke značajnosti $P < 0,05$; mala slova označavaju razlike u okviru iste kulinarske metode, a velika slova razliku između svih posmatranih tretmana.



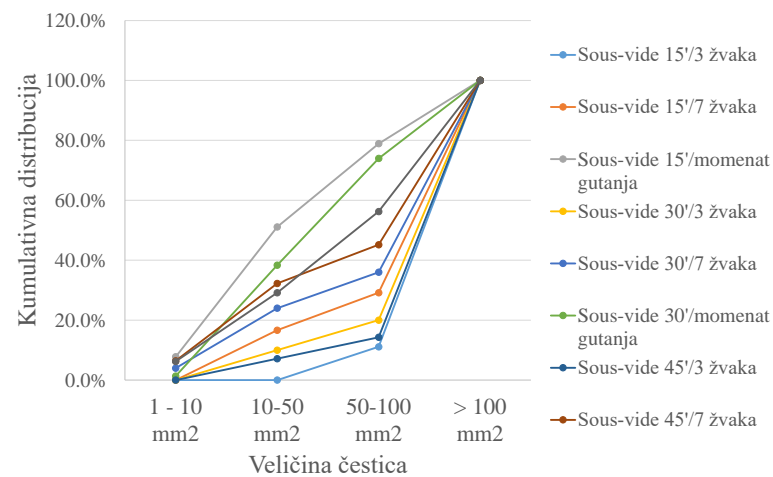
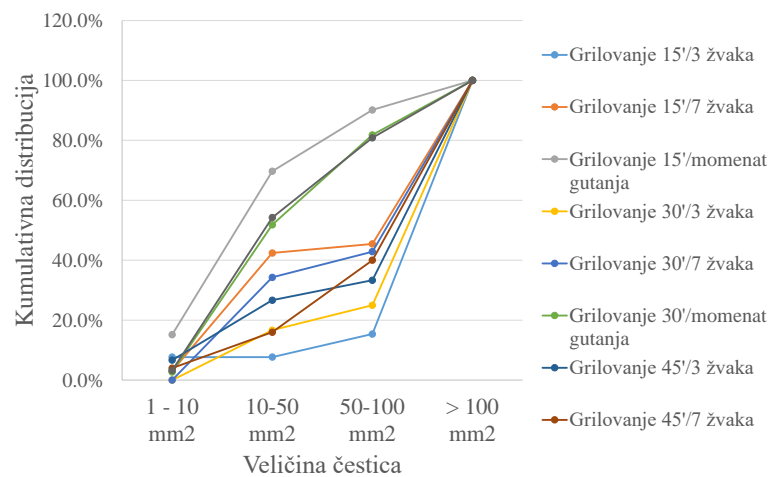
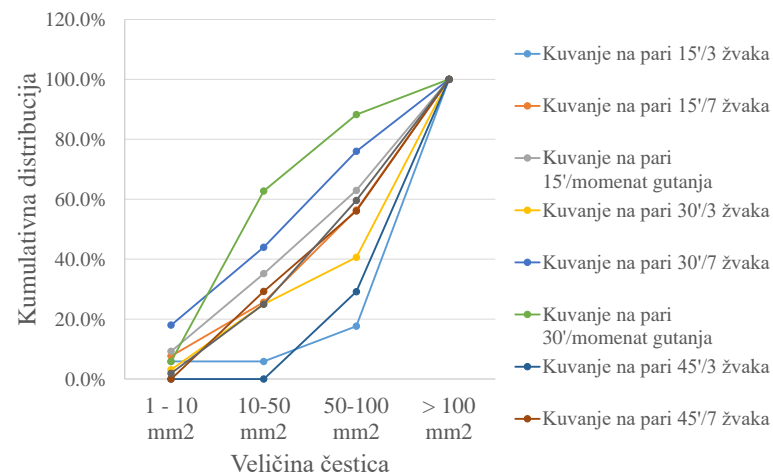
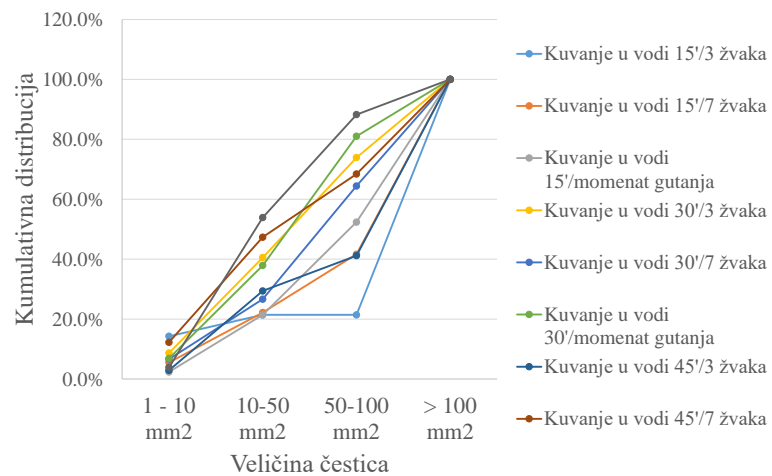
Slika 27. Distribucija veličine čestica bolusa celera



Slika 28. Distribucija veličine čestica bolusa krompira



Slika 29. Distribucija veličine čestica bolusa plavog patlidžana

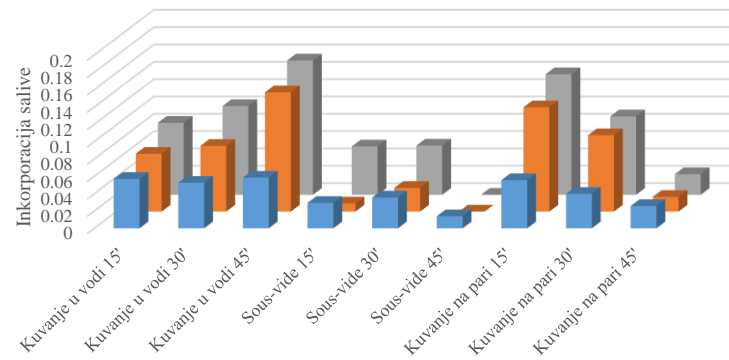


Slika 30. Distribucija veličine čestica bolusa tikvica

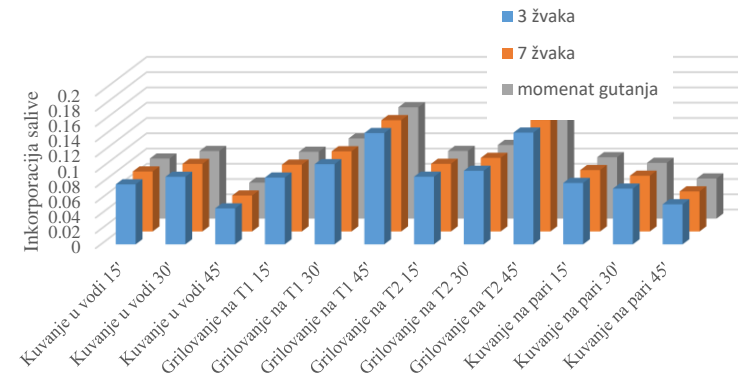
U okviru analize inkorporacije salive u boluse povrća, analizirano je 405 bolusa. Rezultati inkorporacije salive za boluse povrća su prikazani na slikama 31, a (celer), 31, b (krompir), 31, c (plavi patlidžan) i 31, d (tikvice). Na osnovu slike, indikativno je da su *sous-vide* i bolusi grilovanja inkorporirali više salive u poređenju sa kuvanjem u ključaloj vodi i na pari. To nije bio slučaj kod *sous-vide* celera koji je apsorbovao značajno manje salive u odnosu na uzorke iz ključale vode i vodene pare. Rezultati inkorporacije salive za ovu vrstu povrća su posebno interesantni. Jasno je da je produženje kuvanja u vodi uzrokovalo intenzivniju inkorporaciju salive za sva tri vremena mastikacije, dok je kuvanje na pari imalo isti trend ali suprotnog pravca. Slično se može uvideti i kod krompira. Tretmani grilovanja na nižoj i višoj temperaturi su uspostavili trend povećanja inkorporacije salive sa prolongacijom kuvanja za sva vremena mastikacije. Suprotno je uočeno za kuvanje na pari, dok je kuvanje u vodi imalo uniforman efekat za petnaestominutne i tridesetominutne tretmane, dok je nešto manje salive bilo potrebno za tretmane od 45 minuta.

Inkorporacija salive je bila ograničena za većinu uzoraka plavog patlidžana. To je takođe bio slučaj i sa tikvicama kuvanim u vodi. Još jedna činjenica sa slike 31 koja privlači pažnju je da ove dve vrste povrća nisu apsorbovale više salive sa produžetkom mastikacije. Čini se da je najviše salive bilo inkorporirano za tretmane od 30 minuta. To se može smatrati neuobičajenim trendom. Uopšteni trend manje inkorporacije salive ove dve vrste povrća ukazuje na to da su ovi uzorci bili sočniji, omogućavajući brže bezbedno gutanje. Takođe se može pretpostaviti da je njihova heterogena struktura imala ulogu, uzimajući u obzir da je njeno uništenje doprinelo oslobađanju sokova.

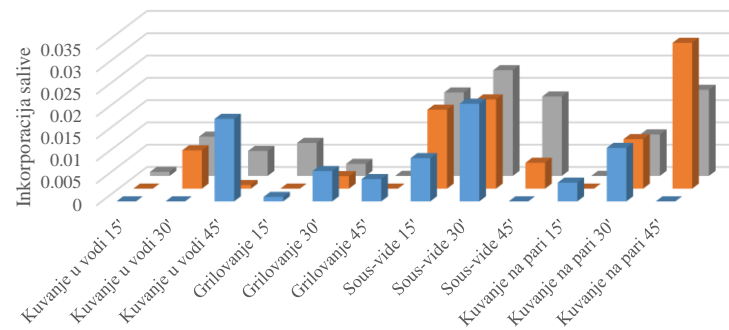
a.



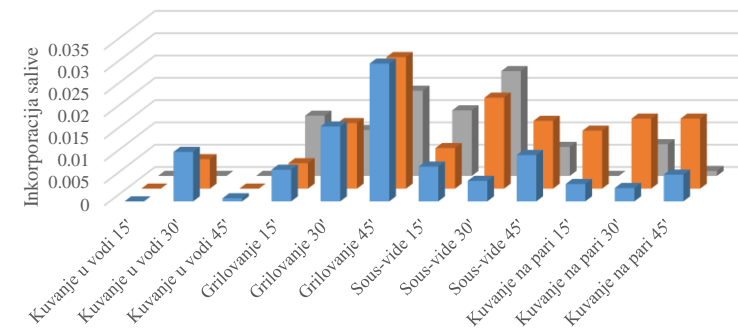
b.



c.



d.



Slika 31. Inkorporacija salive za boluse povrća; a – celer, b – krompir, c – plavi patlidžan, d – tikvice; apsolutne vrednosti inkorporacije salive su prikazane na ordinati, tretmani kulinarske obrade na apcisi a trajanje mastikacije je obeleženo stubićima različite boje

5.3. Quality Function Deployment (QFD) model za hranu pripremanu različitim kulinarским tretmanima

5.3.1. Stavovi potrošača o percepcijama oralnog procesiranja hrane

Za razumevanje percepcija potrošača o njihovom sopstvenom oralnom procesiranju hrane i radi prikupljanja podataka potrebnih za konstruisanje QFD kuće kvaliteta, intervjuisano je 309 osoba (183 žena i 126 muškaraca, $26,6 \pm 10,3$ godina).

Statistički značajne razlike ($P < 0,01$) su postojale u indeksu mase tela (BMI) između ženskih (BMI = 25 ± 3) i muških ispitanika (BMI = 21 ± 2), ukazujući na to da su žene bile blizu gornjoj granici normalnih BMI vrednosti. Razlike u oralnom procesiranju hrane su utvrđene između ljudi sa normalnim BMI (vrednosti između 18,5 i 15) i ljudi sa vrednostima BMI iznad gornje granice (BMI > 25) (S. Park i Shin, 2015). Sa obzirom na to, od interesa je bilo ispitati i percepcije potrošača njihove sopstvene mastikacije za različite scenarije: kada konzumiraju hranu dok su gladni i kada konzumiraju hranu koja im se sviđa. Rezultati ovog dela ankete su dati u tabeli 27.

Tabela 27. Stavovi potrošača o oralnom procesiranju kada konzumiraju hranu dok su gladni i kada konzumiraju hranu u kojoj uživaju

Kada sam glada, ja:									
	Uzimam veće zalogaje		Žvaćem brže		Jedem više		Imam intenzivnije pokrete vilice i jezika		
Žene	3,65 ± 1,03	4	3,73 ± 1,06	4	3,62 ± 1,21	4	3,42 ± 1,07	4	
Muškarci	3,58 ± 1,16	4	3,70 ± 1,11	4	3,85 ± 1,04	4	3,57 ± 1,10	4	
Ukupno	3,62 ± 1,08	4	3,72 ± 1,08	4	3,71 ± 1,15	4	3,48 ± 1,08	4	
Kada konzumiram hranu u kojoj uživam, ja:									
	Uzimam veće zalogaje		Žvaćem brže		Jedem više		Imam intenzivnije pokrete vilice i jezika		
Žene	3,26 ± 1,30	4	2,89 ± 1,29	4	3,91 ± 1,09	4	3,12 ± 1,16	3	
Male	3,18 ± 1,22	4	2,95 ± 1,22	2	3,74 ± 1,18	4	3,14 ± 1,16	4	
Ukupno	3,23 ± 1,17	4	2,91 ± 1,26	2	3,84 ± 1,13	4	3,13 ± 1,16	4	

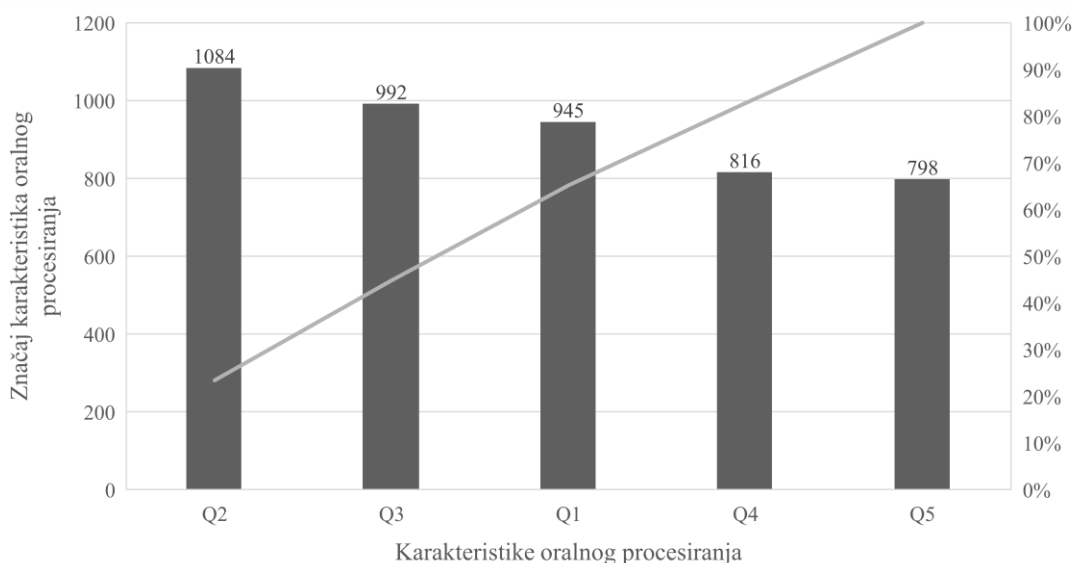
Rezultati su prikazani kao srednja vrednost ± standardna devijacija i modus. Legenda: 1 – Uopšte se ne slažem; 2 – Ne slažem se, 3 – Nemam stav; 4 – Slažem se, 5 – Veoma se slažem.

