

# Utjecaj visokog hidrostatskog tlaka na senzorska svojstva soka od jabuke

---

Komljenović, Anamaria

Undergraduate thesis / Završni rad

2018

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Food Technology and Biotechnology / Sveučilište u Zagrebu, Prehrambeno-biotehnološki fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:159:344175>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-07-23**



*Repository / Repozitorij:*

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



**Sveučilište u Zagrebu  
Prehrambeno-biotehnološki fakultet  
Preddiplomski studij Nutricionizam**

**Anamaria Komljenović**

6961/N

**UTJECAJ VISOKOG HIDROSTATOG TLAKA NA  
SENZORSKA SVOJSTVA SOKA OD JABUKE**

**ZAVRŠNI RAD**

**Naziv znanstveno-istraživačkog ili stručnog projekta:** Primjena visokog hidrostatskog tlaka u proizvodnji funkcionalnih sokova na bazi voća i povrća (IP-2016-06-4006)

**Mentor:** Doc. dr. sc. Danijela Bursać Kovačević

**Zagreb, 2018.**

## TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Završni rad

**Sveučilište u Zagrebu**  
**Prehrambeno-biotehnološki fakultet**  
**Preddiplomski studij Nutricionizam**

**Zavod za prehrambeno-tehnološko inženjerstvo**  
**Laboratorij za procese konzerviranja i preradu voća i povrća**

**Znanstveno područje: Biotehničke znanosti**  
**Znanstveno polje: Prehrambena tehnologija**

### **Utjecaj visokog hidrostatskog tlaka na senzorska svojstva soka od jabuke**

*Anamaria Komljenović, 0058205586*

**Sažetak:** Jabuka se ubraja u omiljenu voćnu vrstu, a najpopularniji proizvod od jabuka je voćni sok. Ovisno o tehnologiji proizvodnje, može biti bistri ili mutni, a mutnim sokovima potrošači sve više daju prednost, obzirom u odnosu na bistre, sadržavaju značajno veće koncentracije pektinskih tvari, za koje su dokazani pozitivni zdravstveni učinci. U svrhu osiguranja kvalitete i produženog roka trajanja sokovi se termički obrađuju pasterizacijom uz primjenu povišenih temperatura, a istraživanja pokazuju da se tako mogu značajno narušiti neka biološka, a posebice senzorska svojstva proizvoda. U novije vrijeme sve više se ispituje primjena netoplinskih metoda obrade namirnica poput tehnologije visokog hidrostatskog tlaka (VHT) koja zahvaljujući letalnom učinku na mikroorganizme značajno produžuje rok trajanja uz minimalan utjecaj na nutritivna i senzorska obilježja. Stoga, cilj ovog rada bio je detaljnim pregledom literature istražiti rezultate znanstvenih studija sa temom utjecaja VHT tehnologije na senzorska svojstva bistrh i mutnih sokova od jabuke.

**Ključne riječi:** jabuka, sok, visoki hidrostatski tlak, senzorska svojstva

**Rad sadrži:** 21 stranica, 4 slika, 1 tablica, 53 literaturnih navoda

**Jezik izvornika:** hrvatski

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

**Mentor:** doc. dr. sc. Danijela Bursać Kovačević

**Pomoć pri izradi:** doc. dr. sc. Danijela Bursać Kovačević

**Datum obrane:** 9. srpnja, 2018.

## BASIC DOCUMENTATION CARD

Bachelor thesis

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

**Department of Food Engineering**  
**Laboratory for Technology of Fruits and Vegetables Preservation and Processing**

**Scientific area: Biotechnical Sciences**  
**Scientific field: Food Technology**

### **Effects of high hydrostatic pressure (HHP) on sensory characteristics of apple juice**

*Anamaria Komljenović, 0058205586*

**Abstract:** Apples are some of the most popular fruits, while the apple juice is the most commonly consumed fruit juice. With respect to processing technology, apple juices can be classified into clear and cloudy juices. The vast majority of consumers preferred cloudy apple juices due to higher content of dietary fibers and their proved health benefits. Generally, thermal processing (e.g. pasteurization) of fruit juices ensure their quality and effective microbial inactivation. However, the application of elevated temperatures could have negative impact on the nutritive and sensory quality of the product. In a line with this, a novel non-thermal technologies such as High Pressure Processing (HPP), is increasingly being explored. This novel technology has great potential in the food industry for both, improving food safety and extending product shelf life with minimal impact on the nutritive and sensory characteristics of food. Therefore, the aim of this study was to review the impact of HPP technology on sensory characteristics of apple juice.

**Keywords:** apple, juice, High Pressure Processing, sensory

**Thesis contains:** 21 pages, 4 figures, 1 table, 53 references

**Original in:** Croatian

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

**Mentor:** PhD Danijela Bursać Kovačević, Assistant professor

**Technical support and assistance:** PhD Danijela Bursać Kovačević, Assistant professor

**Defence date:** July 9<sup>th</sup>, 2018

## Sadržaj

1. UVOD .....	1
2. TEORIJSKI DIO .....	2
2.1. Jabuka .....	2
2.1.1. Nutritivni i biološki značaj jabuke .....	3
2.1.2. Sok od jabuke .....	5
2.1.3. Senzorska obilježja soka od jabuke .....	6
2.2. Visoki hidrostatski tlak .....	8
2.2.1. Primjena visokog hidrostatskog tlaka u mikrobiološkoj i nutritivnoj kvaliteti voćnih sokova .....	8
2.2.2. Utjecaj visokog hidrostatskog tlaka na senzorska svojstva voćnih sokova.....	10
3. ZAKLJUČAK.....	12
4. LITERATURA .....	13

## 1. UVOD

Jabuka (*Malus domestica* Borkh) je omiljena voćna vrsta, dostupna tijekom cijele godine, bilo kao svježa ili prerađena. Sok od jabuke je, uz sok od naranče, najtraženiji voćni sok na svjetskom tržištu. U novije vrijeme, potrošači sve više potražuju mutni sok od jabuke, prvenstveno zbog boljeg biološkog i nutritivnog sastava, obzirom da u odnosu na bistri, obiluje većim udjelom prehrambenih vlakana, a senzorskim obilježjima ne zaostaje za bistrim.