Na osnovu dobijenih rezultata, razlike nisu postojale za posmatrane četiri izjave koje su u vezi sa mastikacijom, za oba hipotetička scenarija konzumiranja hrane. Međutim, indikativno je da oba pola ispitanika percipiraju da uzimaju veće zalogaje, da žvaću brže i da imaju intenzivnije pokrete vilice i jezika u slučaju kada gladni konzumiraju hranu. Zavisnost načina konzumacije hrane od nivoa sitosti je i ranije utvrđena (Frecka, Hollis, i Mattes, 2008). Rezultati ovog dela istraživanja potvrđuju svesnost ispitanika o načinu njihove mastikacije za različite nivoe sitosti.

Utvrđeno je postojanje značajne pozitivne korelacije između godina ispitanika i BMI ($r_s = 0,234$, $P < 0,01$), što je u skladu sa literaturnim navodima (Meeuwssen, Horgan, i Elia, 2010). Takođe, korelacija je postojala između starosti ispitanika i sledećih izjava: „kada sam gladan/a, žvaćem brže“ ($r_s = -0,174$, $P < 0,01$), „kada konzumiram hranu u kojoj uživam, jedem više“ ($r_s = -0,198$, $P < 0,01$), i „kada konzumiram hranu u kojoj uživam, pokreti moje vilice i jezika su intenzivniji“ ($r_s = 0,145$, $P > 0,01$). Korelacije između godina ispitanika i pomenutih izjava potvrđuju smanjenje sposobnosti za konzumiranje hrane kod starijih, zajedno sa gubitkom mišićne snage i pojave malfunkcija oralnog aparata (Ketel i sar., 2019; Laguna, Sarkar, Artigas, i Chen, 2015). Međutim, i ako statistički značajne, vredno je pomenuti da su dobijene korelacije bile slabe po intenzitetu. Korelacije između godina ispitanika i drugih izjava nisu bile značajne.

5.3.2. Kuća kvaliteta i indeks lakoće žvakanja (EMI) za hranu pripremanu različitim kulinarskim tretmanima

U toku intervjuisanja potrošača primenom upitnika iz priloga 1, osim stavova o percepciji ličnog oralnog procesiranja hrane, ispitanicima je bilo ponuđeno i da rangiraju karakteristike oralnog procesiranja prema njihovoj važnosti. Ispitanici su rangirali pet karakteristika kvaliteta oralnog procesiranja (Q1 – proizvod se lako lomi (ili kida) sa prvim zagrižajem; Q2 – proizvod je lako žvakati; Q3 – proizvod ne zahteva jake zagrižaje (jako pritiskanje vilicom); Q4 – nije potrebno previše vremena da se sažvaće zalogaj; Q5 – proizvod ne suši unutrašnjost usne duplje (ne zahteva previše salive/pljuvačke da se sažvaće)). Pri tome, karakteristike kvaliteta koje su oni doživljavali kao najvažnije dobijale su najveći rang (5), i suprotno, najmanji rang (1). Suma rangova za pet karakteristika oralnog procesiranja i njihov relativni značaj su prikazani na slici 32.



Slika 32. Apsolutna i relativna značajnost rangiranih karakteristika oralnog procesiranja;
Legenda: Q1 – proizvod se lako lomi (ili kida) sa prvim zagrižajem; Q2 – proizvod je lako žvakati; Q3 – proizvod ne zahteva jake zagrižaje (jako pritiskanje vilicom); Q4 – nije potrebno previše vremena da se sažvaće zalogaj; Q5 – proizvod ne suši unutrašnjost usne duplje (ne zahteva previše salive/pljuvačke da se sažvaće);

Suma rangova karakteristika oralnog procesiranja je dalje korišćena kao jedan od ulaza (ŠTA?) u QFD kući kvaliteta (slika 33). Relativni značaj pojedinačnih karakteristika oralnog procesiranja je izračunat kao udeo zbira njihovih rangova u ukupnoj sumi rangova. Potrošači su prepoznali karakteristiku „proizvod je lako žvakati“ kao najvažniju po sumi rangova sa relativnim značajem od 23,39%. Nju prati izjava „proizvod ne zahteva jake zagrižaje (jako pritiskanje vilicom)“ i „proizvod se lako lomi (ili kida) sa prvim zagrižajem“ sa 21,40% i 20,39% relativnog udela, respektivno. Poslednje dve karakteristike po značajnosti su bile „proizvod ne suši unutrašnjost usne duplje (ne zahteva previše salive/pljuvačke da se sažvaće)“ i „nije potrebno previše vremena da se sažvaće zalogaj“ sa 17% relativnog značaja. Sa obzirom na to, rezultati ukazuju da karakteristike mastikacije koje su u vezi sa silom ili radom koji je potrebno napraviti za konzumaciju bile dominantne. Sa druge strane, trajanje mastikacije i količina inkorporirane salive su imale manji značaj.

Značaj		Tehnički parametri (KAKO?)	Parametri mastikacije				
Relativni značaj karakteristika oralnog procesiranja (RAW _i)	Apsolutni značaj karakteristika oralnog procesiranja (W _i)		(-) Broj žvakova	(-) Vreme oralne izloženosti (s)	(↑) Trajanje ciklusa žvakanja (s)	(-) Brzina žvakanja (žvak/s)	(↑) Brzina jedenja (g/s)
20.39%	945	Q1. proizvod se lako lomi (ili kida) sa prvim zagrižajem					
23.39%	1084	Q2. proizvod je lako žvakati	●	⊙	⊙	⊙	
21.40%	992	Q3. proizvod ne zahteva jake zagrižaje (jako pritiskanje vilicom)	○	○			
17.61%	816	Q4. nije potrebno previše vremena da se sažvaće zalogaj	⊙	●	●	●	●
17.22%	798	Q5. proizvod ne suši unutrašnjost usne duplje (ne zahteva previše salive/pljuvačke da se sažvaće)	⊙	⊙	○	○	○
Apsolutni značaj (AW _i)			3.36	3.02	2.46	2.46	1.76
Relativni značaj (RAW _i)			25,77%	23,11%	18,83%	18,83%	13,46%

Slika 33. QFD kuća kvaliteta za modelovanje kvaliteta oralnog procesiranja koja pokazuje odnos matrica zahtevanog kvaliteta (ŠTA) i tehničkih parametara mastikacije (KAKO?); legenda: ● „jaka korelacija” = 9, ⊙ „umereno jaka korelacija” = 3, ○ „slaba korelacija” = 1, prazno polje „nema korelacije” = 0; (→) „što manja vrednost, veća lakoća žvakanja”; (←) „što veća vrednost, veća lakoća žvakanja”.

Od prethodno merenih karakteristika mastikacije izabrano je pet zajedničkih za sve namirnice koje će biti drugi ulaz u kući kvaliteta – tehnički parametri (KAKO?). Ovi tehnički parametri su dovedeni u vezu sa zahtevima potrošača (ŠTA?) u skladu sa pregledom literature (Ilic i sar., 2021). Odnosi između matrica „ŠTA?” i „KAKO?” su kvantifikovani korišćenjem simbola korelacije sa tri različita nivoa, tj., jaka korelacija (9), umereno jaka korelacija (3), i slaba korelacija (1). Ovakav pristup je uobičajen kod primene QFD metodologije. Nakon toga su određeni apsolutni i relativni udeli značajnosti tehničkih parametara iz matrice „KAKO?”. Broj žvakova bila je karakteristika sa najvećim relativnim značajem među tehničkim parametrima (25,77%), praćena vremenom oralne izloženosti (23,11%). Trajanje ciklusa žvakanja i brzina žvakanja su imale udele od 18,83%, a na kraju je bila brzina jedenja sa 13,46%. Relativni značaji tehničkih parametara i prethodno prikazane izmerene vrednosti parametara mastikacije su dalje iskorišćeni za proračun indeksa mastikacije (MI), a nakon toga i indeksa lakoće mastikacije (EMI).

Za svaki od pet tehničkih parametara mastikacije iz matrice KAKO?, i svaki od 51 proizvoda koji su dobijeni kombinacijom namirnica*kulinarski tretman, izračunati su indeksi mastikacije (MI), prateći formule iz poglavlja 4.9, u zavisnosti od toga da li specifično tehničko obeležje unapređuje ili smanjuje lakoću mastikacije. Rezultati za sve indekse mastikacije su dati u tabeli 28.

Zbir pojedinačnih indeksa mastikacije (MI) pet tehničkih parametara predstavlja totalni indeks mastikacije za svaku od namirnica. Ovaj indeks je nazvan indeksom lakoće mastikacije (EMI). EMI predstavlja brojčanu vrednost koja kvantifikuje lakoću mastikacije. Veće vrednosti EMI indeksa znače da je namirnicu lakše sažvakati do stanja kada je spremna za gutanje, odnosno da je potrebno uložiti manji rad za njeno konzumiranje. Sa obzirom na to da se računa korenovanjem, EMI je desno-orijentisani indeks, odnosno može imati samo pozitivne vrednosti do EMI = 1. Na slikama 34, 35 i 36 su prikazani grafikoni sa EMI vrednostima svih 51 namirnica koje su bile deo ovog istraživanja.

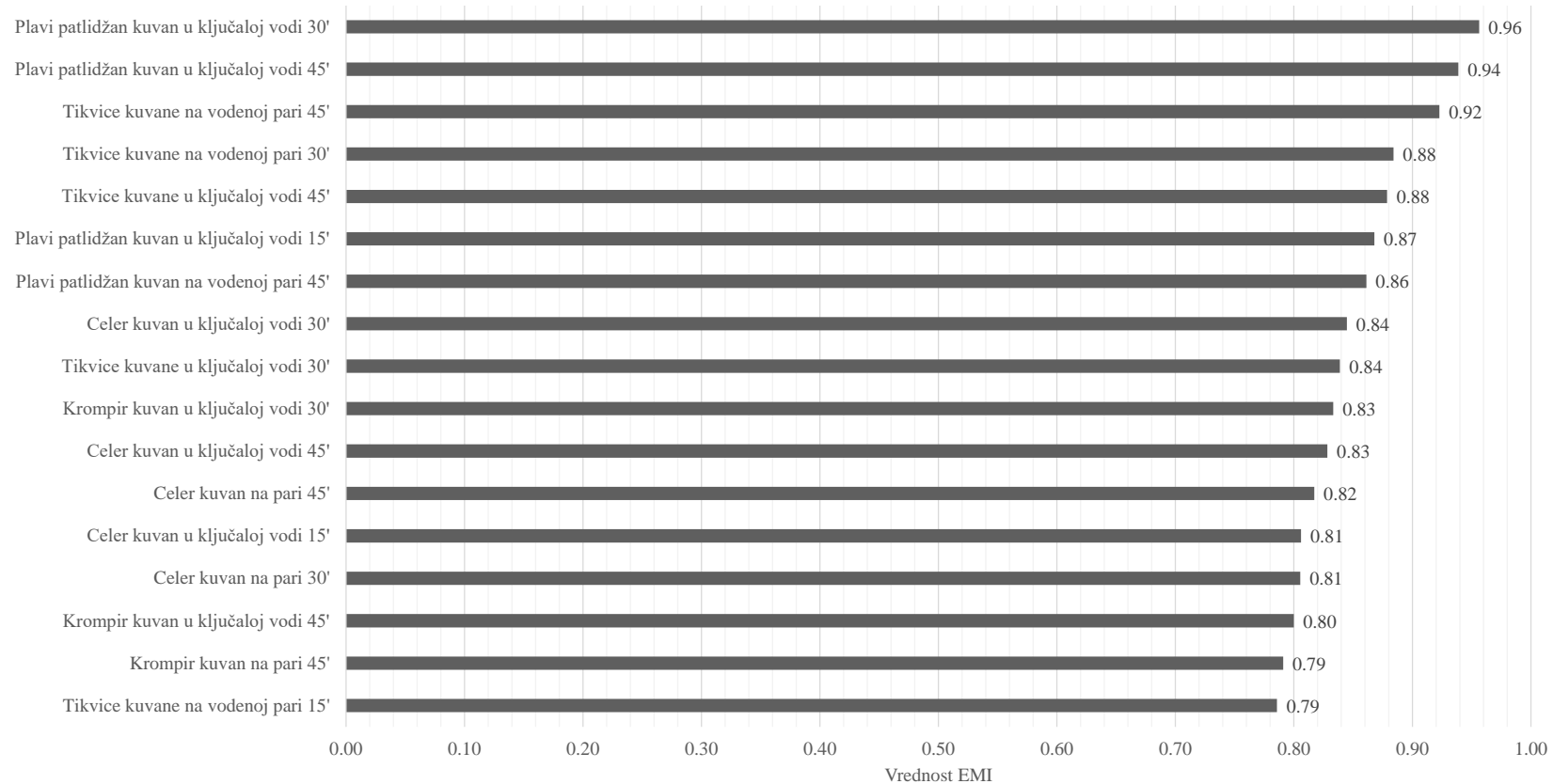
Tabela 28. Vrednosti indeksa mastikacije (MI) za proizvode celokupnog istraživanja

Proizvod	Broj žvakova	Vreme oralne izloženosti (s)	Trajanje ciklusa žvakanja (s)	Brzina žvakanja (žvak/s)	Brzina jedenja (g/s)
Meso buta domaće svinje kuvano u ključaloj vodi	0,01	0,01	0,55	0,25	0,05
Meso buta domaće svinje pripremljeno grilovanjem	0,22	0,27	0,49	0,11	0,07
<i>Sous-vide</i> meso buta domaće svinje	0,23	0,32	0,42	0,01	0,13
Meso buta divlje svinje kuvano u ključaloj vodi	0,00	0,00	0,57	0,29	0,03
Meso buta divlje svinje pripremljeno grilovanjem	0,27	0,33	0,46	0,08	0,05
<i>Sous-vide</i> meso buta divlje svinje	0,35	0,34	0,60	0,36	0,07
Celer kuvan u ključaloj vodi 15'	0,77	0,76	0,71	0,72	0,05
Celer kuvan u ključaloj vodi 30'	0,83	0,82	0,80	0,82	0,03
Celer kuvan u ključaloj vodi 45'	0,86	0,85	0,70	0,68	0,07
Celer kuvan na pari 15'	0,79	0,79	0,65	0,53	0,02
Celer kuvan na pari 30'	0,84	0,85	0,66	0,56	0,04
Celer kuvan na pari 45'	0,88	0,88	0,66	0,56	0,06
Celer kuvan <i>sous-vide</i> 15'	0,40	0,46	0,49	0,09	0,02
Celer kuvan <i>sous-vide</i> 30'	0,51	0,59	0,48	0,05	0,02
Celer kuvan <i>sous-vide</i> 45'	0,60	0,70	0,42	0,01	0,02
Krompir kuvan u ključaloj vodi 15'	0,62	0,59	0,68	0,56	0,07
Krompir kuvan u ključaloj vodi 30'	0,79	0,77	0,68	0,89	0,13
Krompir kuvan u ključaloj vodi 45'	0,81	0,78	0,68	0,56	0,13
Krompir kuvan na pari 15'	0,63	0,65	0,52	0,31	0,07
Krompir kuvan na pari 30'	0,73	0,72	0,68	0,56	0,13
Krompir kuvan na pari 45'	0,77	0,76	0,68	0,56	0,13
Krompir pripremljen grilovanjem na nižoj temperaturi 15'	0,61	0,64	0,52	0,31	0,07
Krompir pripremljen grilovanjem na nižoj temperaturi 30'	0,71	0,72	0,68	0,31	0,13
Krompir pripremljen grilovanjem na nižoj temperaturi 45'	0,68	0,68	0,68	0,31	0,07
Krompir pripremljen grilovanjem na višoj temperaturi 15'	0,63	0,58	0,68	0,89	0,07
Krompir pripremljen grilovanjem na višoj temperaturi 30'	0,47	0,45	0,68	0,56	0,03
Krompir pripremljen grilovanjem na višoj temperaturi 45'	0,44	0,46	0,52	0,31	0,01
Tikvice kuvane u ključaloj vodi 15'	0,83	0,85	0,54	0,23	0,35
Tikvice kuvane u ključaloj vodi 30'	0,94	0,97	0,52	0,18	0,78
Tikvice kuvane u ključaloj vodi 45'	0,95	0,96	0,65	0,51	0,66
Tikvice kuvane na vodenoj pari 15'	0,87	0,91	0,49	0,12	0,51
Tikvice kuvane na vodenoj pari 30'	0,95	0,97	0,61	0,36	0,98
Tikvice kuvane na vodenoj pari 45'	0,99	0,99	0,68	0,62	0,91
Tikvice kuvane <i>sous-vide</i> 15'	0,66	0,73	0,46	0,06	0,12
Tikvice kuvane <i>sous-vide</i> 30'	0,70	0,78	0,42	0,01	0,16
Tikvice kuvane <i>sous-vide</i> 45'	0,71	0,79	0,42	0,01	0,17
Tikvice pripremljene grilovanjem 15'	0,72	0,77	0,46	0,09	0,14
Tikvice pripremljene grilovanjem 30'	0,71	0,77	0,45	0,04	0,14
Tikvice pripremljene grilovanjem 45'	0,79	0,86	0,46	0,04	0,21

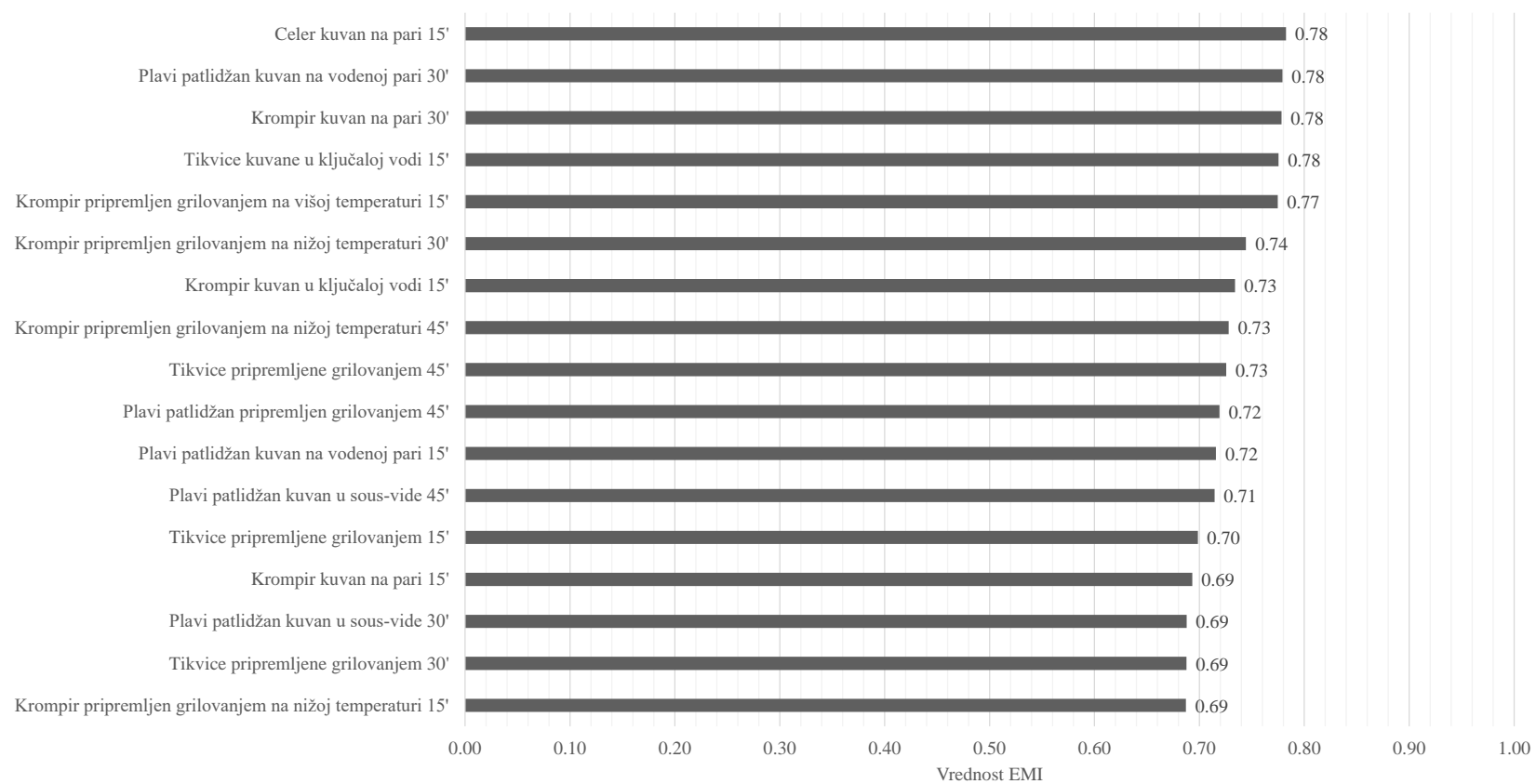
*Nastavak na sledećoj strani

Plavi patlidžan kuvan u ključaloj vodi 15'	0,88	0,89	0,82	0,65	0,33
Plavi patlidžan kuvan u ključaloj vodi 30'	0,98	0,98	1,00	1,00	0,43
Plavi patlidžan kuvan u ključaloj vodi 45'	1,00	1,00	0,86	0,85	0,52
Plavi patlidžan kuvan na vodenoj pari 15'	0,77	0,82	0,48	0,09	0,14
Plavi patlidžan kuvan na vodenoj pari 30'	0,89	0,93	0,51	0,16	0,28
Plavi patlidžan kuvan na vodenoj pari 45'	0,96	0,98	0,63	0,45	0,47
Plavi patlidžan kuvan <i>sous-vide</i> 15'	0,53	0,64	0,40	0,00	0,14
Plavi patlidžan kuvan <i>sous-vide</i> 30'	0,62	0,73	0,38	0,00	0,55
Plavi patlidžan kuvan <i>sous-vide</i> 45'	0,73	0,81	0,44	0,03	0,35
Plavi patlidžan pripremljen grilovanjem 15'	0,51	0,61	0,42	0,01	0,11
Plavi patlidžan pripremljen grilovanjem 30'	0,55	0,66	0,40	0,00	0,14
Plavi patlidžan pripremljen grilovanjem 45'	0,57	0,68	0,41	0,00	1,00

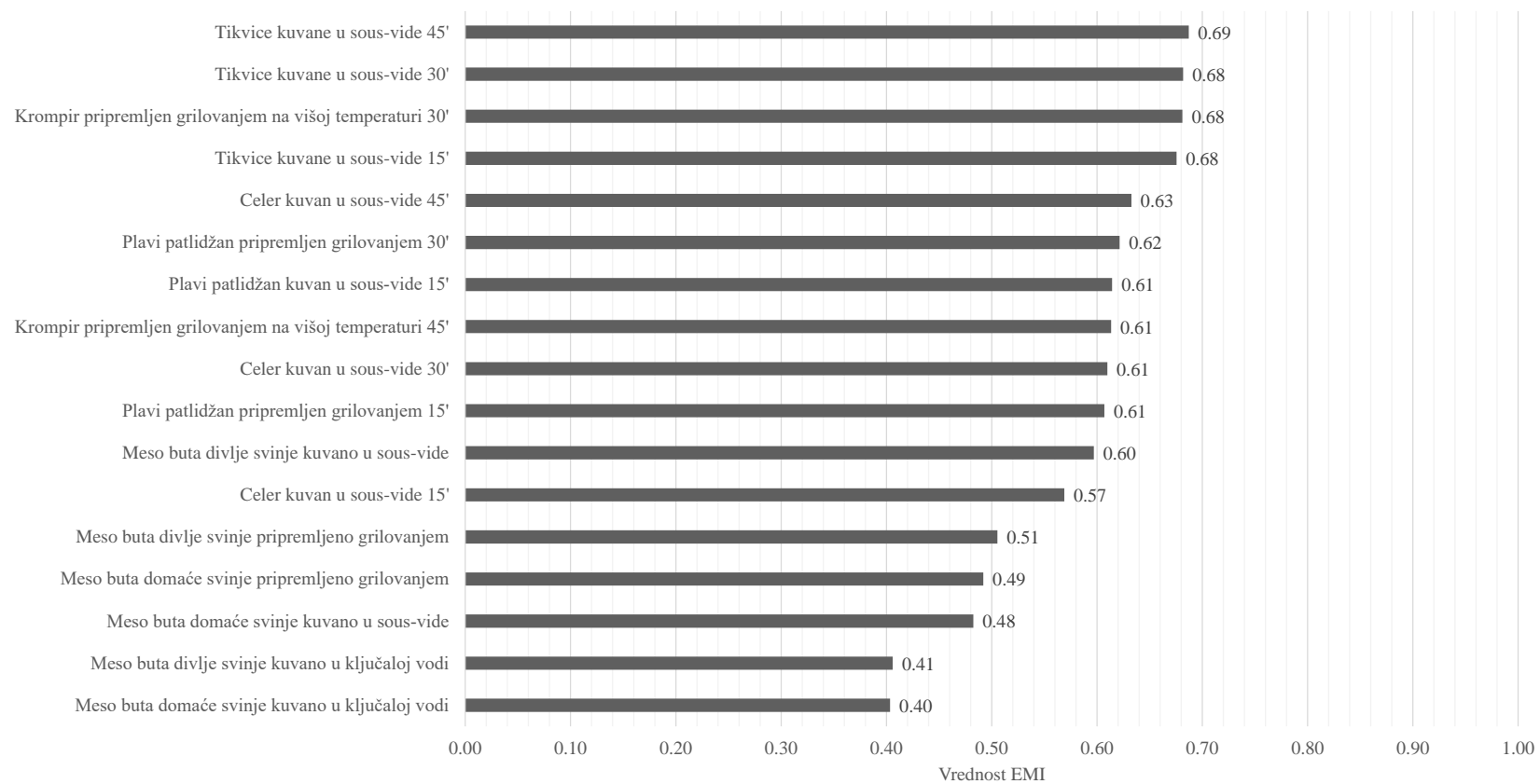
Na osnovu predstavljenih rezultata sa slika 34 – 36, može se uočiti nekoliko pravilnosti. Meso koje je bilo deo materijala ovog istraživanja je imalo najmanje EMI vrednosti (slika 34). Posebno se izdvajaju meso domaće i divlje svinje kuvano u ključaloj vodi sa vrednostima EMI od 0,4 i 0,41, respektivno. Dakle, meso je uvek zahtevalo veći rad za mastikaciju sudeći po vrednostima EMI, osim u slučaju jednog izuzetka. Taj izuzetak je celer kuvan *sous-vide* metodom 15 minuta koji je imao manju EMI vrednost (0,57) od mesa buta divlje svinje koje je kuvano *sous-vide* sa vrednošću EMI od 0,6. U svim ostalim slučajevima, za preostalih 44 namirnica, povrće je imalo EMI vrednosti veće od 0,6. Proizvodi dobijeni kombinacijama vrsta povrća*kulinarski tretman su distribuirani na svim pomenutim grafikonima i ne može se reći da je neka vrsta povrća bila specifična po grupisanju EMI vrednosti, kao što je to slučaj sa mesom. Međutim, može se reći da su se kulinarske metode *sous-vide* i grilovanja grupisale u prvoj polovini proizvoda sa manjim EMI vrednostima. Drugim rečima, na osnovu EMI rezultata, grilovanje i *sous-vide* su rezultovale proizvodima koji su zahtevniji za mastikaciju, odnosno zahtevaju veći rad. Suprotno, kuvanje u ključaloj vodi i kuvanje na pari su metode koje su dale proizvode koji se mogu konzumirati uz manje napora.



Slika 34. Vrednosti indeksa lakoće žvakanja (EMI) za 17 proizvoda sa najvećim EMI vrednostima; pravilo palca se primenjuje za interpretaciju rezultata. Veća vrednost EMI znači da je manje napora potrebno uložiti za mastikaciju i suprotno



Slika 35. Vrednosti indeksa lakoće žvakanja (EMI) za 17 proizvoda sa medijalnim EMI vrednostima; pravilo palca se primenjuje za interpretaciju rezultata. Veća vrednost EMI znači da je manje napora potrebno uložiti za mastikaciju i suprotno



Slika 36. Vrednosti indeksa lakoće žvakanja (EMI) za 17 proizvoda sa najmanjim EMI vrednostima; pravilo palca se primenjuje za interpretaciju rezultata. Veća vrednost EMI znači da je manje napora potrebno uložiti za mastikaciju i suprotno

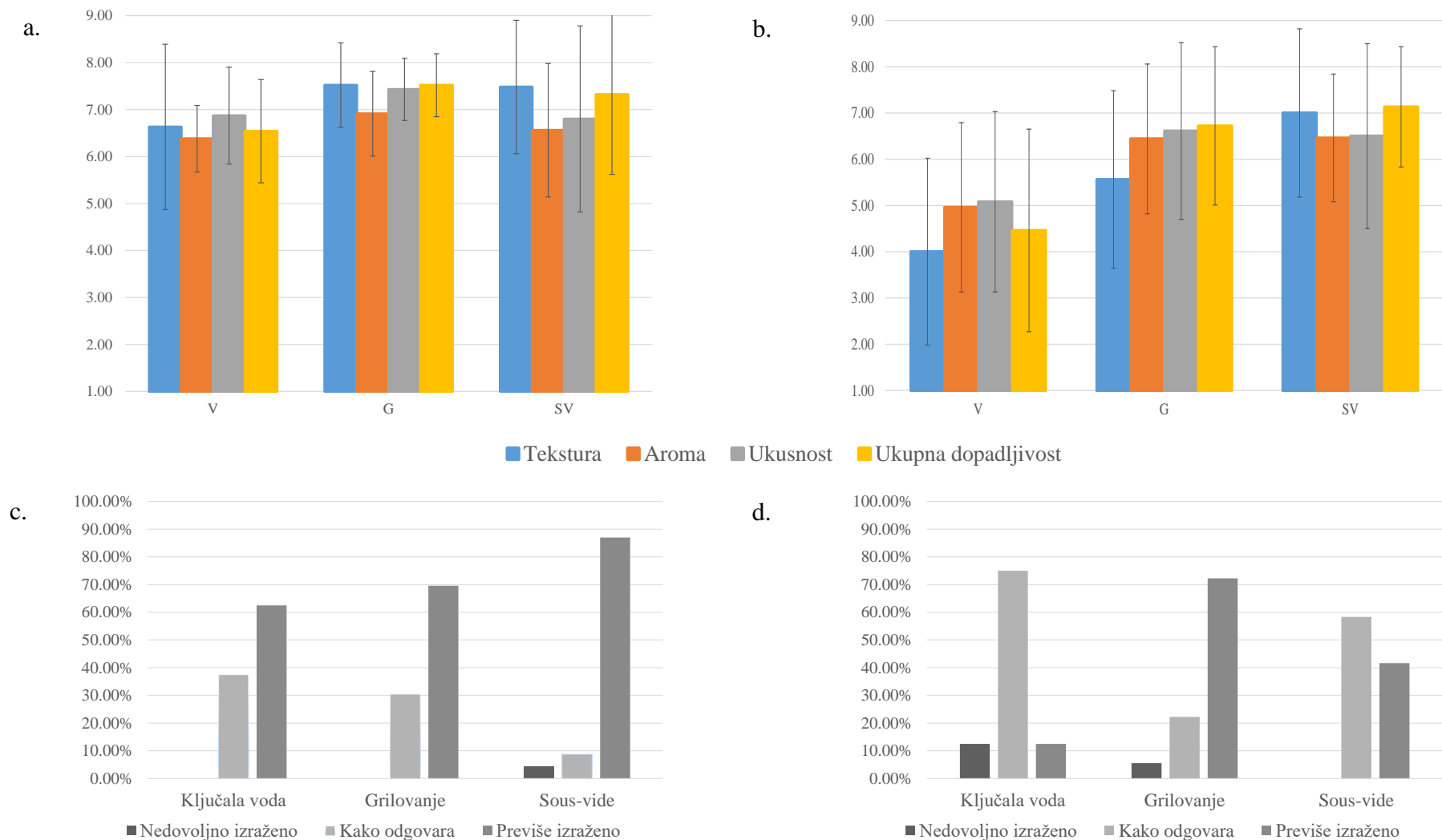
5.4. Ocene kvaliteta i dopadljivost proizvoda