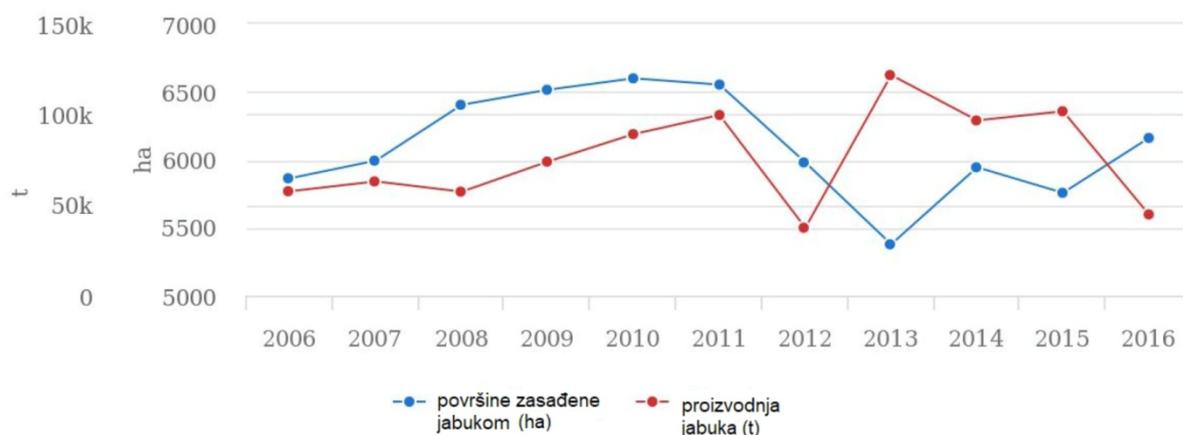
Paralelno s ovim trendom, danas su mnoga znanstvena istraživanja posvećena pronalasku novih tehnika obrade hrane koje će zamijeniti dosad korištene toplinske metode obrade poput pasterizacije za koje je pokazano da mogu uzrokovati nepoželjne organoleptičke i nutritivne promjene proizvoda. Obrada namirnica visokim hidrostatskim tlakom (VHT) predstavlja netoplinsku metodu koja može produžiti rok trajanja proizvoda zahvaljujući svom letalnom mikrobnom učinku uz minimalan utjecaj na nutritivni sastav i senzorska svojstva. Primjena VHT tehnologije podrazumijeva primjenu visokih hidrostatskih tlakova od 100 do 800 MPa, najčešće uz temperature niže od 70 °C te kratki vremenski interval od 1 do 20 minuta.

Stoga, cilj ovog rada bio je detaljnim pregledom literature istražiti rezultate znanstvenih istraživanja utjecaja VHT tehnologije na senzorska obilježja bistrih i mutnih sokova od jabuke.

## 2. TEORIJSKI DIO

### 2.1. Jabuka

Jabuka (*Malus domestica* Borkh) je stablo iz porodice ruža (*Rosaceae*) i predstavlja najrasprostranjeniju vrstu voća s više od 10 000 različitih sorata jabuka koje se međusobno razlikuju prema okusu, slatkoći, kiselosti, konzistenciji i sočnosti (Janick i sur., 1996). Prema FAOSTAT podacima u svijetu je 2014. godine proizvedeno 84,6 milijuna tona jabuka od čega je u Aziji proizvedeno 53 milijuna tona, a najviše u Kini s 40,9 milijuna tona na 2 milijuna ha. U Europi je proizvedeno 17,5 milijuna tona, najviše u Poljskoj s 3,2 milijuna tona na 150 000 ha. U Republici Hrvatskoj rast površina zasađenih jabukama ne prati nužno i rast proizvodnje jabuka (Slika 1). U 2016. godini proizvedeno je 44 781 t jabuka na sveukupno 6 160 ha.



**Slika 1.** Prikaz površina zasađenih jabukom (ha) i proizvodnje jabuka (t) u Republici Hrvatskoj od 2006. do 2016. godine (FAOSTAT)

Jabuka se na tržištu najčešće konzumira u svježem obliku, ali i prerađuje u različite proizvode poput sokova (bistri, mutni, koncentrirani), želiranih proizvoda, octa, čipsa i te brojnih drugih proizvoda. Jabuka ima mnogobrojne povoljne učinke na zdravlje. Brojne studije potvrđuju pozitivan učinak fitonutrijenata iz jabuke na zdravlje. Flavonoidi i fenolne kiseline mogu smanjiti rizik od kardiovaskularnih bolesti, dijabetesa i raka (Tu, Chen i Ho,

2017) te mogu povećati iskoristivost vitamina C, smanjiti proliferaciju stanica i djelovati protuupalno (Biedrzycka i Amarowicz, 2008).

### **2.1.1. Nutritivni i biološki značaj jabuke**

Nutritivni sastav jabuke varira ovisno o sorti, klimatskim uvjetima, lokalitetu uzgoja i zrelosti. Najveći udio jabuke čini voda (85 %), dok suhu tvar čine makro- i mikronutrijenti. 100 g ploda jabuke prosječno sadrži 13.81 % ugljikohidrata, 0.26 % proteina, 0.17 % masti te ima 52 kcal (USDA Food Composition Databases). Od ugljikohidrata najzastupljeniji šećeri su fruktoza (7.38 g), glukoza (3.04 g) i saharoza (2.59 g). Vlakana ima prosječno 2.4 g, a najvažniji je pektin.

Od vitamina topljivih u mastima najzastupljeniji je vitamin E (0.18 mg) koji sprječava oksidaciju nezasićenih masnih kiselina i vitamina A tijekom probave i u tjelesnim tkivima. Slijedi vitamin A (3 µg) koji je esencijalan za normalan vid u tami i vitamin K (2.2 µg) koji je potreban za stvaranje protrombina u procesu grušanja krvi (Combs, 2008). Od minerala najzastupljeniji su: kalij (107 mg), fosfor (11 mg), kalcij (6 mg), magnezij (5 mg) i natrij (1 mg). Od ostalih minerala prisutni su željezo (0.12 mg) i cink (0.04 mg).

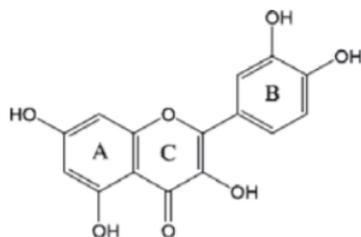
Jabuka se smatra vrijednim izvorom biološki aktivnih spojeva, među kojima poseban značaj zauzimaju polifenolni spojevi. Fenoli su sekundarni biljni metaboliti kojima je hidroksilna (OH-) skupina vezana izravno na benzenski ili aromatski prsten. Sadržaj polifenola u biljkama ovisi o vrsti, okolišu, stupnju zrelosti i uvjetima prerade i skladištenja. Skladištenje plodova jabuke pri 1 °C tijekom 60 dana rezultiralo je smanjenjem udjela ukupnih fenola sastava (Begić-Akagić i sur., 2011) dok režim skladištenja pri 20 °C tijekom dva tjedna nije utjecao na promjene u koncentraciji ukupnih fenola (Matthes i Schmitz-Eiberger, 2009).

Prema kemijskoj strukturi fenolni spojevi dijele se na fenolne kiseline i flavonoide. U fenolne kiseline ubrajaju se derivati hidroksicimetnih i hidroksibenzojevih kiselina, dok se flavonoidi dijele na antocijane, izoflavonoide, flavone, flavonole i flavanone (Shahidi i Ambigaipalan, 2015) (Slika 2).

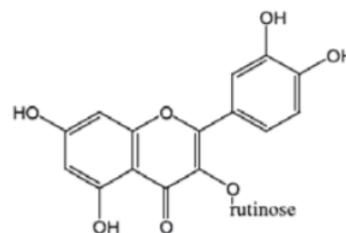
Najzastupljeniji fenolni spojevi u jabukama su klorogenska kiselina, kava kiselina, *p*-kumarinska kiselina, ferulinska kiselina, katehin, epikatehin, procijanidini i antocijani (samo u kori) (Alberti i sur., 2014). Udio ukupnih fenola u jabuci sorte Idared značajno se

razlikovao ovisno o dijelovima usplođa, pa je tako u kori određeno 588.9 mg GAE/100 g, a u pulpi 75.7 mg GAE/100 g.