Rezultati koji su predstavljeni u ovoj disertaciji nude informaciju za dublje razumevanje konzumacije proizvoda predmeta ovog istraživanja. Oni odgovaraju na pitanja koji faktori i karakteristike uslovljavaju način konzumacije hrane i na koji način, i kako se ta hrana percipira u toku trajanja mastikacije. Međutim, senzorna dopadljivost proizvoda je osnov njegove prihvatljivosti. Zbog toga su proizvodi ocenjivani primenom hedonske i „upravo onako kako treba“ skale. Iako jednostavne za upotrebu, ove skale daju dobar uvid u prosečnu dopadljivost proizvoda. Sa ciljem preglednosti i jednostavnog vizuelnog poređenja rezultata ovog senzornog ocenjivanja, konstruisani su dijagrami za rezultate ocena hedonske skale. Histogrami koji pokazuju frekvenciju odgovora skale „upravo onako kako treba“ su takođe konstruisani. Odgovori skale „upravo onako kako treba su grupisani u tri kategorije, i to: nedovoljno izraženo (ocene na skali od 1 do 3), onako kako odgovara (ocene na skali od 4 do 6), i previše izraženo (ocene na skali od 7 do 9). Dijagrami sa rezultatima dopadljivosti, odnosno ocenama hedonske skale za meso su dati na slikama 37, a i 37, b.

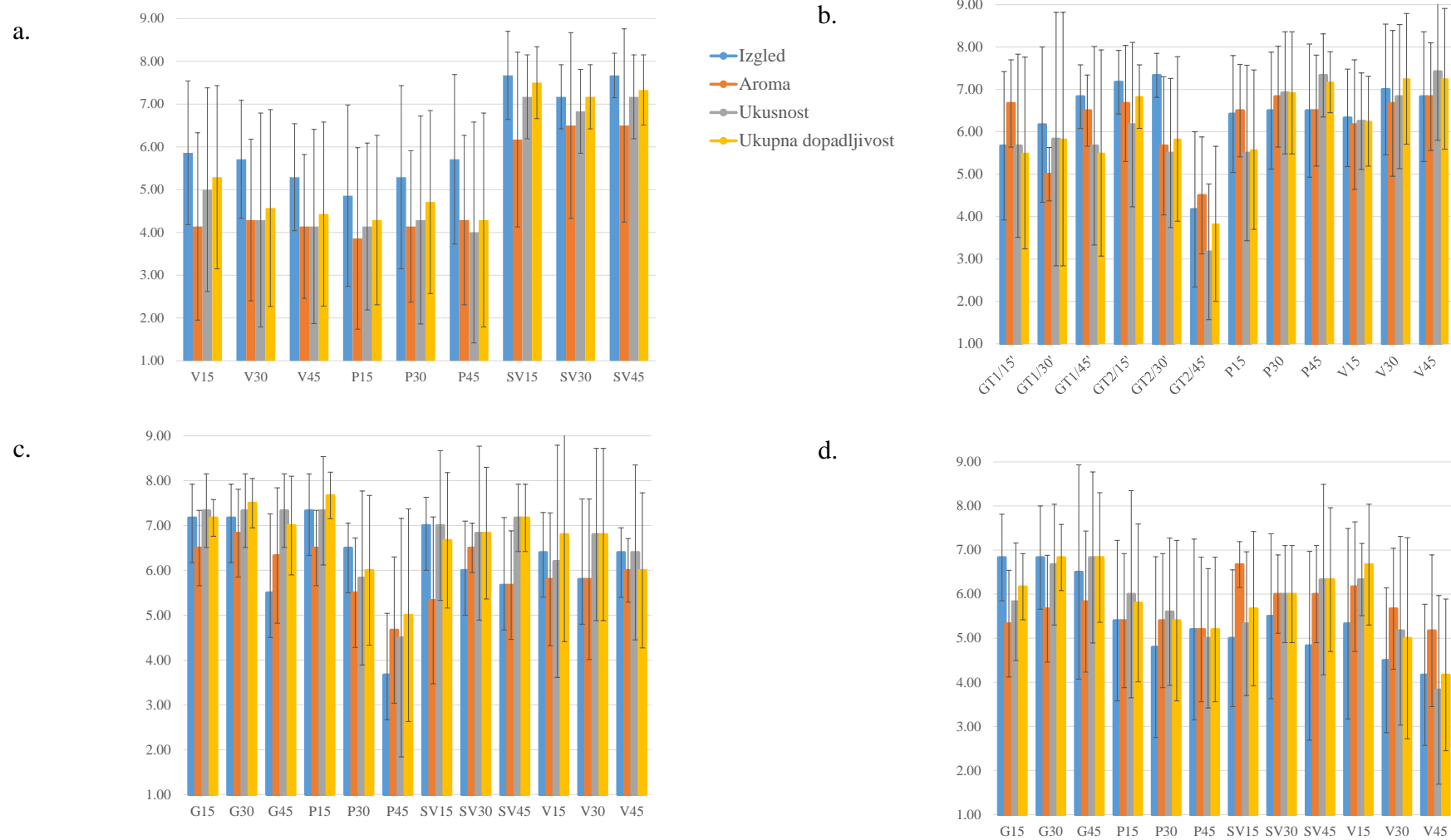
Rezultati ocenjivanja dopadljivosti mesa buta domaće i divlje svinje pokazuju da je meso domaće svinje dobilo veće ocene dopadljivosti u svim ispitivanim atributima (tekstura, aroma, ukusnost i ukupna dopadljivost). Posebno su manje ocene dopadljivosti za meso divlje svinje kuvano u ključaloj vodi. U slučaju *sous-vide* kuvanja i grilovanja, razlike su nešto manje. Na osnovu rezultata teksture, mastikacije, dinamičkog senzornog profila ovih proizvoda i literaturnih navoda (Biswas i Mandal, 2020; Maltin i sar., 2003; Winger i Hagyard, 1994), može se pretpostaviti da je velika tvrdoća odnosno žvakljivost bila uzrok ovome.

Slike 37, c i 37, d prikazuju histograme distribucije frekvencija odgovora skale „upravo onako kako treba“ za meso buta domaće i divlje svinje, respektivno. Na osnovu histograma se može zaključiti da je intenzitet osećaja na meso uglavnom bio previše izražen. To je posebno uočljivo kod mesa buta domaće svinje, dok je kod mesa divlje svinje grilovanje dobilo takve ocene. Ovakvi rezultati se mogu objasniti činjenicom da su uzorci mesa pri ocenjivanju bili konzumirani bez ikakvih dodataka kao što je, na primer, hleb. Praksa konzumacije mesa bez dodataka nije uobičajena kod potrošača u Srbiji. Svakako, konzumiranje mesa sa dodacima umanjuje intenzitet osećaja na meso pa je moguće da su je intenzitet ovog osećaja upravo zbog toga tako ocenjen. Sa druge strane, meso divljači ima intenzivniji miris, odnosno aromu, pa je verovatno bilo očekivano da divljač ostavi utisak „jačeg“ mesa pri konzumaciji. Zbog toga je i frekvencija odgovora „onako kako treba“ bila veća kod mesa divljači.

Ocene dopadljivosti za izgled, aromu, ukusnost i ukupnu dopadljivost su prikazane na slikama 38, a (celer), 38, b (krompir), 38, c (tikvice) i 38, d (plavi patlidžan). U slučaju celera, jasno je da je *sous-vide* ostvario bolje ocene u svim atributima, poredeći sa kuvanjem u vodi i na pari. Kod krompira su tretmani grilovanja na nižoj temperaturi 15 i 30 minuta i na višoj temperaturi 45 minuta dobili nešto manje ocene. U slučaju tikvica, to su bili tretmani kuvanja u vodi i na pari od 45 minuta. U slučaju patlidžana, grilovanje i *sous-vide* su bili favorizovani u odnosu na kuvanje u vodi i na pari.



Slika 37. Ocene dopadljivosti mesa buta domaće svinje (a) i buta divlje svinje (b); Rezultati testa "Upravo onako kako treba" za intenzitet osećaja na svinjsko meso (c) i intenzitet osećaja na divljač (d). V – ključala voda; G – grilovanje; SV – sous-vide.



Slika 38. *Ocene dopadljivosti kuvanog povrća; a – celer; b – krompir; c – tikvice; d – plavi patlidžan*

6. ZAKLJUČCI

Polazeći od početnih ciljeva i postavljenih hipoteza ovog istraživanja, na osnovu dobijenih rezultata je doneseno nekoliko zaključaka. Rezultati su pokazali da različite kulinarske metode utiču na parametre oralnog procesiranja. Različiti uticaj kulinarskih metoda na oralno procesiranje hrane je jasan u slučaju svih namirnica. Na primeru mesa, izbor kulinarske metode može u znatnoj meri uticati na mastikaciju i karakteristike bolusa, pri čemu su dve suprotne krajnosti bile kuvanje u ključaloj vodi i *sous-vide* kuvanje. Tradicionalna metoda kuvanja mesa u ključaloj vodi rezultuje proizvodima velike čvrstoće koji su zahtevni za mastikaciju i istovremeno percipirani kao suvi i fibrozni. Na osnovu poznatih preferencija potrošača ka mekom i sočnom mesu, može se zaključiti da je kuvanje u ključaloj vodi najmanje prihvatljiva metoda, što je takođe u skladu i sa rezultatima ispitivanja dopadljivosti dobijenim u ovom istraživanju. Sa druge strane, grilovanje i *sous-vide* kuvanje su se odlikovali proizvodima veće sočnosti i mekoće, kao i većim ocenama kvaliteta na hedonskoj skali. *Sous-vide* meso buta domaće i divlje svinje ima najveći potencijal prihvatljivosti sa obzirom na rezultate oralnog procesiranja i senzorne analize.

Takođe, različita vremena obrade povrća su rezultovala proizvodima koji su zahtevali prilagođavanje mastikacije. Produženje tretmana kulinarske obrade povrća je uglavnom dovodilo do manjeg napora mastikacije ali je bilo i izuzetaka, kao u slučaju grilovanog krompira.

Različiti postupci obrade su uticali na mehanička odnosno teksturalna svojstva hrane. Jednom od hipoteza je bilo pretpostavljeno da će teksturalna svojstva uticati na parametre oralnog procesiranja. Ova hipoteza je potvrđena u slučaju mesa jer je mekše i sočnije meso zahtevalo manje napora za konzumaciju. Takođe, to je bio slučaj i za povrće koje se je lakše deformisalo pod uticajem mehaničke sile. Koeficijenti korelacije mehaničkih parametara i parametara oralnog procesiranja koji su izračunati, potvrđuju ovu tezu. Može se zaključiti da su proizvodi sa teksturom otpornijom na deformacije istovremeno bili zahtevniji za konzumaciju. Time je potvrđena i treća hipoteza o postojanju odnosa parametara instrumentalne teksture hrane i njenog oralnog procesiranja. Sumarno, proizvodi koji su zahtevali veću silu za datu deformaciju imali su i veći broj žvakova, duže trajanje mastikacije i drugačije su se fragmentisali u usnoj duplji. Raznolikost tretmana kulinarske obrade obuhvaćenih ovom disertacijom je omogućila da se sagleda uticaj na hranu koja je slična po strukturi ili koja se potpuno razlikuje. Rezultati za meso buta domaće i divlje svinje ukazuju na to da namirnice koje su slične po makrostrukturi mogu imati drugačije oralno procesiranje i ako su pripremljene na isti način. Tako je u ovom slučaju meso divlje svinje bilo zahtevnije za konzumaciju u odnosu na meso domaće svinje. Sa druge strane, rezultati oralnog procesiranja povrća upućuju na to da se izborom tretmana obrade mogu podesiti parametri oralnog procesiranja tako da, na primer, krompir i tikvice imaju slične vrednosti mastikacije i ako su ta dva proizvoda potpuno različita. Takođe, rezultati ispitivanja tikvica i plavog patlidžana su pokazali da tretmani jedne kulinarske metode mogu imati sličnog efekta kod ove dve vrste povrća. Međutim, osim značajnog uticaja na način konzumacije hrane, kulinarski tretmani su determinisali i njenu senzornu percepciju. Rezultati TDS metode su pokazali da tretmani kulinarske obrade znatno utiču na dinamički senzorni profil namirnice, čak i kada se radi o istoj metodi obrade sprovedenoj u različitim vremenskim intervalima. Time je potvrđena početna hipoteza da kulinarske metode imaju uticaj na različitu percepciju dominantnih senzacija, i to u slučaju svih ispitivanih namirnica. Na kraju, QFD model koji uključuje zahteve potrošača za oralnim procesiranjem i parametre oralnog procesiranja je potvrdio da postoji različiti nivo kvaliteta za kulinarske tretmane koji su bili predmet u ovom istraživanju. U prilog tome govore i vrednosti indeksa lakoće mastikacije (EMI) koji su izračunati za sve proizvode obuhvaćene istraživanjem. Na osnovu njihovih vrednosti, može se zaključiti da su tehnike grilovanja i *sous-vide* kuvanja dale meso sa najvećim vrednostima pomenutog indeksa. Suprotno, kod povrća su ove dve metode obrade proizvele hranu najzahtevniju za žvakanje, dok su metode kuvanja u ključaloj vodi i na pari imale najveće vrednosti EMI. Time je potvrđena i poslednja hipoteza o različitom kvalitetu kuvanih namirnica, posmatrajući kroz prizmu oralnog procesiranja.

7. LITERATURA

- Aaslyng, M. D., Oksama, M., Olsen, E. V., Bejerholm, C., Baltzer, M., Andersen, G., Bredie, W. L. P., Byrne, D. V., Gabrielsen, G. (2007). The impact of sensory quality of pork on consumer preference. *Meat Science*, 76(1), 61–73. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2006.10.014>
- Agrawal, K. R., Lucas, P. W., Prinz, J. F., & Bruce, I. C. (1997). Mechanical properties of foods responsible for resisting food breakdown in the human mouth. *Archives of Oral Biology*, 42(1), 1–9. [https://doi.org/10.1016/S0003-9969\(96\)00102-1](https://doi.org/10.1016/S0003-9969(96)00102-1)
- Aguayo-Mendoza, M. G., Ketel, E. C., van der Linden, E., Forde, C. G., Piqueras-Fiszman, B., & Stieger, M. (2019). Oral processing behavior of drinkable, spoonable and chewable foods is primarily determined by rheological and mechanical food properties. *Food Quality and Preference*, 71, 87–95. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2018.06.006>
- Allison, K. (2017). Heat and Its Effects on Muscle Fibers in Meat. Retrieved from blog.thermoworks.com/beef/coming-heat-effects-muscle-fibers-meat
- Altmann, B. A., Gertheiss, J., Tomasevic, I., Engelkes, C., Glaesener, T., Meyer, J., Schäfer, A., Wiesen, R., Mörlein, D. (2022). Human perception of color differences using computer vision system measurements of raw pork loin. *Meat Science*, 188, 108766. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2022.108766>
- Araya, X. I. T., Smale, N., Zabarás, D., Winley, E., Forde, C., Stewart, C. M., & Mawson, A. J. (2009). Sensory perception and quality attributes of high pressure processed carrots in comparison to raw, sous-vide and cooked carrots. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 10(4), 420–433. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2009.04.002>
- Bahreini, Z., Heydari, V., Vahid, B., & Asadi, M. (2014). Extraction, identification and thermal stability of anthocyanins from eggplant peel as a natural colorant. *Progress in Color, Colorants and Coatings*, 8(1), 59–67. Retrieved from <https://doi.org/10.0.119.45/PCCC.2014.75845>
- Baldwin, D. E. (2012). Sous vide cooking: A review. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 1(1), 15–30. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2011.11.002>
- Barmore, M. A. (1937). Potato mealiness and changes in softness on cooking. *Journal of Food Science*, 2(4), 377–383. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1937.tb16528.x>
- Becker, A., Boulaaba, A., Pinggen, S., Krischek, C., & Klein, G. (2016). Low temperature cooking of pork meat—Physicochemical and sensory aspects. *Meat Science*, 118, 82–88. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.03.026>
- Bejerholm, C., Tørngren, M. A., & Aaslyng, M. D. (2014). *Cooking of meat / Cooking of Meat* (M. Dikeman & C. B. T.-E. of M. S. (Second E. Devine, Eds.). Oxford: Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384731-7.00187-2>
- Benner, M., Linnemann, A. R., Jongen, W. M. F., & Folstar, P. (2003). Quality Function Deployment (QFD)—can it be used to develop food products? *Food Quality and Preference*, 14(4), 327–339. [https://doi.org/10.1016/S0950-3293\(02\)00129-5](https://doi.org/10.1016/S0950-3293(02)00129-5)
- Berry, B. W., & Leddy, K. F. (1984). Effects of Fat Level and Cooking Method on Sensory and Textural Properties of Ground Beef Patties. *Journal of Food Science*, 49(3), 870–875. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1984.tb13231.x>
- Bertram, H. C., Karlsson, A. H., Rasmussen, M., Pedersen, O. D., Dønstrup, S., & Andersen, H. J. (2001). Origin of multiexponential T 2 relaxation in muscle myowater. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(6), 3092–3100. <https://doi.org/10.1021/jf001402t>

- Biswas, A. K., & Mandal, P. K. (2020). Current perspectives of meat quality evaluation: Techniques, technologies, and challenges. In P. K. Biswas, Ashim Kumar; Mandal (Ed.), *Meat Quality Analysis* (pp. 3–17). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819233-7.00001-X>
- Bongoni, R., Steenbekkers, L. P. A., Verkerk, R., Van Boekel, M., & Dekker, M. (2013). Studying consumer behaviour related to the quality of food: A case on vegetable preparation affecting sensory and health attributes. *Trends in Food Science & Technology*, *33*(2), 139–145. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2013.08.004>
- Bongoni, Radhika, Stieger, M., Dekker, M., Steenbekkers, B., & Verkerk, R. (2014). Sensory and health properties of steamed and boiled carrots (*Daucus carota* ssp. *sativus*). *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, *65*(7), 809–815. <https://doi.org/10.3109/09637486.2014.931360>
- Bordoloi, A., Kaur, L., & Singh, J. (2012). Parenchyma cell microstructure and textural characteristics of raw and cooked potatoes. *Food Chemistry*, *133*(4), 1092–1100. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.11.044>
- Bourne, M. C. (1968). Texture Profile of Ripening Pears. *Journal of Food Science*, *33*(2), 223–226. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1968.tb01354.x>
- Bouton, P. E., & Harris, P. V. (1972). A comparison of some objective methods used to assess meat tenderness. *Journal of Food Science*, *37*, 218–221. Retrieved from <http://hdl.handle.net/102.100.100/314102?index=1>
- Cardoso, J. de F., Casarotto Filho, N., & Cauchick Miguel, P. A. (2015). Application of Quality Function Deployment for the development of an organic product. *Food Quality and Preference*, *40*(PA), 180–190. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2014.09.012>
- Centers for Disease Control and prevention. (2020). Four steps to food safety: clean, separate, cook, chill. Retrieved April 6, 2022, from <https://www.cdc.gov/foodsafety/keep-food-safe.html>
- Chan, L.-K., & Wu, M.-L. (2002). Quality function deployment: A literature review. *European Journal of Operational Research*, *143*(3), 463–497. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(02\)00178-9](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(02)00178-9)
- Chen, J. (2009). Food oral processing—A review. *Food Hydrocolloids*, *23*(1), 1–25. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2007.11.013>
- Chen, J. (2014). Food oral processing: Some important underpinning principles of eating and sensory perception. *Food Structure*, *1*(2), 91–105. <https://doi.org/10.1016/j.foostr.2014.03.001>
- Chen, J., & Lolivret, L. (2011). The determining role of bolus rheology in triggering a swallowing. *Food Hydrocolloids*, *25*(3), 325–332. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2010.06.010>
- Civille, G. V., Carr, B. T., & Meilgaard, M. (2015). *Sensory Evaluation Techniques, Fifth Edition*. Boca Raton: CRC Press. Retrieved from <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&scope=site&db=nlebk&db=nlabk&AN=1499589>
- Cornforth, D. (1994). *Color — its basis and importance BT - Quality Attributes and their Measurement in Meat, Poultry and Fish Products* (A. M. Pearson & T. R. Dutson, Eds.). Boston, MA: Springer US. https://doi.org/10.1007/978-1-4615-2167-9_2
- Costa, A. I. A., Dekker, M., & Jongen, 4.7 4 W M F. (2000). Quality function deployment in the food industry: a review. *Trends in Food Science & Technology*, *11*(9–10), 306–314. [https://doi.org/10.1016/S0924-2244\(01\)00002-4](https://doi.org/10.1016/S0924-2244(01)00002-4)

- Dai, Y., Miao, J., Yuan, S.-Z., Liu, Y., Li, X.-M., & Dai, R.-T. (2013). Colour and sarcoplasmic protein evaluation of pork following water bath and ohmic cooking. *Meat Science*, 93(4), 898–905. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.11.044>
- de Castro, N. T., de Lacerda, L., de Alencar, E. R., & Botelho, R. B. A. (2020). Is there a best technique to cook vegetables?—A study about physical and sensory aspects to stimulate their consumption. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 21, 100218. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2020.100218>
- De Huidobro, F. R., Miguel, E., Blázquez, B., & Onega, E. (2005). A comparison between two methods (Warner–Bratzler and texture profile analysis) for testing either raw meat or cooked meat. *Meat Science*, 69(3), 527–536. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2004.09.008>
- de Lavergne, M. D., Van De Velde, F., Van Boekel, M., & Stieger, M. (2015). Dynamic texture perception and oral processing of semi-solid food gels: Part 2: Impact of breakdown behaviour on bolus properties and dynamic texture perception. *Food Hydrocolloids*, 49, 61–72. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2015.02.037>
- de Wijk, R. A., Prinz, J. F., Engelen, L., & Weenen, H. (2004). The role of α -amylase in the perception of oral texture and flavour in custards. *Physiology & Behavior*, 83(1), 81–91. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2004.07.014>
- Đekić, I. V. (2010). *Metode poboljšanja sistema upravljanja bezbednošću i kvalitetom u proizvodnji hrane* (Prvo izdan; R. A. S. Radovanovic, Ed.). Beograd: Poljoprivredni fakultet Univerziteta u Beogradu.
- Diehl, K. C., & Hamann, D. D. (1980). Relationships between sensorz profile parameters and fundamental mechanical parameters for raw potatoes, melons and apples. *Journal of Texture Studies*, 10(4), 401–420. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4603.1980.tb00867.x>
- Djekic, I., Ilic, J., Lorenzo, J. M., & Tomasevic, I. (2021). How do culinary methods affect quality and oral processing characteristics of pork ham? *Journal of Texture Studies*, 52(1), 36–44. <https://doi.org/10.1111/jtxs.12557>
- Djekic, I., Lorenzo, J. M., Munekata, P. E. S., Gagaoua, M., & Tomasevic, I. (2021). Review on characteristics of trained sensory panels in food science. *Journal of Texture Studies*, 52(4), 501–509. <https://doi.org/10.1111/jtxs.12616>
- Djekic, I., Vunduk, J., Tomašević, I., Kozarski, M., Petrovic, P., Niksic, M., Pudja, P., Klaus, A. (2017). Total quality index of *Agaricus bisporus* mushrooms packed in modified atmosphere. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97(9), 3013–3021. <https://doi.org/10.1002/jsfa.8142>
- Donadini, G., Fumi, M. D., & Porretta, S. (2012). Influence of preparation method on the hedonic response of preschoolers to raw, boiled or oven-baked vegetables. *LWT-Food Science and Technology*, 49(2), 282–292. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2012.07.019>
- Du, C.-J., & Sun, D.-W. (2006). Automatic measurement of pores and porosity in pork ham and their correlations with processing time, water content and texture. *Meat Science*, 72(2), 294–302. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2005.07.016>
- Farooq, M., & Sazonov, E. (2016). Automatic measurement of chew count and chewing rate during food intake. *Electronics*, 5(4), 62. <https://doi.org/10.3390/electronics5040062>
- Fontijn-Tekamp, F. A., van der Bilt, A., Abbink, J. H., & Bosman, F. (2004). Swallowing threshold and masticatory performance in dentate adults. *Physiology & Behavior*, 83(3), 431–436. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2004.08.026>

- Forde, C. G., Van Kuijk, N., Thaler, T., De Graaf, C., & Martin, N. (2013). Oral processing characteristics of solid savoury meal components, and relationship with food composition, sensory attributes and expected satiation. *Appetite*, *60*, 208–219. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2012.09.015>
- Foster, K. D., Grigor, J. M. V., Cheong, J. N., Yoo, M. J. Y., Bronlund, J. E., & Morgenstern, M. P. (2011). The role of oral processing in dynamic sensory perception. *Journal of Food Science*, *76*(2), R49–R61. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2010.02029.x>
- Frank, D., Kaczmarska, K., Paterson, J., Piyasiri, U., & Warner, R. (2017). Effect of marbling on volatile generation, oral breakdown and in mouth flavor release of grilled beef. *Meat Science*, *133*, 61–68. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.06.006>
- Frank, O., Jezussek, M., & Hofmann, T. (2003). Sensory activity, chemical structure, and synthesis of Maillard generated bitter-tasting 1-oxo-2, 3-dihydro-1 H-indolizinium-6-olates. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *51*(9), 2693–2699. <https://doi.org/10.1021/jf026098d>
- Frecka, J. M., Hollis, J. H., & Mattes, R. D. (2008). Effects of appetite, BMI, food form and flavor on mastication: almonds as a test food. *European Journal of Clinical Nutrition*, *62*(10), 1231–1238. <https://doi.org/10.1038/sj.ejcn.1602838>
- Friedman, H. H., Whitney, J. E., & Szczesniak, A. S. (1963). The texturometer—a new instrument for objective texture measurement. *Journal of Food Science*, *28*(4), 390–396. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1963.tb00216.x>
- Funami, T. (2017). In vivo and rheological approaches for characterizing food oral processing and usefulness of polysaccharides as texture modifiers-A review. *Food Hydrocolloids*, *68*, 2–14. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2017.01.020>
- Gao, J., Wong, J. X., Lim, J. C.-S., Henry, J., & Zhou, W. (2015). Influence of bread structure on human oral processing. *Journal of Food Engineering*, *167*, 147–155. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2015.07.022>
- Garber, L. L., Hyatt, E. M., & Starr, R. G. (2000). The Effects of Food Color on Perceived Flavor. *Journal of Marketing Theory and Practice*, *8*(4), 59–72. <https://doi.org/10.1080/10696679.2000.11501880>
- García-Segovia, P., Andrés-Bello, A., & Martínez-Monzó, J. (2007). Effect of cooking method on mechanical properties, color and structure of beef muscle (*M. pectoralis*). *Journal of Food Engineering*, *80*(3), 813–821. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2006.07.010>
- Gürbüz, N., Uluişik, S., Frary, A., Frary, A., & Doğanlar, S. (2018). Health benefits and bioactive compounds of eggplant. *Food Chemistry*, *268*, 602–610. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.06.093>
- Han, M., & Bertram, H. C. (2017). Designing healthier comminuted meat products: Effect of dietary fibers on water distribution and texture of a fat-reduced meat model system. *Meat Science*, *133*, 159–165. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.07.001>
- Hennequin, M., Allison, P. J., Veyrone, J. L., Faye, M., & Peyron, M. (2005). Clinical evaluation of mastication: Validation of video versus electromyography. *Clinical Nutrition*, Vol. 24, pp. 314–320. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2004.11.010>
- Hill, B., Roger, T., & Vorhagen, F. W. (1997). Comparative analysis of the quantization of color spaces on the basis of the CIELAB color-difference formula. *ACM Transactions on Graphics (TOG)*, *16*(2), 109–154. <https://doi.org/10.1145/248210.248212>
- Hogenkamp, P. S., & Schiöth, H. B. (2013). Effect of oral processing behaviour on food intake and

- satiety. *Trends in Food Science & Technology*, 34(1), 67–75. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2013.08.010>
- Holt, J. E., & Schoorl, D. (1982). Mechanics of failure in fruits and vegetables. *Journal of Texture Studies*, 13(1), 83–96. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4603.1982.tb00879.x>
- Honikel, K. O. (1998). Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat. *Meat Science*, 49(4), 447–457. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(98\)00034-5](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(98)00034-5)
- Hughes, J. M., Oiseth, S. K., Purslow, P. P., & Warner, R. D. (2014). A structural approach to understanding the interactions between colour, water-holding capacity and tenderness. *Meat Science*, 98(3), 520–532. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.05.022>
- Hutchings, J. B., & Lillford, P. J. (1988). The perception of food texture—the philosophy of the breakdown path. *Journal of Texture Studies*, 19(2), 103–115. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4603.1988.tb00928.x>
- Ilić, J. G., Tomašević, I. B., & Đekić, I. V. (2019). Modelling solid food oral processing using quality function deployment. *Food and Feed Research*, 46(2), 227–234. <https://doi.org/10.5937/FFR1902227I>
- Ilic, J., Charalambides, M., Tomasevic, I., Bikos, D., Wood, J. D., & Djekic, I. (2019). Effect of the direction of m. psoas major fibres on the results of tensile test - Can we model meat as a material? *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 333(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/333/1/012063>
- Ilic, J., Tomasevic, I., & Djekic, I. (2021). Ease of mastication index – quantification of mastication effort using quality function deployment. *Journal of Texture Studies*, 52(4), 447–460. <https://doi.org/10.1111/jtxs.12621>
- International Organization for Standardization. (2004a). Sensory analysis—Methodology—Triangle test. *International Organization for Standardization Geneva*.
- International Organization for Standardization. (2004b). Sensory Analysis—Methodology—Sequential Analysis. *International Organization for Standardization Geneva*.
- International Organization for Standardization. (2008). Sensory analysis—vocabulary. *International Organization for Standardization Geneva*.
- Jalabert-Malbos, M.-L., Mishellany-Dutour, A., Woda, A., & Peyron, M.-A. (2007). Particle size distribution in the food bolus after mastication of natural foods. *Food Quality and Preference*, 18(5), 803–812. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2007.01.010>
- Jeong, K., Hyeonbin, O., Shin, S. Y., & Kim, Y.-S. (2018). Effects of sous-vide method at different temperatures, times and vacuum degrees on the quality, structural, and microbiological properties of pork ham. *Meat Science*, 143, 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.04.010>
- Jiménez-Monreal, A. M., García-Diz, L., Martínez-Tomé, M., Mariscal, M., & Murcia, M. A. (2009). Influence of cooking methods on antioxidant activity of vegetables. *Journal of Food Science*, 74(3), H97–H103. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2009.01091.x>
- Joubert, M., Septier, C., Brignot, H., Salles, C., Panouillé, M., Feron, G., & Tournier, C. (2017). Chewing bread: impact on alpha-amylase secretion and oral digestion. *Food & Function*, 8(2), 607–614. <https://doi.org/10.1039/C6FO00963H>
- Jourdren, S., Panouille, M., Saint-Eve, A., Deleris, I., Forest, D., Lejeune, P., & Souchon, I. (2016). Breakdown pathways during oral processing of different breads: impact of crumb and crust structures. *Food & Function*, 7(3), 1446–1457. <https://doi.org/10.1039/C5FO01286D>