### Flavonoli

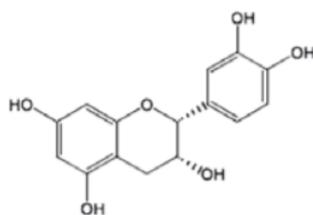


Kvercetin

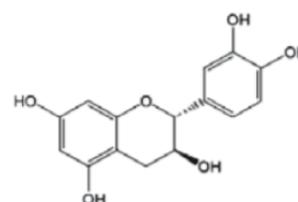


Rutin

### Flavanoli

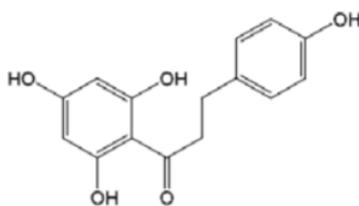


(-)-Epikatehin

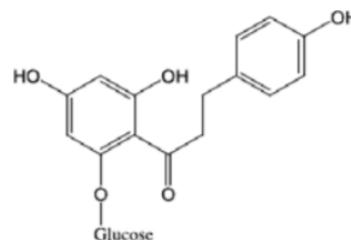


(+)-Katehin

### Dihidroalkoni

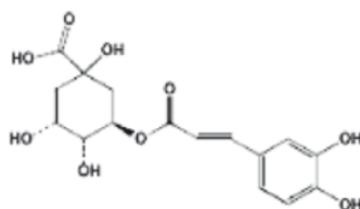


Floretin

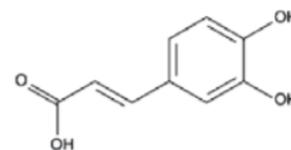


Florizin

### Hidroksicimetne kiseline



Klorogenska kiselina



Kava kiselina

**Slika 2.** Prikaz strukturnih formula pojedinih fenolnih spojeva u jabukama (Karaman i sur., 2010)

Kora jabuke sadrži šest puta veću koncentraciju flavonoida (303.2 mg ekvivalenta katehina/100 g) u usporedbi sa pulpom, a antocijani su detektirani samo u kori u

koncentraciji od 26.8 mg ekvivalenta cijanidin 3-glukozid/100 g (Francini i Sebastiani, 2013). Flavan-3-ola u sorti jabuke Fuji ima prosječno 0.41 mg CTE/100 g, u sorti Hillwell 0.47 mg CTE/100 g i najviše u Zlatni Delišeš 0.53 mg CTE/100 g (Carbone i sur., 2011).

### **2.1.2. Sok od jabuke**

Obzirom na razlike u veličini i topljivosti čestica voćni sokovi se dijele na bistre, mutne i kašaste (Pravilnik NN 48/2013), a od jabuka se najčešće proizvode bistri, mutni i koncentrirani sokovi. Sok od jabuke je drugi najkonzumiraniji voćni sok u svijetu (Offia-Olua i Ekwunife, 2015), s trendom rasta potrošnje. Prema statističkim podacima za prerađivački sektor EU, 6.7 % ukupne vrijednosti budžeta otpada na prehrambenu industriju, od čega je najznačajnija prerada naranče u sok (4.4 %), zatim prerada rajčice u kečap (3.7 %) i na visokom trećem mjestu prerada jabuke u sok (3.1 %) (Eurostat, 2016). Najveći proizvođači soka od jabuke u EU su Njemačka, Poljska, Ujedinjeno Kraljevstvo, Francuska i Španjolska dok je Hrvatska među zadnjim zemljama u proizvodnji (Statista, 2016).

Bistri sok se dobiva bistrenjem i filtriranjem matičnog soka, dok mutni sok sadrži fino dispergirane koloidne čestice iz stanica voćnog tkiva. Prvi korak u proizvodnji bistrih sokova je prihvrat voća, zatim pranje i probiranje, mljevenje i na kraju prešanje kako bi se omogućilo učinkovito izdvajanje soka. Najčešće se koriste hidraulične preše koje istiskuju sok pod velikim tlakom kroz porozni materijal čime u sok ne prelaze veće i krupne netopljive čestice (Sinha i sur., 2012). Ovisno o vrsti i kvaliteti ploda jabuke te vrsti prešanja, iskorištenje obično iznosi 70-95 % (Root i Barret, 2004). Nakon prešanja slijedi depektinizacija dodatkom pektolititskih enzima pri optimalnim uvjetima, pa potom taloženje sredstvima za bistrenje. Sok se potom centrifugira, filtrira, deaerira, termički obrađuje pasterizacijom (85-93 °C/30 sekundi), puni u boce i zatvara (Hubert i sur., 2007).

U proizvodnji mutnih sokova sve tehnološke operacije do prešanja su identične proizvodnji bistrih sokova, a razliku čini postupak depektinizacije dobivenog mutnog soka, koji se u proizvodnji mutnih sokova ne primjenjuje. Mutni sok se stoga samo centrifugira kako bi se uklonile veće čestice iz soka, a daljnji koraci su isti kao i kod proizvodnje bistrih sokova, a to su deaeracija, pasterizacija, punjenje i zatvaranje (Lozano, 2006).

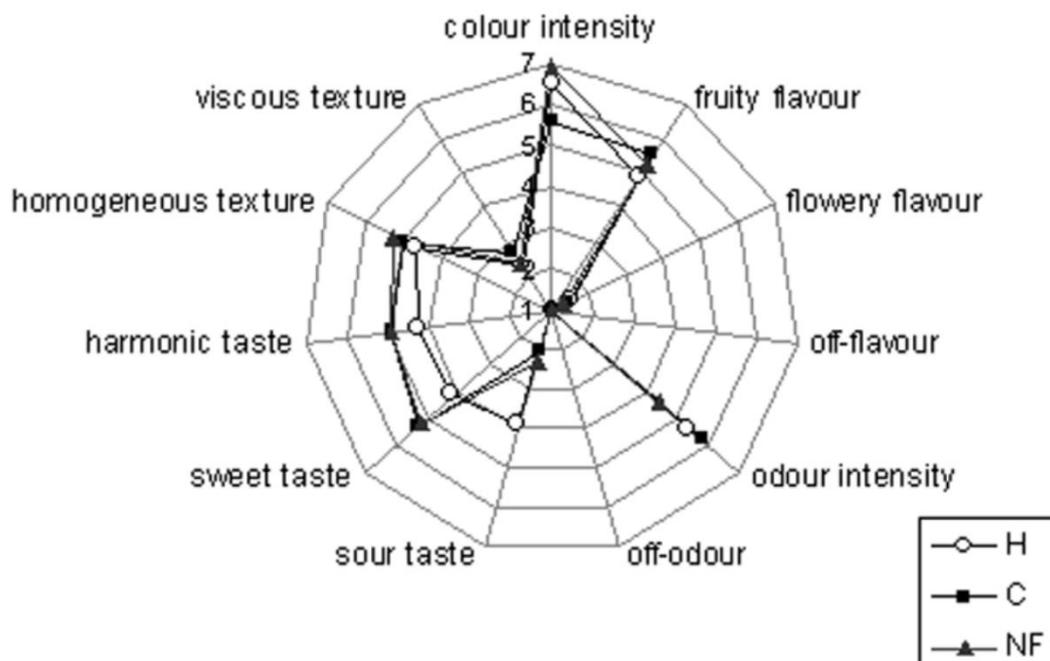
Osim što se bistri i mutni sok razlikuju prema fizikalnim svojstvima, rezultati nekih istraživanja navode i značajne razlike obzirom na njihovu biološku vrijednost. Unatoč tome što je pokazano rezultatima istraživanja Oszmianski i sur. (2007) da mutni sok od jabuke

sadrži četiri puta veću koncentraciju polifenola od bistrog soka (1 044 mg/L vs. 250 mg/L) potrošači preferiraju i više odabiru bistre sokove zato što djeluju „čišće“ od mutnih. U mutnom soku su u većim koncentracijama određeni derivati hidroksicimetnih kiselina, flavana i flavona u usporedbi s bistrim sokom, dok je bistri sok sadržavao veće udjele hidroksihalkona (Oszmianski i sur., 2007). Također, rezultati novijeg istraživanja pokazuju da se procesom bistenja mutnog soka od jabuke, (-)-epikatehin i procijanidini uklanjaju, stoga mutni sok od jabuke predstavlja proizvod većeg biološkog potencijala u odnosu na bistri sok (Francini i Sebastiani, 2013).