- Kaur, L., Singh, N., Sodhi, N. S., & Gujral, H. S. (2002). Some properties of potatoes and their starches I. Cooking, textural and rheological properties of potatoes. *Food Chemistry*, *79*(2), 177–181. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(02\)00129-2](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(02)00129-2)
- Ketel, E. C., Aguayo-Mendoza, M. G., de Wijk, R. A., de Graaf, C., Piqueras-Fiszman, B., & Stieger, M. (2019). Age, gender, ethnicity and eating capability influence oral processing behaviour of liquid, semi-solid and solid foods differently. *Food Research International*, *119*, 143–151. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.01.048>
- Ketel, E. C., de Wijk, R. A., de Graaf, C., & Stieger, M. (2020). Relating oral physiology and anatomy of consumers varying in age, gender and ethnicity to food oral processing behavior. *Physiology & Behavior*, *215*, 112766. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2019.112766>
- Kim, G.-D., Jeong, J.-Y., Hur, S.-J., Yang, H.-S., Jeon, J.-T., & Joo, S.-T. (2010). The relationship between meat color (CIE L* and a*), myoglobin content, and their influence on muscle fiber characteristics and pork quality. *Food Science of Animal Resources*, *30*(4), 626–633. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2010.30.4.626>
- Kim, T.-K., Hwang, K.-E., Kim, Y.-B., Jeon, K.-H., Leem, K.-H., & Choi, Y.-S. (2018). Effects of pre-cooking methods on quality characteristics of reheated marinated pork loin. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, *38*(5), 970. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2018.e29>
- King, N. J., & Whyte, R. (2006). Does it look cooked? A review of factors that influence cooked meat color. *Journal of Food Science*, *71*(4), R31–R40. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2006.00029.x>
- Koç, H., Vinyard, C. J., Essick, G. K., & Foegeding, E. A. (2013). Food Oral Processing: Conversion of Food Structure to Textural Perception. *Annual Review of Food Science and Technology*, *4*(1), 237–266. <https://doi.org/10.1146/annurev-food-030212-182637>
- LaBorde, L. F., & von Elbe, J. H. (1994). Chlorophyll degradation and zinc complex formation with chlorophyll derivatives in heated green vegetables. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *42*(5), 1100–1103. Retrieved from <https://doi.org/10.1021/jf00041a010>
- Laguna, L., Sarkar, A., Artigas, G., & Chen, J. (2015). A quantitative assessment of the eating capability in the elderly individuals. *Physiology & Behavior*, *147*, 274–281. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2015.04.052>
- Lammers, M., Dietze, K., & Ternes, W. (2009). A comparison of the volatile profiles of frying European and Australian wild boar meat with industrial genotype pork by dynamic headspace-GC/MS analysis. *Journal of Muscle Foods*, *20*(3), 255–274. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4573.2009.00146.x>
- Larraín, R. E., Schaefer, D. M., & Reed, J. D. (2008). Use of digital images to estimate CIE color coordinates of beef. *Food Research International*, *41*(4), 380–385. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2008.01.002>
- Larsson, B. K., Sahlberg, G. P., Eriksson, A. T., & Busk, L. A. (1983). Polycyclic aromatic hydrocarbons in grilled food. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *31*(4), 867–873. <https://doi.org/10.1021/jf00118a049>
- Lassauzay, C., Peyron, M., Albuissou, E., Dransfield, E., & Woda, A. (2000). Variability of the masticatory process during chewing of elastic model foods. *European Journal of Oral Sciences*, *108*(6), 484–492. <https://doi.org/10.1034/j.1600-0722.2000.00866.x>
- Lenfant, F., Loret, C., Pineau, N., Hartmann, C., & Martin, N. (2009). Perception of oral food breakdown. The concept of sensory trajectory. *Appetite*, *52*(3), 659–667.

<https://doi.org/10.1016/j.appet.2009.03.003>

- Lillford, P J, Clark, A. H., & Jones, D. V. (1980). Distribution of water in heterogeneous food and model systems. In *Water in Polymers* (127th ed., pp. 177–195). ACS Publications. <https://doi.org/DOI:10.1021/bk-1980-0127.ch010>
- Lillford, Peter J. (2000). The materials science of eating and food breakdown. *Mrs Bulletin*, 25(12), 38–43. <https://doi.org/10.1557/mrs2000.252>
- Lillford, Peter J. (2011). The importance of food microstructure in fracture physics and texture perception. *Journal of Texture Studies*, 42(2), 130–136. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4603.2011.00293.x>
- Linforth, R. S. T., Pearson, K. S. K., & Taylor, A. J. (2007). In vivo flavor release from gelatin–sucrose gels containing droplets of flavor compounds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(19), 7859–7863.
- Lo Scalzo, R., Fibiani, M., Mennella, G., Rotino, G. L., Dal Sasso, M., Culici, M., Spallino, A., Braga, P. C. (2010). Thermal treatment of eggplant (*Solanum melongena* L.) increases the antioxidant content and the inhibitory effect on human neutrophil burst. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58(6), 3371–3379. Retrieved from <https://doi.org/10.1021/jf903881s>
- Lucas, P. W., & Luke, D. A. (1983). Methods for analysing the breakdown of food in human mastication. *Archives of Oral Biology*, 28(9), 813–819. [https://doi.org/10.1016/0003-9969\(83\)90037-7](https://doi.org/10.1016/0003-9969(83)90037-7)
- Lucas, P. W., Prinz, J. F., Agrawal, K. R., & Bruce, I. C. (2002). Food physics and oral physiology. *Food Quality and Preference*, 13(4), 203–213. [https://doi.org/10.1016/S0950-3293\(00\)00036-7](https://doi.org/10.1016/S0950-3293(00)00036-7)
- Lucas, P. W., Prinz, J. F., Agrawal, K. R., & Bruce, I. C. (2004). Food texture and its effect on ingestion, mastication and swallowing. *Journal of Texture Studies*, 35(2), 159–170. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4603.2004.tb00831.x>
- Maltin, C., Balcerzak, D., Tilley, R., & Delday, M. (2003). Determinants of meat quality: tenderness. *Proceedings of the Nutrition Society*, 62(2), 337–347. <https://doi.org/doi:10.1079/PNS2003248>
- McDonald, K., Sun, D.-W., & Kenny, T. (2000). Comparison of the Quality of Cooked Beef Products Cooled by Vacuum Cooling and by Conventional Cooling. *LWT - Food Science and Technology*, 33(1), 21–29. <https://doi.org/10.1006/fstl.1999.0603>
- Meeuwssen, S., Horgan, G. W., & Elia, M. (2010). The relationship between BMI and percent body fat, measured by bioelectrical impedance, in a large adult sample is curvilinear and influenced by age and sex. *Clinical Nutrition*, 29(5), 560–566. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2009.12.011>
- Miglio, C., Chiavaro, E., Visconti, A., Fogliano, V., & Pellegrini, N. (2008). Effects of different cooking methods on nutritional and physicochemical characteristics of selected vegetables. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(1), 139–147. <https://doi.org/10.1021/jf072304b>
- Mioche, L., Bourdiol, P., & Monier, S. (2003). Chewing behaviour and bolus formation during mastication of meat with different textures. *Archives of Oral Biology*, 48(3), 193–200. [https://doi.org/10.1016/S0003-9969\(03\)00002-5](https://doi.org/10.1016/S0003-9969(03)00002-5)
- Mioche, L., Bourdiol, P., Monier, S., & Martin, J.-F. (2002). The relationship between chewing activity and food bolus properties obtained from different meat textures. *Food Quality and Preference*, 13(7–8), 583–588. [https://doi.org/10.1016/S0950-3293\(02\)00056-3](https://doi.org/10.1016/S0950-3293(02)00056-3)
- Mokrzycki, W. S., & Tatol, M. (2011). Colour difference ΔE -A survey. *Machine Graphics and Vision*, 20(4), 383–411. Retrieved from

https://www.researchgate.net/publication/236023905_Color_difference_Delta_E_-_A_survey?enrichId=rgreq-ce9658614fb25815bf970c44ced9fba6-XXX&enrichSource=Y292ZXJQYWdlOzIzNjAyMzkwNTtBUzoxMDM5MTUyOTA4OTAyNTJAMTQwMTc4Njc0NTEyOQ%3D%3D&el=1_x_2&_esc=publicationC

- Muntean, E. (2005). Production of a Natural Food Coloring Extract from the Epicarp of Cucurbita Pepo L. Var. Giromontia Fruits. *Acta Chem. Cibiensis*, 8(2), 65–68.
- Neethling, J., Hoffman, L. C., & Muller, M. (2016). Factors influencing the flavour of game meat: A review. *Meat Science*, 113, 139–153. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2015.11.022>
- Ngapo, T. M., Riendeau, L., Laberge, C., Leblanc, D., & Fortin, J. (2012). “Chilled” pork—Part I: Sensory and physico-chemical quality. *Meat Science*, 92(4), 330–337. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.04.032>
- Nicolas, E., Veyrune, J.-L., Lassauzay, C., Peyron, M.-A., & Hennequin, M. (2007). Validation of video versus electromyography for chewing evaluation of the elderly wearing a complete denture. *Journal of Oral Rehabilitation*, 34(8), 566–571. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2842.2007.01696.x>
- Nieto, A. B., Vicente, S., Hodara, K., Castro, M. A., & Alzamora, S. M. (2013). Osmotic dehydration of apple: Influence of sugar and water activity on tissue structure, rheological properties and water mobility. *Journal of Food Engineering*, 119(1), 104–114.
- Nourian, F., Ramaswamy, H. S., & Kushalappa, A. C. (2003). Kinetic changes in cooking quality of potatoes stored at different temperatures. *Journal of Food Engineering*, 60(3), 257–266. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(03\)00046-3](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(03)00046-3)
- Paciulli, M., Ganino, T., Carini, E., Pellegrini, N., Pugliese, A., & Chiavaro, E. (2016). Effect of different cooking methods on structure and quality of industrially frozen carrots. *Journal of Food Science and Technology*, 53(5), 2443–2451. Retrieved from <https://doi.org/10.1007/s13197-016-2229-5>
- Paciulli, M., Ganino, T., Pellegrini, N., Rinaldi, M., Zaupa, M., Fabbri, A., & Chiavaro, E. (2015). Impact of the industrial freezing process on selected vegetables—Part I. Structure, texture and antioxidant capacity. *Food Research International*, 74, 329–337. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.04.019>
- Paiva, C. L., & Pinto, A. L. D. (2012). Employment of the Quality Function Deployment (QFD) method in the development of food products. In R. Z. Benjamin Valdez, Michael Schorr (Ed.), *Scientific, health and social aspects of the food industry* (pp. 339–462). Rijeka: InTech Rijeka.
- Palka, K. (1999). Changes in intramuscular connective tissue and collagen solubility of bovine m.semitendinosus during retorting. *Meat Science*, 53(3), 189–194. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(99\)00047-9](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(99)00047-9)
- Palka, K. (2003). The influence of post-mortem ageing and roasting on the microstructure, texture and collagen solubility of bovine semitendinosus muscle. *Meat Science*, 64(2), 191–198. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(02\)00179-1](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(02)00179-1)
- Palka, K., & Daun, H. (1999). Changes in texture, cooking losses, and myofibrillar structure of bovine M. semitendinosus during heating. *Meat Science*, 51(3), 237–243. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(98\)00119-3](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(98)00119-3)
- Panouillé, M, Saint-Eve, A., Déléris, I., Le Bleis, F., & Souchon, I. (2014). Oral processing and bolus properties drive the dynamics of salty and texture perceptions of bread. *Food Research International*, 62, 238–246. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.02.031>

- Panouillé, Maud, Saint-Eve, A., & Souchon, I. (2016). Instrumental methods for bolus characterization during oral processing to understand food perceptions. *Current Opinion in Food Science*, 9, 42–49. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2016.05.002>
- Park, S.-H., Ham, S., & Lee, M.-A. (2012). How to improve the promotion of Korean beef barbecue, bulgogi, for international customers. An application of quality function deployment. *Appetite*, 59(2), 324–332. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2012.05.008>
- Park, S., & Shin, W.-S. (2015). Differences in eating behaviors and masticatory performances by gender and obesity status. *Physiology & Behavior*, 138, 69–74. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2014.10.001>
- Pematilleke, N., Kaur, M., Adhikari, B., & Torley, P. (2020). Influence of meat texture on oral processing and bolus formation. *Journal of Food Engineering*, 283, 110038. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2020.110038>
- Petrovic, J. M., Prodanov-Radulovic, J. Z., & Mirceta, J. D. (2019). Wild boar meat safety. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 333(1), 12015. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/333/1/012015>
- Pineau, N., & Schlich, P. (2015). 13 - Temporal dominance of sensations (TDS) as a sensory profiling technique. In J. Delarue, J. Ben Lawlor, & M. B. T.-R. S. P. T. Rogeaux (Eds.), *Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition* (pp. 269–306). Woodhead Publishing. <https://doi.org/10.1533/9781782422587.2.269>
- Pineau, Nicolas, de Bouillé, A. G., Lepage, M., Lenfant, F., Schlich, P., Martin, N., & Rytz, A. (2012). Temporal dominance of sensations: What is a good attribute list? *Food Quality and Preference*, 26(2), 159–165. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2012.04.004>
- Pineau, Nicolas, Schlich, P., Cordelle, S., Mathonnière, C., Issanchou, S., Imbert, A., Rogeaux, M., Etiévant, P., Köster, E. (2009). Temporal Dominance of Sensations: Construction of the TDS curves and comparison with time–intensity. *Food Quality and Preference*, 20(6), 450–455. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2009.04.005>
- Poelman, A. A. M., Delahunty, C. M., & de Graaf, C. (2017). Vegetables and other core food groups: A comparison of key flavour and texture properties. *Food Quality and Preference*, 56, 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2016.09.004>
- Pomares-Viciano, T., Martínez-Valdivieso, D., Font, R., Gómez, P., & del Río-Celestino, M. (2018). Characterisation and prediction of carbohydrate content in zucchini fruit using near infrared spectroscopy. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98(5), 1703–1711. Retrieved from <https://doi.org/10.1002/jsfa.8642>
- Prestat, C., Jensen, J., McKeith, F. K., & Brewer, M. S. (2002). Cooking method and endpoint temperature effects on sensory and color characteristics of pumped pork loin chops. *Meat Science*, 60(4), 395–400. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(01\)00150-4](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(01)00150-4)
- Ramjan, M. D., & Ansari, M. T. (2018). Factors affecting of fruits, vegetables and its quality. *Journal of Medicinal Plants Studies*, 6, 16–18.
- Reeve, R. M. (1970). Relationships of histological structure to texture of fresh and processed fruits and vegetables. *Journal of Texture Studies*, 1(3), 247–284. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4603.1970.tb00730.x>
- Rizo, A., Peña, E., Alarcon-Rojo, A. D., Fiszman, S., & Tárrega, A. (2019). Relating texture perception of cooked ham to the bolus evolution in the mouth. *Food Research International*, 118, 4–12. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.02.073>