### **2.1.3. Senzorska obilježja soka od jabuke**

Senzorska analiza je znanstvena disciplina kojom se analiziraju i interpretiraju reakcije na one karakteristike i tvari koje se zapažaju putem svih pet osjetila (vid, njuh, okus, dodir i sluh) (Lawless i Heymann, 2010). Senzorskom analizom prate se kvalitativna i kvantitativna senzorska obilježja nekog proizvoda putem izobražene skupine ispitivača, tj. senzorskog panela, stoga je često u primjeni za procjenu kvalitete proizvoda (Murray, Delahunty i Baxter, 2001). Metode senzorske procjene uključuju testove razlika, testove sklonosti i opisne testove. Od testova razlika najčešće se koriste upoređenja u paru, duo-trio test i triangl test, a svrha je ustanoviti razliku između proizvoda. Testovi sklonosti baziraju se na mišljenju potrošača a mogu biti kvalitativni i kvantitativni te opisni testovi koji se odnose na detaljan opis proizvoda od strane panelista (Vahčić, Hruškar i Marković, 2000).

Za senzorsku procjenu kvalitativnih obilježja voćnih sokova najčešće se koristi metoda kvantitativne deskriptivne analize (QDA). Ova metoda uključuje detekciju i opis svih kvalitativnih i kvantitativnih gledišta proizvoda od strane treniranih senzorskih analitičara, tj. panelista. Panelisti moraju biti uvježbani da prepoznaju i opišu senzorsko svojstvo proizvoda te moraju naučiti razlikovati i ocijeniti kvantitativnost i intenzitet ispitivanog svojstva. Intenzitet se mjeri raznim ljestvicama, kao što su hedonistička ljestvica, linijska ljestvica te ljestvica procjene jačine putem kojih se procjenjuju intenziteti ispitivanih svojstava primjenom brojevnice skale (0-7, 0-9, 0-11) pri čemu niža vrijednost skale ukazuje na slabije izraženo svojstvo i obratno, viša vrijednost skale upućuje na visoko izražen intenzitet određenog svojstva (Okayasu i Naito, 2001). Nakon analize rezultati se prikupljaju i statistički obrađuju, nakon čega se grafički prikazuju i to u obliku „paukove mreže“ (Rewell, 2008). Primjer QDA senzorskog prikaza u obliku „paukove mreže“ za kaše tri različite sorte jagoda prikazan je na slici 3.



**Slika 3.** Prikaz „paukove mreže“ za tri različite sorte jagoda (H, Honeoye; C, Clery; NF, NF 421) (Bursać i sur., 2007)

Općenito je pokazano da su dobra senzorska obilježja soka od jabuke potrošačima dakako važnija od same cijene (Harker i sur., 2002). Nadalje, u istraživanju Włodarske i sur. (2016) cilj je bio pronaći poveznicu između preferencije potrošača i fizikalno-kemijskih svojstava sokova od jabuka dostupnih na poljskom tržištu. Istraživanje je provedeno na 8 uzoraka, odnosno sokova od jabuka: dva bistra soka iz koncentrata (A i B), dva mutna soka iz koncentrata (C i D), dva mutna soka dobivena prešanjem (E i F) i dva svježje iscijeđena soka (G i H). U senzorskoj procjeni su sudjelovale dvije grupe senzorskih analitičara: educirani senzorski panel i potrošači. Panel je koristio linijsku ljestvicu od 10 cm za mjerenje intenziteta ispitivanih svojstava, dok su potrošači koristili 9-bodovnu hedonističku skalu. Bilo je potrebno procijeniti bistroću, zamućenost, slatkoću, kiselost, gorčinu, aromu jabuke i prihvatljivost.

Obzirom na razlike u kategorizaciji sokova, dobiveni rezultati za ocjene bistroće i zamućenosti bili očekivani, pa su tako uzorci E i H ocijenjeni kao najmutniji, a uzorci A i B kao najbistriji. Okusi bistrih sokova iz koncentrata (A i B) te jednog mutnog koji nije iz koncentrata su ocijenjeni kao umjetni („sintetski“, „neprirodni“). Rezultati ovog istraživanja

jasno potvrđuju povezanost fizikalno-kemijskih svojstava i senzorskih parametara sokova od jabuke pa su tako sokovi ocijenjeni kao najgorči (C, D, G i H), ujedno sadržavali i najveću koncentraciju polifenola. Svojstvo prihvatljivosti sokova od jabuke jasno je povezano sa sadržajem saharoze pa je tako sok s najvećom prihvatljivošću kod potrošača bio svježe iscijeđeni sok (G) u kojem je određena najveća koncentracija saharoze, i obrnuto, najmanje prihvatljiv sok (E) sadržavao je najmanju koncentraciju saharoze. Na temelju rezultata istraživanja može se zaključiti da su najprihvatljiviji sokovi kod potrošača svježe iscijeđeni i mutni sokovi iz koncentrata (C, D, G i H), dok su najmanje prihvatljivi bistri iz koncentrata i mutni koji nisu iz koncentrata (A, B, E i F), a bili su ocijenjeni i kao najkiseliji.

Prema istraživanju Komthong, Igura i Shimoda (2007) cilj je bio utvrditi utjecaj dodatka askorbinske kiseline (0.05 – 0.20 %) na svojstvo mirisa mutnih sokova od jabuke. Askorbinska kiselina dodaje se sa svrhom sprječavanja posmeđivanja, a u istu svrhu, svim uzorcima (kontrolnom bez i uzorcima s dodanom askorbinskom kiselinom) dodano je i 2 % NaCl. Senzorski panel je svojstvo mirisa sokova uspoređivao sa mirisom na zeleno (miris pokošene trave), slatko (miris karameliziranog šećera), svježe („fresh“), voćno (miris banane, kruške, breskve), mirisom jabuke, mirisom na kiselo i neprirodno (nepoželjno). Dodatak askorbinske kiseline nije utjecao na procjenu mirisa na slatko, ali je značajno utjecao na smanjenje intenziteta svježeg i voćnog mirisa te je također umanjio izvorni miris na jabuku. Ipak, miris na zeleno bio je intenziviran kad je askorbinska kiselina dodana u sok. Nadalje, povećanjem koncentracije askorbinske kiseline, povećao se intenzitet neprirodnog mirisa kojeg je panel povezao sa zelenim mirisom, a smanjio se intenzitet mirisa na svježe, voćno i jabuku, vjerojatno zato što askorbinska kiselina dovodi do razgradnje aromatskih spojeva koji doprinose ovim svojstvima.

U istraživanju Komthong i sur. (2006) praćene su promjene u senzorskom obilježju mirisa svježe prešanog soka od jabuke tijekom enzimskog posmeđivanja kroz 2 sata. Izobraženi senzorski analitičari utvrdili su da intenzitet senzorskih svojstava poput mirisa na svježe, voćnog mirisa i mirisa na jabuku raste tijekom 2 sata, nakon čega su ova svojstva u vremenu sve manje izražena.

## **2.2. Visoki hidrostatski tlak**

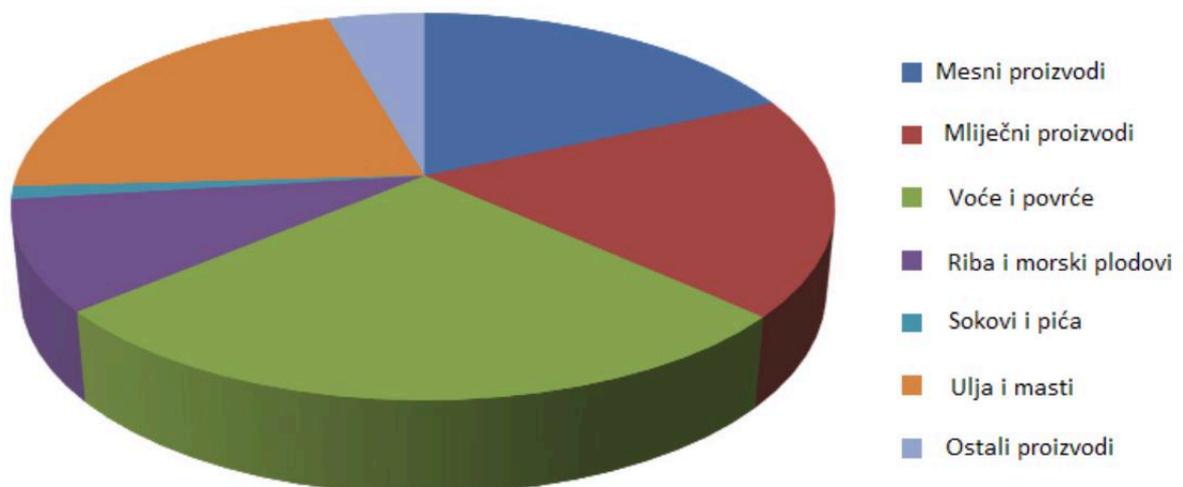
Visoki hidrostatski tlak (eng. High Pressure Processing – HPP, hrv. VHT) je netoplinska metoda obrade namirnica koja zahvaljujući letalnom učinku na mikroorganizme značajno

produžuje rok trajanja uz minimalan utjecaj na senzorska obilježja i nutritivni sastav. Metoda obrade VHT-om podrazumijeva tretiranje namirnica (s ambalažom ili bez nje) tlakovima od 100 do 800 MPa, najčešće uz temperature do 70 °C (Huang i sur., 2017).

Utjecaj VHT-a je definiran Le Chatelierovim načelom koje navodi da će u uvjetima ravnoteže zatvorenog sustava, zbog djelovanja povišenog tlaka biti pospješene one reakcije koje vode smanjenju volumena, a potisnute one reakcije koje vode povećanju volumena. Zbog toga kovalentne veze nisu osjetljive na djelovanje VHT-a, za razliku od nekovalentnih veza (hidrofobne, vodikove i ionske) (Balny, Mozhaev i Lange, 1997). VHT može inhibirati rast kvasaca te različitih sojeva bakterija čime se može smanjiti ili izuzeti upotreba antibakterijskih agensa poput sulfita. SAD, Kanada i mnoge države EU odobrile su primjenu VHT-a u procesima prerade sa svrhom smanjenja patogena i produženja roka trajanja (Huang i sur., 2017).

Posljednjih 18 godina (1998-2016), prema uvidu u znanstvene publikacije Web of Science (WoS) platforme, ova tehnologija pobuđuje veliki interes u prehrambenom sektoru, a u novije vrijeme sve se više istražuje utjecaj VHT na kvalitetu sokova i pića (Slika 4).

Voćni sokovi i pića najčešće se obrađuju primjenom tlakova od 400 do 600 MPa, pri hladenoj ili sobnoj temperaturi tijekom nekoliko sekundi do 5 min (Daher i sur., 2017).



**Slika 4.** Prikaz znanstvenih publikacija s tematikom VHT prerade različitih prehrambenih proizvoda u periodu od 1998. do 2016. godine (Daher i sur., 2017)

### **2.2.1. Primjena visokog hidrostatskog tlaka u mikrobiološkoj i nutritivnoj kvaliteti voćnih sokova**

Tehnologija VHT pronašla je svoju primjenu i u ekstrakciji bioaktivnih sastojaka primjerice iz voća i povrća, obzirom su utvrđene brojne prednosti spram klasičnih ekstrakcijskih postupaka kao npr. ekstrakcija pri nižim temperaturama u kraće vrijeme, a ravnomjerna raspodjela tlaka dodatno pospješuje učinkovitost procesa. VHT utječe na disrupciju staničnih membrana uslijed čega se značajno pospješuje proces ekstrakcije (Huang i sur., 2013).

U drugom istraživanju (Juarez-Enriquez i sur., 2015) praćen je utjecaj VHT-a (430 MPa/7 min) na rok trajanja bistrog soka od jabuke tijekom 34 dana skladištenom na dvije temperature (20 vs 4 °C). U sok od jabuke su prije tretmana dodane askorbinska i limunska kiselina (800 i 325 mg/L) kako bi se spriječila oksidacija i promjena boje. Rezultati ovog istraživanja navode da neovisno o temperaturi skladištenja, niti u jednom uzorku nije došlo do rasta mikrobne populacije.

Nekoliko istraživanja je potvrdilo mikrobnu inaktivaciju različitih mikrobnih kultura pri VHT obradi kaše ili soka od jabuke (Tablica 1).

Sok od nara podvrgnut je VHT-u od 350 do 550 MPa tijekom 30, 90 i 150 sekundi s ciljem ispitivanja mikrobiološke stabilnosti. Sok je potom skladišten tijekom 35 dana na 4 °C. Dobiveni rezultati pokazuju da tlak >350 MPa tijekom 150 sekundi dovodi do smanjenja mikrobne populacije za oko 4.0 log ciklusa, a ujedno i održava mikrobiološku stabilnost tijekom svih 35 dana skladištenja (Varela-Santos i sur., 2012).

Osim dokazane mikrobiološke učinkovitosti, primjena VHT-a ogleda se i u inaktivaciji različitih enzima, a posebice su od značaja oni koji posljedično mogu djelovati na promjene boje i viskoznosti. Polifenol-oksidaza (PPO) i pektin-metilesteraza (PME) su ključni enzimi odgovorni za posmeđivanje i razgradnju pektina u sokovima, stoga ih je poželjno inaktivirati prije samog tretmana VHT-om. Buckow, Weiss i Knorr (2009) su razvili model kojim opisuju stupanj inaktivacije PPO u mutnim sokovima od jabuke kao funkciju tlaka i temperature pri čemu pokazuju sinergistički učinak ovih varijabli na inaktivaciju PPO pri tlakovima iznad 300 MPa. Ipak, rezultati drugih istraživanja navode da tretman VHT-om na 500 MPa/3 min/25 °C nije utjecao na fizikalna svojstva mutnog soka od jabuke tijekom skladištenja 21 dan pri 4 °C (Kim i sur., 2012). Također fizikalna svojstva bistrog soka od jabuke nakon tretmana VHT-a

430 MPa/7 min su ostala nepromijenjena tijekom 34 dana skladištenja pri temperaturama od 20 i 4 °C (Juarez-Enriquez i sur., 2015).