- Robinson, E., Almiron-Roig, E., Rutters, F., de Graaf, C., Forde, C. G., Tudur Smith, C., Nolan, S. J., Jebb, S. A. (2014). A systematic review and meta-analysis examining the effect of eating rate on energy intake and hunger. *The American Journal of Clinical Nutrition*, *100*(1), 123–151. <https://doi.org/10.3945/ajcn.113.081745>
- Roldán, M., Antequera, T., Martín, A., Mayoral, A. I., & Ruiz, J. (2013). Effect of different temperature–time combinations on physicochemical, microbiological, textural and structural features of sous-vide cooked lamb loins. *Meat Science*, *93*(3), 572–578. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.11.014>
- Rudra, S. G., Sarkar, B. C., & Shivhare, U. S. (2008). Thermal degradation kinetics of chlorophyll in pureed coriander leaves. *Food and Bioprocess Technology*, *1*(1), 91–99. Retrieved from <https://10.0.3.239/s11947-007-0016-z>
- Sahyoun, N. R., Zhang, X. L., & Serdula, M. K. (2006). Barriers to the consumption of fruits and vegetables among older adults. *Journal of Nutrition for the Elderly*, *24*(4), 5–21.
- Schwarz, M. W., Cowan, W. B., & Beatty, J. C. (1987). An experimental comparison of RGB, YIQ, LAB, HSV, and opponent color models. *ACM Transactions on Graphics (TOG)*, *6*(2), 123–158. <https://doi.org/10.1145/31336.31338>
- Shama, F., & Sherman, P. (1973). Identification of stimuli controlling the sensory evaluation of viscosity II. Oral methods. *Journal of Texture Studies*, *4*(1), 111–118. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4603.1973.tb00657.x>
- Silva, G. F. P., Pereira, E., Melgar, B., Stojković, D., Sokovic, M., Calhelha, R. C., Pereira, C., Abreu, R., Ferreira, I., Barros, L. (2021). Eggplant fruit (*Solanum melongena* L.) and bio-residues as a source of nutrients, bioactive compounds, and food colorants, using innovative food technologies. *Applied Sciences*, *11*(1), 151. Retrieved from <https://doi.org/10.3390/app11010151%0A>
- Singh, N., Kaur, L., Ezekiel, R., & Singh Guraya, H. (2005). Microstructural, cooking and textural characteristics of potato (*Solanum tuberosum* L) tubers in relation to physicochemical and functional properties of their flours. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *85*(8), 1275–1284. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2108>
- Starowicz, M., & Zieliński, H. (2019). How maillard reaction influences sensorial properties (color, flavor and texture) of food products? *Food Reviews International*, *35*(8), 707–725. <https://doi.org/10.1080/87559129.2019.1600538>
- Stokes, J. R., Boehm, M. W., & Baier, S. K. (2013). Oral processing, texture and mouthfeel: From rheology to tribology and beyond. *Current Opinion in Colloid & Interface Science*, *18*(4), 349–359. <https://doi.org/10.1016/j.cocis.2013.04.010>
- Suleman, R., Hui, T., Wang, Z., Liu, H., & Zhang, D. (2020). Comparative analysis of charcoal grilling, infrared grilling and superheated steam roasting on the colour, textural quality and heterocyclic aromatic amines of lamb patties. *International Journal of Food Science & Technology*, *55*(3), 1057–1068. <https://doi.org/10.1111/ijfs.14388>
- Suman, S P, & Joseph, P. (2014). *Chemical and physical characteristics of meat | Color and Pigment* (M. Dikeman & C. B. T.-E. of M. S. (Second E. Devine, Eds.). Oxford: Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384731-7.00084-2>
- Suman, Surendranath P, Nair, M. N., Joseph, P., & Hunt, M. C. (2016). Factors influencing internal color of cooked meats. *Meat Science*, *120*, 133–144. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.04.006>

- Tijskens, L. M. M., Schijvens, E., & Biekman, E. S. A. (2001). Modelling the change in colour of broccoli and green beans during blanching. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 2(4), 303–313. Retrieved from [https://doi.org/10.1016/S1466-8564\(01\)00045-5](https://doi.org/10.1016/S1466-8564(01)00045-5)
- Tomasevic, I., Djekic, I., Font-i-Furnols, M., Terjung, N., & Lorenzo, J. M. (2021). Recent advances in meat color research. *Current Opinion in Food Science*, 41, 81–87. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2021.02.012>
- Tomasevic, I., Tomovic, V., Milovanovic, B., Lorenzo, J., Đorđević, V., Karabasil, N., & Djekic, I. (2019). Comparison of a computer vision system vs. traditional colorimeter for color evaluation of meat products with various physical properties. *Meat Science*, 148, 5–12. <https://doi.org/doi:10.1016/j.meatsci.2018.09.015>
- Tornberg, E., Andersson, K., & Josell, A. (1997). The rheological properties of whole and minced meat during cooking as related to sensory and structural characteristics. *Proceedings of the 1st International Symposium on Food Rheology and Structure*, 16–20.
- Torrico, D. D., Hutchings, S. C., Ha, M., Bittner, E. P., Fuentes, S., Warner, R. D., & Dunshea, F. R. (2018). Novel techniques to understand consumer responses towards food products: A review with a focus on meat. *Meat Science*, 144, 30–42. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.06.006>
- van der Glas, H. W., Liu, T., Zhang, Y., Wang, X., & Chen, J. (2020). Optimizing a determination of chewing efficiency using a solid test food. *Journal of Texture Studies*, 51(1), 169–184. <https://doi.org/10.1111/jtxs.12477>
- van Eck, A., Fogliano, V., Galindo-Cuspinera, V., Scholten, E., & Stieger, M. (2019). Adding condiments to foods: How does static and dynamic sensory perception change when bread and carrots are consumed with mayonnaise? *Food Quality and Preference*, 73, 154–170. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2018.11.013>
- Van Eck, A., Wijne, C., Fogliano, V., Stieger, M., & Scholten, E. (2019). Shape up! How shape, size and addition of condiments influence eating behavior towards vegetables. *Food & Function*, 10(9), 5739–5751. <https://doi.org/DOI:10.1039/C9FO01206K>
- Veyrone, J., & Mioche, L. (2000). Complete denture wearers: electromyography of mastication and texture perception whilst eating meat. *European Journal of Oral Sciences*, 108(2), 83–92. <https://doi.org/10.1034/j.1600-0722.2000.90780.x>
- Viné, T., Flick, D., Bernuau, E., & Broyart, B. (2020). Experimental and numerical study of heat and mass transfer during contact heating of sliced potatoes. *Journal of Food Engineering*, 275, 109868. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2019.109868>
- Wang, X., & Chen, J. (2017). Food oral processing: Recent developments and challenges. *Current Opinion in Colloid & Interface Science*, 28, 22–30. <https://doi.org/10.1016/j.cocis.2017.01.001>
- Warren, D. S., & Woodman, J. S. (1974). The texture of cooked potatoes: A review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 25(2), 129–138. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2740250204>
- Watanabe, G., Motoyama, M., Orita, K., Takita, K., Aonuma, T., Nakajima, I., Tajima, A., Abe, A., Sasaki, K. (2019). Assessment of the dynamics of sensory perception of Wagyu beef strip loin prepared with different cooking methods and fattening periods using the temporal dominance of sensations. *Food Science & Nutrition*, 7(11), 3538–3548. <https://doi.org/10.1002/fsn3.1205>
- Winger, R. J., & Hagyard, C. J. (1994). Juiciness—its importance and some contributing factors. In *Quality attributes and their measurement in meat, poultry and fish products* (pp. 94–124). Boston, MA: Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4615-2167-9_4
- Witt, T., & Stokes, J. R. (2015). Physics of food structure breakdown and bolus formation during oral

processing of hard and soft solids. *Current Opinion in Food Science*, 3, 110–117. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2015.06.011>

Wu, D., & Sun, D.-W. (2013). Colour measurements by computer vision for food quality control – A review. *Trends in Food Science & Technology*, 29(1), 5–20. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2012.08.004>

Wyszecki, G., & Stiles, W. S. (1982). *Color science* (Vol. 8). Wiley New York.

Yang, Y., Achaerandio, I., & Pujolà, M. (2016). Effect of the intensity of cooking methods on the nutritional and physical properties of potato tubers. *Food Chemistry*, 197, 1301–1310. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.11.028>

Yven, C., Culioli, J., & Mioche, L. (2005). Meat bolus properties in relation with meat texture and chewing context. *Meat Science*, 70(2), 365–371. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2005.02.002>

Zaro, M. J., Ortiz, L. C., Keunchkarian, S., Chaves, A. R., Vicente, A. R., & Concellón, A. (2015). Chlorogenic acid retention in white and purple eggplant after processing and cooking. *LWT-Food Science and Technology*, 64(2), 802–808. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.06.061>

Zhang, M., & Chen, D. (2006). Effects of low temperature soaking on color and texture of green eggplants. *Journal of Food Engineering*, 74(1), 54–59. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2005.02.015>

PRILOZI

Prilog 1 – Upitnik kriterijuma za učestvovanje ispitanika u ispitivanju oralnog procesiranja

UPITNIK ZA SELEKCIJU ISPITANIKA U ISPITIVANJU ORALNOG PROCESIRANJA¹

Ovaj upitnik je deo istraživanja koje se odnosi na oralno procesiranje čvrste hrane. Za bolje razumevanje značenja oralnog procesiranja, pogledajte definiciju na dnu ove strane. Rezultati ove ankete imaju isključivo naučno-istraživačku svrhu. Anketa je anonimna. Učešće u ovoj anketi je dobrovoljno i svi podaci su poverljivi.

Hvala Vam unapred na saradnji. Bez Vas ovo istraživanje ne bi moglo biti realizovano.

Zapamtite, nema dobrih i loših odgovora i zato slobodno odgovorite na sva pitanja.

Popunjavanje anketar

Broj upitnika			
Datum		Mesto anketiranja	

I. DEMOGRAFSKI PODACI

Demografski podaci služe samo za dalju interpretaciju rezultata i strogo su poverljivi. (Popuniti tako što se stavi „X“ ili tako što se napiše odgovor u odgovarajući predviđeni prostor).

1. Starost: Godina

2. Pol: ₁ Ženski
₂ Muški

II. ELIMINACIONI KRITERIJUMI

3. Prema Vašim saznanjima, koje ste visine i težine?

Visina: Centimetara

Težina: Kilograma

4. Da li praktikujete neki poseban režim ishrane?

₁ Vegetarijanac

₂ Vegan

₃ Ishrana isključivo sirovom (termički ne tretiranom) hranom

₄ Religiozna (verska) ograničenja Koja
?

₅ Drugo Šta?

₆ Ja se hranim po opštem režimu ishrane, bez ograničenja

5. Da li imate neka od hroničnih oboljenja koja mogu uticati na vašu ishranu?

₁ Kardiovaskularna oboljenja ₂ Dijabetes ₃ Povišeni holesterol

₄ Arterijska hipertenzija ₅ Poremećaji želuca ₆ Poremećaji creva

₇ Gojaznost ₈ Ostalo Šta?

6. Da li patite od alergija / intolerancija (možete izabrati više odgovora)?

₁ Intolerancija na laktozu ₂ Kazein ₃ Orasi i orašasto voće

¹ Oralno procesiranje hrane obuhvata sve aktivnosti koje izvodimo pri konzumiranju hrane. Među tim aktivnostima su prvi zagrižaj, žvakanje, transport hrane u usnoj duplji i gutanje. Oralno procesiranje može uticati na način na koji doživljavamo teksturu hrane, na primer, koliko je hrana tvrda, odnosno koliko treba jako da zagrizemo da bi smo odlomili ili otkinuli komad hrane. Oralno procesiranje takođe može uticati na doživljaj više drugih h karakteristika hrane.

- ₄ Gluten ₅ Školjke ₆ Ostalo šta?
7. **Da li ste ikada u svom životu imali neke od problema sa ishranom?**
- ₁ Bulimija² ₂ Anoreksija nervoza³ ₃ Opsesivno prejedanje
- ₄ Nikada nisam imao/la poremećaje sa ishranom ₅ Ostalo šta?
8. **Da li u toku konzumiranja hrane osećate akutnu bol?**
- ₁ Nikada ₂ Sporadično (retko) ₃ Uvek ili skoro uvek
9. **Da li u toku konzumiranja hrane čujete zvukove koji nastaju kao posledica pokretanja vilica?**
- ₁ Nikada ₂ Sporadično (retko) ₃ Uvek ili skoro uvek
10. **Da li ste bili ili ste trenutno korisnik ortodontskog aparata (proteze) za korekciju nepravilnosti zuba i/ili vilica?**
- ₁ Nikada nisam bio/la ₂ Proteza je skinuta pre ₃ Proteza je skinuta pre
korisnik manje od šest meseci više od 6 meseci
- ₄ Trenutno nosim protezu
11. **Da li trenutno imate poteškoća u konzumiranju hrane zbog nekog od navedenih faktora (moguće je označiti više odgovora)?**
- ₁ Povreda usne i/ili usne šupljine ₂ Karijes zuba i/ili druga oboljenja zuba
- ₃ Upala desni i/ili druge bolesti desni ₄ Infekcije i/ili rane
- ₅ Osetljivost na promenu temperature ₆ Nemam poteškoća
- ₇ Ostalo šta?
12. **Označite kada ste imali poslednju stomatološku intervenciju.**
- ₁ U proteklih nedelju dana ₂ U proteklih mesec dana
- ₃ U prethodna tri meseca ₄ U prethodnih šest meseci
- ₅ U prethodnom periodu dužem od 6 meseci ₆ Nikada nisam imao/la stomatološku intervenciju

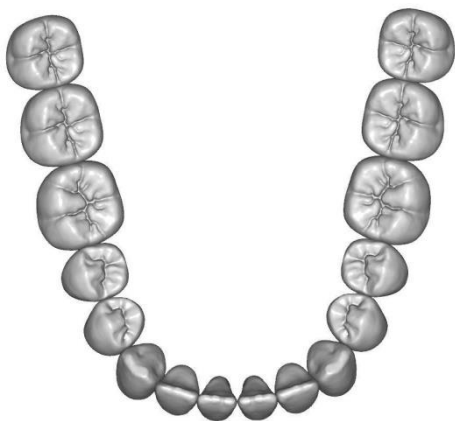
² **Bulimija** je patološka potreba za hranom, nekontrolisana proždrljivost, praćena osećajem nezasite gladi.

³ **Anoreksija nervoza** je poremećaj u ishrani koji karakteriše niska telesna težina i opsesivni strah od gojenja.