Barba, Esteve i Frigola (2013) su proučavali utjecaj VHT-a na topljivu suhu tvar soka od borovnice pri tlakovima od 200 do 600 MPa tijekom 5 do 15 min i zaključili su da nije došlo do značajnih promjena.

U istraživanju Hurtado i sur. (2015) smoothie sok (sastavljen od soka jabuke, naranče, jagode i banane) je podvrgnut tretmanu VHT-om pri 350-450 MPa/5 min/10 °C i 600 MPa/3 min/10 °C te su praćene promjene fizikalnih svojstava smoothie-ja u odnosu na kontrolni uzorak, koji nije tretiran. Gustoća i suha tvar nisu se mijenjale u ovisnosti o vrijednostima tlaka i vremena tretmana, dok se viskoznost povećavala s povećanjem tlaka, stoga je najmanja viskoznost određena u kontrolnom (3.60 cP), a najveća u uzorku tretiranom pri 600 MPa (4.46 cP). Rezultati za mutnoću također potvrđuju isto, najmanja je u kontrolnom uzorku (416 %), a najveća u uzorku tretiranom pri 600 MPa (489 %).

Rezultati nadalje pokazuju da VHT ne utječe značajno na nutritivni i biološki sastav. Kada se uspoređuju netretirani i smoothie-ji tretirani VHT-om na 350-450 MPa/5 min/10 °C (A i B) i 600 MPa/3 min/10 °C (C), netretirani ima koncentraciju askorbinske kiseline od 5.1 mg/100 mL, a uzorci A i B prosječno 4.7 mg/100 mL i uzorak C 4.6 mg/100 mL, što znači da VHT nije doveo do značajnog smanjenja koncentracije askorbinske kiseline. Koncentracija flavonoida u netretiranom uzorku iznosila je 6.1 mg QE/100 mL, dok se u uzorcima A,B i C povećala (7.0, 6.6 i 7.8 mg QE/100 mL) (Hurtado i sur., 2015).

**Tablica 1.** Pregled literature za mikrobnu inaktivaciju različitih kultura pri VHT obradi kaše ili soka od jabuke

<b>Vrsta voća</b>	<b>Tip proizvoda</b>	<b>VHT parametri</b>	<b>Mikrobna inaktivacija</b>	<b>Log redukcija</b>	<b>Skladištenje</b>	<b>Referenca</b>
Jabuka	Kaša	400-600 MPa	Aerobne mezofilne	3.3	14 – 21 dan	Landl i sur. (2010)
		15 min 20 °C	bakterije, kvasci, plijesni	3.2	4 °C	
Jabuka	Sok	500 MPa	L. monocytogenes	4.8	/	Shahbaz i sur. (2016)
		1 min	S. aureus	2.4		
		25 °C	E. coli	5.0		
			S. tiphimurium	7.0		
			S. cerevisiae	5.8		
Jabuka i naranča	Sok	200-600 MPa	Alicyclobacillus	2.2	14-28 dana	Hartyáni i sur. (2013)
		10 min	acidoterrestris	2.0	4 °C	
		20-60 °C				
Jabuka	Koncentrat	207-621 MPa	Alicyclobacillus	2.0-5.0	/	Lee i sur. (2006)
		5-10 min 22-90 °C	acidoterrestris			
Jabuka i šljiva	Džem	100-400 MPa	L. monocytogenes	1-9	/	Préstamo i sur. (1999)
		5-15 min 5-20 °C				
Jabuka i breskva	Sok	350 MPa	S. aureus	6.8/6.9	/	Bayindirli i sur. (2006)
		5 min	E. coli	7.1/7.3		
		30 °C	S. enteriditis	7.8/8.0		

### **2.2.2. Utjecaj visokog hidrostatskog tlaka na senzorska svojstva voćnih sokova**

Rezultati prijašnjih istraživanja pokazuju da tretman VHT značajno ne mijenja senzorska obilježja tretiranih namirnica. Pločice od manga tretirane VHT-om (500 MPa/120 i 240 s) su bile senzorski prihvatljive i nakon 17 dana skladištenja na 5 °C (Danalache i sur., 2017) kao i pire od graška tretiran VHT-om (550 MPa/5 i 10 min) skladištenog 2 tjedna na 5 °C (Venzke Klug i sur., 2017) i pire od jagoda tretiran VHT-om (500 MPa/50 °C/ 15 min) skladištenog 7 dana na 6 °C (Marszałek i sur., 2017).

Sokovi od grožđa tretirani VHT-om (400 ili 500 MPa/2 °C/10 min i 400 MPa/40 °C/10 min) bili su jednako dobro senzorski prihvaćeni kao i netretirani sok (Daoudi i sur., 2002). Jednako tako, sok od naranče dobiven tehnologijom VHT (600 MPa/60s) bio je senzorski prihvatljiv nakon 12 tjedana skladištenja na 4 °C i 10 °C, a značajno se nije razlikovao od kontrolnog soka također dobivenog VHT-om, no skladištenom na -20 °C (Baxter i sur., 2005).

Juarez-Enriquez i sur. (2015) proučavali su utjecaj VHT-a na senzorska svojstva bistrog soka od jabuke. Uzorci su tretirani VHT-om na 430 MPa/7 min te skladišteni 34 dana pri 4 °C i 20 °C. Senzorska svojstva procijenjena su pomoću 9-bodovne hedonističke skale. Općenito gledajući, VHT nije značajno utjecao na senzorska svojstva uzoraka, ali je uzorak skladišten pri 4 °C bio bolje ocijenjen od uzoraka skladištenih pri 20 °C, vjerojatno uslijed boljeg zadržavanja okusa i arome.

Inada i sur. (2017) proučavali su utjecaj VHT-a na senzorska svojstva soka od bobica brazilskog grožđa. Uzorak je tretiran VHT-om na 350 MPa tijekom 7.5 min. U senzorskoj procjeni sudjelovalo je 80 netreniranih potrošača koji su koristili linijsku ljestvicu od 9 cm za mjerenje intenziteta ispitivanih svojstava (aroma, okus, izgled, tekstura i cjelokupni dojam) i 5-bodovnu ljestvicu za procjenu namjere za kupnjom soka. Uspoređivani su netretirani i VHT-om tretirani sokovi, a prema dobivenim rezultatima VHT nije utjecao na promjenu senzorskih svojstava soka izuzev arome koja je bila bolje ocijenjena u netretiranom soku. Namjera za kupnjom soka ocijenjena je nisko za oba soka (tretirani i netretirani), što se povezuje sa neofobijom potrošača, ponajviše zbog toga što se sok od ovog voća ne nalazi na tržištu.

Chang i sur. (2017) proučavali su utjecaj VHT-a na senzorska svojstva soka od grožđa. Uzorci su tretirani VHT-om na 300-600 MPa/3 min/20 °C. U senzorskoj procjeni sudjelovalo je 20 educiranih senzorskih analitičara koji su koristili 10-bodovnu ljestvicu (1-

najmanja prihvatljivost; 10-najveća prihvatljivost) za mjerenje prihvatljivosti ispitivanih svojstava (aroma, slatkoća, gorčina, kiselost i prihvatljivost proizvoda). Rezultati pokazuju da VHT nije značajno utjecao na senzorska svojstva uzoraka, ali ipak netretirani uzorak imao veću prihvatljivost kod potrošača u usporedbi s tretiranim, odnosno bolji cjelokupni dojam. Slični rezultati dobiveni su za aromu, slatkoću i kiselost, što znači da najveću prihvatljivost ima netretirani uzorak.

Nayak, Rayaguru i Radha Krishnan (2016) proučavali su utjecaj VHT-a na senzorska svojstva soka od tzv. slonovske jabuke (*Dillenia indica*). Sok je podvrgnut tretmanu VHT-a na 600 MPa/5 min/35 °C. U senzorskoj procjeni sudjelovalo je 25 potrošača koji su koristili 9-bodovnu ljestvicu (9-odlično; 8-vrlo dobro; 7-dobro; 6-prihvatljivo; <6-loše, predstavlja donju granicu za prihvatljivost) za mjerenje intenziteta ispitivanih svojstava (miris, okus i prihvatljivost) tretiranog i netretiranog uzorka koji su skladišteni 60 dana na 4 °C. Netretirani i tretirani uzorak prvog dana skladištenja imali su dobro ocijenjen okus, miris i cjelokupnu prihvatljivost. Rezultati pokazuju da je prihvatljivost netretiranog uzorka počela naglo padati nakon petog dana skladištenja, a dosegla je svoju donju granicu desetog dana skladištenja. Isti rezultati vrijede i za okus i miris netretiranog uzorka. Tretirani uzorak bio je prihvatljiv i nakon 50 dana skladištenja, kao i njegov okus i miris. Na temelju rezultata ovog istraživanja može se zaključiti da VHT nije doveo do promjene senzorskih svojstava soka, ali je povoljno utjecao na produženje roka trajanja.

### **3. ZAKLJUČAK**

Primjena tehnologije visokog hidrostatskog tlaka (VHT) predstavlja netoplinsku metodu obrade za inaktivaciju različitih vrsta mikroorganizama prisutnih u voćnim sokovima čime se značajno produžuje rok trajnosti.

Voćni sokovi i pića najčešće se obrađuju primjenom tlakova od 400 do 600 MPa, pri hlađenoj ili sobnoj temperaturi tijekom nekoliko sekundi do 5 min.

VHT tehnologija ne narušava značajno nutritivni sastav i senzorska obilježja voćnih sokova čime predstavlja perspektivnu tehnologiju u industrijskom sektoru.

Rezultati najnovijih istraživanja također upućuju da VHT tehnologija ne utječe značajno na promjenu viskoznosti (izuzev smoothie sokova), stoga se smatra da je tehnologija jednako pogodna za bistre kao i za mutne voćne sokove.

#### 4. LITERATURA

- Alberti A., Zielinski A. A. F., Zardo D. M., Demiate I. M., Nogueira A., Mafra L. I. (2014) Optimisation of the extraction of phenolic compounds from apples using response surface methodology. *Food Chemistry* **149**: 151–158.
- Balny C., Mozhaev V. V., Lange R. (1997) Hydrostatic pressure and proteins: basic concepts and new data. *Comparative Biochemistry and Physiology* **116A**: 299-304.
- Barba F. J., Esteve M. J., Frigola A. (2013) Physicochemical and nutritional characteristics of blueberry juice after high pressure processing. *Food Research International* **50**: 454-549.
- Baxter I. A., Easton K., Schneebeli K., Whitfield F. B. (2005) High pressure processing of Australian navel orange juices: Sensory analysis and volatile flavor profiling. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* **6**: 372 – 387.
- Bayindirli A., Alpas H., Bozoglu F., Hizal M. (2006) Efficiency of high pressure treatment on inactivation of pathogenic microorganisms and enzymes in apple, orange, apricot and sour cherry juices. *Food Control* **17**: 52-58.
- Begić-Akagić A., Spaho N., Oručević S., Drkenda P., Kurtović M., Gaši F., Kopjar M., Piližota V. (2011) Influence of cultivar, storage time, and processing on the phenol content of cloudy apple juice. *Croatian Journal of Food Science and Technology* **3**: 1–8.
- Biedrzycka E., Ryszard A. (2008) Diet and Health: Apple polyphenols as antioxidants. *Food Reviews International* **24**: 235-251.
- Buckow R., Weiss U., Knorr D. (2009) Inactivation kinetics of apple polyphenol oxidase in different pressure-temperature domains. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* **10**: 441-448.

- Bursać D., Vahčić N., Levaj B., Dragović-Uzelac V., Biško A. (2007) The influence of cultivar on sensory profiles of fresh and processed strawberry fruits grown in Croatia. *Flavour and Fragrance Journal* **22**: 512-520.
- Carbone K., Giannini B., Picchi V., Scalzo R. L., Cecchini F. (2011) Phenolic composition and free radical scavenging activity of different apple varieties in relation to the cultivar, tissue type and storage. *Food Chemistry* **127**: 493–500.
- Chang Y. H., Wu S. J., Chen B. Y., Huang H. W., Wang C. Y. (2017) Effect of high pressure processing and thermal pasteurization on overall quality parameters of white grape juice. *Journal of the Science of Food and Agriculture* **97**: 3166–3172.
- Combs G. F. Jr., (2008) *The Vitamins: Fundamental aspects in nutrition and health*, 3<sup>rd</sup> edition, Elsevier Academic Press New York. str. 115, 186 i 214.
- Daher D., Le Gourrierec S., Pérez-Lamela C. (2017) Effect of High Pressure Processing on the Microbial Inactivation in Fruit Preparations and Other Vegetable Based Beverages. *Agriculture* **7(9)**: 72.
- Danalache F., Carvalho C. Y., Brito L., Mata P., Moldão-Martins M., Alves V. D. (2017) Effect of thermal and high hydrostatic pressure treatments on mango bars shelf-life under refrigeration. *Journal of Food Engineering* **212**: 113-120.
- Daoudi L., Quevedo J. M., Trujillo A. J., Capdevila Bartra F. E., Mínguez Guamis S. B. (2002) Effects of High-Pressure Treatment on the Sensory Quality of White Grape Juice. *High Pressure Research* **22**: 705-709.
- Eurostat (2016): [http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/The\\_fruit\\_and\\_vegetable\\_sector\\_in\\_the\\_EU\\_-\\_a\\_statistical\\_overview](http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/The_fruit_and_vegetable_sector_in_the_EU_-_a_statistical_overview)
- Francini A., Sebastiani L. (2013) Phenolic compounds in apple (*Malus x domestica* Borkh.): Compounds Characterization and Stability during Postharvest and after Processing. *Antioxidants* **2**: 181-193.