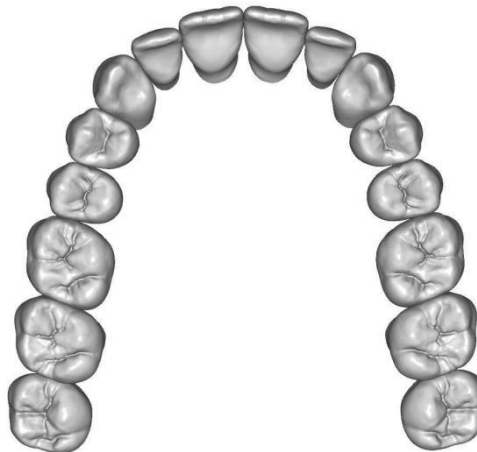
13. Na sledećim fotografijama su prikazane gornja i donja vilica. Znakom „X“ precrtajte ZUBE KOJI VAM NEDOSTAJU. Ukoliko na nekim mestima imate implante (veštačke zube) nemojte ih precrtavati.

₁ Imam sve PRIRODNE zube na donjoj vilici ₂ Imam sve PRIRODNE zube na gornjoj vilici

Slika DONJE vilice

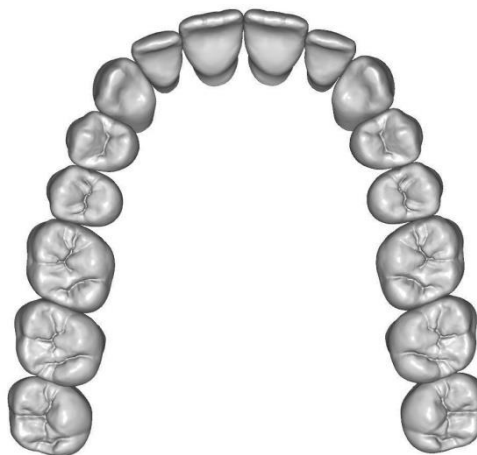


Slika GORNJE vilice



14. Na sledećim fotografijama su prikazane gornja i donja vilica. Znakom „X“ precrtajte samo IMPLANTE, odnosno veštačke zube.

₁ Imam sve VEŠTAČKE zube na donjoj vilici ₂ Imam sve VEŠTAČKE zube na gornjoj vilici



Da bi ste odgovorili na sledeća pitanja, stavite znak „X“ na datim skalama. Na primer, stavite „X“ bliže levom kraju skale ukoliko imate manjih problema, na sredini skale ukoliko je problem umeren, i na desnoj polovini skale ukoliko imate ozbiljnih poteškoća. Ukoliko uopšte nemate poteškoća u vezi sa postavljenim pitanjem, znak „X“ stavite na krajnjem levom kraju skale, i suprotno.

15. Da li u sadašnjosti imate poteškoća sa gutanjem?
 Nemam nikakvih poteškoća Uopšte ne mogu da gutam
- +-----+
16. Koliko poteškoća imate pri gutanju **RETКИH** tečnosti (npr.: čaj, bezalkoholno piće, pivo, kafa)?
 Nemam nikakvih poteškoća Uopšte ne mogu da gutam
- +-----+
17. Koliko poteškoća imate pri gutanju **GUSTIH** tečnosti (npr.: milkšejk, krem čorba, jogurt)?
 Nemam nikakvih poteškoća Uopšte ne mogu da gutam
- +-----+
18. Koliko poteškoća imate pri gutanju **MEKE** hrane (npr.: kajgana, krompir pire, voćna kaša)?
 Nemam nikakvih poteškoća Uopšte ne mogu da gutam
- +-----+
19. Koliko poteškoća imate pri gutanju **TVRDE** hrane (npr.: šnicla, sveža jabuka, sirova šargarepa)?
 Nemam nikakvih poteškoća Uopšte ne mogu da gutam
- +-----+
20. Koliko poteškoća imate pri gutanju **SUVE** hrane (npr.: hleb, biskviti, lešnici)?
 Nemam nikakvih poteškoća Uopšte ne mogu da gutam
- +-----+
21. Da li imate poteškoća pri gutanju **sopstvene salive** (pljuvačke)?
 Nemam nikakvih poteškoća Uopšte ne mogu da gutam
- +-----+
22. Da li imate bilo kakvih poteškoća sa **otpočinjanjem gutanja**?
 Nemam nikakvih poteškoća Uopšte ne mogu da gutam
- +-----+
23. Da li ikada imate **osećaj** da Vam se **hrana zaglavi** u grlu kada gutate?
 Nikada se ne dešava Dešava se uvek kada gutam
- +-----+
24. Da li se ikada **zakašljete ili zagrcnete** kada gutate **čvrstu hranu** (npr.: hleb, meso ili voće)?
 Nikada se ne dešava Dešava se uvek kada gutam
- +-----+

25. Da li se ikada **zakašljete ili zagrcnete** kada gutate **tečnosti** (npr.: kafu, čaj, meso ili pivo)?
 Nikada se ne dešava Dešava se uvek kada gutam
26. Koliko Vam je vremena potrebno da konzumirate jedan prosečan obrok? (**Označiti samo jedan odgovor**).
₁ Manje od 15 minuta ₂ Između 15 i 30 minuta ₃ Između 30 i 45 minuta
₄ Između 45 i 60 minuta ₅ Više od sat vremena ₆ Ne mogu da gutam uopšte
27. Kada gutate, da li se dešava da hrana ili tečnost **Krenu nazad kroz Vaš nos ili Vam izađu na nos?**
 Nikada se ne dešava Dešava se uvek kada gutam
28. Da li Vam je ikada potrebno **više od jednog gutljaja** da bi ste progutali zalogaj?
 Nikada se ne dešava Dešava se uvek kada gutam
29. Da li ikada **iskašljete ili ispljunete** hranu ili tečnost u toku obroka?
 Nikada se ne dešava Dešava se uvek kada gutam
30. Kako bi ste ocenili **ozbiljnost problema u vezi sa Vašim gutanjem sada?**
 Nemam problem Izuzetno veliki problem
31. **Koliko** Vaš problem sa gutanjem utiče na Vaše uživanje ili kvalitet života?
 Ne utiče uopšte Utiče ekstremno

Prilog 2 – Upitnik za razumevanje stavova potrošača o oralnom procesiranju čvrste hrane

RAZUMEVANJE PERCEPCIJA POTROŠAČA O ORALNOM PROCESIRANJU ČVRSTE HRANE¹

Ovaj upitnik je deo istraživanja koji se odnosi na razumevanje zahteva potrošača po pitanjima oralnog procesiranja i percepcije kvaliteta čvrste hrane. Za bolje razumevanje značenja oralnog procesiranja pogledajte definiciju na dnu ove strane. Rezultati ove ankete imaju isključivo naučno-istraživačku svrhu. Anketa je anonimna. Učešće u istraživanju je dobrovoljno i svi podaci su strogo poverljivi.

Hvala Vam unapred na saradnji, bez Vas ovo istraživanje ne bi moglo biti realizovano.

Zapamtite, nema dobrih i loših odgovora, i zato slobodno odgovorite na sva pitanja.

POPUNJAVA ANKETAR

Broj upitnika			
Datim		Mesto anketiranja	

I. DEMOGRAFSKI PODACI

Zahtevani demografski podaci služe samo za dalju interpretaciju rezultata i strogo su poverljivi. (Popuniti tako što se stavi znak „X“ ili tako što se upiše odgovor u predviđeni prostor).

- 1. Starost:** godina
- 2. Pol:** ₁ Ženski ₂ Muški
- 3. Nivo obrazovanja:**
₂ Srednje obrazovanje
₃ Student
₄ Diploma više (visoke) škole ili fakulteta
₅ Master / Magistar / Doktor nauka

II. ISPITIVANJE PERCEPCIJA ORALNOG PROCESIRANJA

4. Kada sam gladan(a):

	Uopšte se ne slažem	Ne slažem se	Nemam stav	Slažem se	Veoma se slažem
Uzimam veće zalogaje:	<input type="checkbox"/> ₁	<input type="checkbox"/> ₂	<input type="checkbox"/> ₃	<input type="checkbox"/> ₄	<input type="checkbox"/> ₅
Žvaćem brže:	<input type="checkbox"/> ₁	<input type="checkbox"/> ₂	<input type="checkbox"/> ₃	<input type="checkbox"/> ₄	<input type="checkbox"/> ₅
Jedem više:	<input type="checkbox"/> ₁	<input type="checkbox"/> ₂	<input type="checkbox"/> ₃	<input type="checkbox"/> ₄	<input type="checkbox"/> ₅
Imam intenzivnije pokrete vilice i jezika:	<input type="checkbox"/> ₁	<input type="checkbox"/> ₂	<input type="checkbox"/> ₃	<input type="checkbox"/> ₄	<input type="checkbox"/> ₅

Kada konzumiram hranu u kojoj uživam (koja mi se sviđa), onda:

Uzimam veće zalogaje:	<input type="checkbox"/> ₁	<input type="checkbox"/> ₂	<input type="checkbox"/> ₃	<input type="checkbox"/> ₄	<input type="checkbox"/> ₅
Žvaćem brže:	<input type="checkbox"/> ₁	<input type="checkbox"/> ₂	<input type="checkbox"/> ₃	<input type="checkbox"/> ₄	<input type="checkbox"/> ₅
Jedem više:	<input type="checkbox"/> ₁	<input type="checkbox"/> ₂	<input type="checkbox"/> ₃	<input type="checkbox"/> ₄	<input type="checkbox"/> ₅
Imam intenzivnije pokrete vilice i jezika:	<input type="checkbox"/> ₁	<input type="checkbox"/> ₂	<input type="checkbox"/> ₃	<input type="checkbox"/> ₄	<input type="checkbox"/> ₅

¹ Oralno procesiranje hrane obuhvata sve aktivnosti koje izvodimo pri konzumiranju hrane. Među tim aktivnostima su prvi zagrižaj, žvakanje, transport hrane u usnoj duplji i gutanje. Oralno procesiranje može uticati na način na koji doživljavamo teksturu hrane, na primer, koliko je hrana tvrda, odnosno koliko treba jako da zagrizemo da bi smo odlomili ili otkinuli komad hrane. Oralno procesiranje takođe može uticati na doživljaj više drugih karakteristika hrane.

5. Rangirajte sledeće karakteristike oralnog procesiranja ČVRSTE HRANE (hrana koja zahteva žvakanje) šrema nivou značajnosti koje one imaju za Vas (1 - „najmanje važno“, 5 - „najvažnije“).

Proizvod se lako lomi (ili kida) sa prvim zagrižajem

Proizvod je lako žvakati

Proizvod ne zahteva jake zagrižaje (jako pritiskanje vilicom)

Nije potrebno previše vremena da se sažvaće zalogaj

Proizvod ne suši unutrašnjost usne duplje (ne zahteva previše salive/pljuvačke da se sažvaće)

BIOGRAFIJA KANDIDATA

Jovan Ilić je završio srednju Hemijsko-tehničku školu u Vranju 2012. godine, sa prosekom 5,0. Poljoprivredni fakultet u Zemunu, smer prehrambena tehnologija, mogul: upravljanje bezbednošću i kvalitetom u proizvodnji hrane je upisao iste godine. Diplomirao je četiri godine kasnije, 21.09.2016. odbranom završnog rada pod naslovom „Primena sedam alata kvaliteta u proizvodnji flaširane vode“, pod mentorstvom profesora Ilije Đekića. Godinu dana kasnije je završio i master studije, odbranom završnog rada „Primena QFD za ocenu kvaliteta jabuke sušene različitim tretmanima u toku roka trajanja“. Jovan se takođe usavršavao na stručnim praksama u firmama EkoLab, BiVoda, Frikom i Desing.

U toku doktorskih studija je posetio Imperial Koledž u Londonu, u okviru kraćeg naučno-istraživačkog boravka. Takođe, sa istim ciljem je posetio i Univerzitet u Lublinu. Učestvovao je na tri međunarodne konferencije, pri čemu je na dve imao usmenu prezentaciju. U junu 2021. godine je na Poljoprivrednom fakultetu u Zemunu izabran u zvanje istraživača saradnika.

Izjava o autorstvu

Ime i prezime autora: Jovan Ilić

Broj indeksa: TH170008

Izjavljujem

da je doktorska disertacija pod naslovom:

Uticaj različitih kulinarskih metoda na parametre oralnog procesiranja hrane

- rezultat sopstvenog istraživačkog rada;
- da disertacija u celini ni u delovima nije bila predložena za sticanje druge diplome prema studijskim programima drugih visokoškolskih ustanova;
- da su rezultati korektno navedeni i
- da nisam kršio autorska prava i koristio intelektualnu svojinu drugih lica.

Potpis autora

U Beogradu, _____

Izjava o istovetnosti štampane i elektronske verzije doktorskog rada

Ime i prezime autora: Jovan Ilić

Broj indeksa: TH170008

Studijski program: Prehrambena tehnologija

Naslov rada: Uticaj različitih kulinarskih metoda na parametre oralnog procesiranja hrane

Mentor 1: dr Ilija Đekić, redovni profesor

Mentor 2: dr Igor Tomašević, redovni profesor

Izjavljujem da je štampana verzija mog doktorskog rada istovetna elektronskoj verziji koju sam predao radi pohranjenja u **Digitalnom repozitorijumu Univerziteta u Beogradu**.

Dozvoljavam da se objave moji lični podaci vezani za dobijanje akademskog naziva doktora nauka, kao što su ime i prezime, godina i mesto rođenja i datum odbrane rada.

Ovi lični podaci mogu se objaviti na mrežnim stranicama digitalne biblioteke, u elektronskom katalogu i u publikacijama Univerziteta u Beogradu.

Potpis autora

U Beogradu, _____

Izjava o korišćenju

Ovlašćujem Univerzitetsku biblioteku „Svetozar Marković“ da u Digitalni repozitorijum Univerziteta u Beogradu unese moju doktorsku disertaciju pod naslovom:

Uticaj različitih kulinarskih metoda na parametre oralnog procesiranja hrane

koja je moje autorsko delo.

Disertaciju sa svim priložima predao sam u elektronskom formatu pogodnom za trajno arhiviranje.

Moju doktorsku disertaciju pohranjenu u Digitalnom repozitorijumu Univerziteta u Beogradu i dostupnu u otvorenom pristupu mogu da koriste svi koji poštuju odredbe sadržane u odabranom tipu licence Kreativne zajednice (Creative Commons) za koju sam se odlučila.

1. Autorstvo (CC BY)
2. Autorstvo – nekomercijalno (CC BY-NC)
3. Autorstvo – nekomercijalno – bez prerada (CC BY-NC-ND)
4. Autorstvo – nekomercijalno – deliti pod istim uslovima (CC BY-NC-SA)
5. Autorstvo – bez prerada (CC BY-ND)
6. Autorstvo – deliti pod istim uslovima (CC BY-SA)

Potpis autora

U Beogradu, _____

1. Autorstvo. Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, i prerade, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence, čak i u komercijalne svrhe, Ovo je najslobodnija od svih licenci.

2. Autorstvo – nekomercijalno. Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, i prerade, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence, Ova licenca ne dozvoljava komercijalnu upotrebu dela.
3. Autorstvo – nekomercijalno – bez prerada. Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, bez promena, preoblikovanja ili upotrebe dela u svom delu, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence. Ova licenca ne dozvoljava komercijalnu upotrebu dela. U odnosu na sve ostale licence, ovom licencom se ograničava najveći obim prava korišćenja dela.
4. Autorstvo – nekomercijalno – deliti pod istim uslovima. Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, i prerade, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence i ako se prerada distribuira pod istom ili sličnom licencom. Ova licenca ne dozvoljava komercijalnu upotrebu dela i prerada.
5. Autorstvo – bez prerada. Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, bez promena, preoblikovanja ili upotrebe dela u svom delu, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence. Ova licenca dozvoljava komercijalnu upotrebu dela.
6. Autorstvo – deliti pod istim uslovima. Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, i prerade, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence i ako se prerada distribuira pod istom ili sličnom licencom. Ova licenca dozvoljava komercijalnu upotrebu dela i prerada. Slična je softverskim licencama, odnosno licencama otvorenog koda.