- Harker F. R., Marsh K. B., Young H., Murray S. H., Gunson F. A., Walker S. B. (2002) Sensory interpretation of instrumental measurements 2: Sweet and acid taste of apple juice. *Postharvest Biology and Technology* **24**: 241-250.
- Hartyáni P., Dalmadi I., Knorr D. (2013) Electronic nose investigation of *Alicyclobacillus acidoterrestris* inoculated apple and orange juice treated by high hydrostatic pressure. *Food Control* **32**: 262-269.
- Huang H. W., Hsu C. P., Yang B. B., Wang C. Y. (2013) Advances in the extraction of natural ingredients by high pressure extraction Technology. *Trends in Food Science & Technology* **33**: 54-62.
- Huang H. W., Wu S. J., Lu J. K., Shyu Y. T., Wang C. Y. (2017) Current status and future trends of high-pressure processing in food industry. *Food Control* **72**: 1-8.
- Hubert B., Baron A., Le Quere J. M., Renard C. M. G. C. (2007) Influence of Prefermentary Clarification on the Composition of Apple Musts. *Journal of Agricultural Food Chemistry* **55**: 5118 – 5122.
- Hurtado A., Picouet P., Jofré A., Guàrdia M. D., Ros J. M., Bañón S. (2015) Application of High Pressure Processing for Obtaining "Fresh-Like" Fruit Smoothies. *Food Bioprocess Technology* **8**: 2470-2482.
- Inada K. O. P., Torres A. G., Perrone D., Monteiro M. (2017) High hydrostatic pressure processing affects the phenolic profile, preserves sensory attributes and ensures microbial quality of jaboticaba (*Myrciaria jaboticaba*) juice. *The Journal of the Science of Food and Agriculture* **98(1)**: 231-239.
- Janick J., Cummins J. N., Brown S. K., Hemmat M. (1996) Apples In: Janick, J. and Moore, J. N. (eds) Fruit Breeding, Vol. 1, Tree and Tropical Fruits. John Wiley & Sons, New York. str. 1-77.
- Juarez-Enriquez E., Salmeron-Ochoa I., Gutierrez-Mendez N., Ramaswamy H. S., Ortega-Rivas E. (2015) Shelf life studies on apple juice pasteurised by ultrahigh

hydrostatic pressure. *LWT - Food Science and Technology* **62**: 915-919.

- Karaman S., Tütem E., Sözgen Başskan K., Apak R. (2010) Comparison of total antioxidant capacity and phenolic composition of some apple juices with combined HPLC–CUPRAC assay. *Food Chemistry* **120**: 1201-1209.
- Kim H. K., Leem K. H., Kim B. Y., Hahm Y. T., Cho H. Y., Lee J. Y. (2012) Effect of high hydrostatic pressure on immunomodulatory activity of cloudy apple juice. *Food Science and Biotechnology* **21**: 175-181.
- Komthong P., Katoh T., Igura N., Shimoda M. (2006) Changes in the odours of apple juice during enzymatic browning. *Food Quality and Preference* **17**: 497-504.
- Komthong P., Igura N., Shimoda M. (2007) Effect of ascorbic acid on the odours of cloudy apple juice. *Food Chemistry* **100**(4): 1342-1349.
- Landl A., Abadias M., Sárraga C., Viñas I., Picouet P. A. (2010) Effect of high pressure processing on the quality of acidified Granny Smith apple purée product. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* **11**: 557-564.
- Lawless H. T., Heymann H. (2010) Sensory evaluation of food: principles and practices, 4.izd., Springer Science & Business Media, London.
- Lee S. Y., Chung H. J., Kang D. H. (2006). Combined treatment of high pressure and heat on killing spores of *Alicyclobacillus acidoterrestris* in apple juice concentrate. *Journal of Food Protection* **69**: 1056-1060.
- Lozano J. E. (2006) FRUIT MANUFACTURING Scientific Basis, Engineering Properties, and Deteriorative Reactions of Technological Importance, Springer. str. 21-51.
- Marszałek K., Woźniak Ł., Skąpska S., Mitek M. (2017) High pressure processing and thermal pasteurization of strawberry purée: quality parameters and shelf life evaluation during cold storage. *Journal of Food Science and Technology* **54**: 832-841.

- Matthes A., Schmitz-Eiberger M. (2009) Polyphenol content and antioxidant capacity of apple fruit: Effect of cultivar and storage conditions. *Journal of Applied Botany and Food Quality* **82**: 152–157.
- Murray J. M., Delahunty C. M., Baxter I. A. (2001) Descriptive sensory analysis: past, present and future. *Food Research International* **34**: 461-471.
- Nayak P. K., Rayaguru K., Radha Krishnan K. (2016) Quality comparison of elephant apple juices after high-pressure processing and thermal treatment. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 97(**5**): 1404-1411.
- Offia-Olua B. I., Ekwunife O. A. (2015) Production and evaluation of the physico-chemical and sensory qualities of mixed fruit leather and cakes produced from apple (*Musa Pumila*), banana (*Musa Sapientum*), pineapple (*Ananas Comosus*). *Nigerian Food Journal* **33**: 22-28.
- Okayasu H., Naito S. (2001) Sensory Characteristics of Apple Juice Evaluated by Consumer and Trained Panels. *Journal of Food Science* **66**: 1025–1029.
- Oszmianski J., Wolniak M., Wojdyło A., Wawer I. (2007) Comparative study of polyphenolic content and antiradical activity of cloudy and clear apple juices. *Journal of the Science of Food and Agriculture* **87**: 573–579.
- Préstamo G., Sanz P. D., Fonberg-Broczek M, Arroyo G. (1999) High pressure response of fruit jams contaminated with *Listeria monocytogenes*. *Letters in Applied Microbiology* **28**: 313-316.
- Rewell J. (2008) Sensory Profile & Consumer Acceptability of Sweet Cherries. MR Thesis, School of Bioscience, University of Nottingham, Leicestershire, UK.
- Root W. H., Barrett D. M. (2004) Processing Fruits: Science and Technology, 2. izd., CRC Press Boca Raton. str. 455-481.
- Shahbaz H. M., Yoo S., Seo B., Ghafoor K., Un Kim Y., Lee D. U., Park J. (2016) Combination of TiO<sub>2</sub>-UV Photocatalysis and High Hydrostatic Pressure to Inactivate

Bacterial Pathogens and Yeast in Commercial Apple Juice. *Food and Bioprocess Technology* **9**: 182-190.

- Shahidi F., Ambigaipalan P. (2015) Phenolics and polyphenolics in foods, beverages and spices: Antioxidant activity and health effects: A review. *Journal of Functional Foods* **18**: 820-897.
- Sinha N. K., Sidhu J. S., Barta J., Wu J. S. B., Pilar Cano M. (2012) Handbook of Fruits and Fruit Processing, 2. izd., John Wiley & Sons, Ltd. Hoboken.
- Statista (2016) <https://www.statista.com/statistics/423217/production-volume-of-apple-juice-by-country-eu/>
- Tu S. H., Chen L. C., Ho Y. S. (2017) An apple a day to prevent cancer formation: Reducing cancer risk with flavonoids. *Journal of Food and Drug Analysis* **25**: 119-124.
- Vahčić N., Hruškar M., Marković K. (2000) Metoda kvantitativne deskriptivne analize u senzorskoj procjeni jogurta. *Mljekarstvo* 50(4): 279-296.
- Varela-Santos E., Ochoa-Martinez A., Tabilo-Munziga G., Reyes J. E., Pérez-Won M., Briones-Labarca V., Morales-Castro J. (2012) Effect of high hydrostatic pressure (HPP) processing on physicochemical properties, bioactive compounds and shelf life of pomegranate juice. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* **13**: 13-22.
- Venzke Klug T., Martínez-Sánchez A., Gómez P. A., Collado E., Aguayo E., Artés-Hernández F. (2017) Improving quality of an innovative pea puree by high hydrostatic pressure. *Journal of the Science of Food and Agriculture* **13**: 4362-4369.
- Włodarska K., Pawlak-Lemańska K., Górecki T., Sikorska E. (2016) Perception of Apple Juice: A Comparison of Physicochemical Measurements, Descriptive Analysis and Consumer Responses. *Journal of Food Quality* **39**: 351–361.

## Izjava o izvornosti

*Izjavljujem da je ovaj završni rad izvorni rezultat mojeg rada te da se u njegovoj izradi nisam koristio drugim izvorima, osim onih koji su u njemu navedeni.*

Amamaria Komješević

ime i prezime studenta