

Utjecaj sous-vide kuhanja na senzorska i nutritivna svojstva različitog povrća

Bašić, Lana

Undergraduate thesis / Završni rad

2019

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:159:948528>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-13**



Repository / Repozitorij:

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



Sveučilište u Zagrebu
Prehrambeno-biotehnološki fakultet

Preddiplomski studij Nutricionizam

Lana Bašić

6600/N

**UTJECAJ *SOUS-VIDE* KUHANJA NA SENZORSKA I
NUTRITIVNA SVOJSTVA RAZLIČITOG POVRĆA**

ZAVRŠNI RAD

Predmet: Procesi pripreme hrane

Mentor: doc. dr. sc. Marija Badanjak Sabolović

Zagreb, 2019.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Završni rad

Sveučilište u Zagrebu

Prehrambeno-biotehnološki fakultet

Preddiplomski sveučilišni studij Nutricionizam

Zavod za prehrambeno-tehnološko inženjerstvo

Kabinet za procese pripreme hrane

Znanstveno područje: Biotehničke znanosti

Znanstveno polje: Prehrambena tehnologija

Utjecaj *sous-vide* kuhanja na senzorska i nutritivna svojstva različitog povrća

Lana Bašić, 0058201891

Sažetak: Inovativna termička metoda pripreme hrane *sous-vide* karakterizirana je vakuumskim zatvaranjem hrane u termostabilne vrećice koje se uranjaju u medij za kuhanje, vodu ili vodenu paru, a sve se odvija u točno definiranim uvjetima temperature i vremena. Cilj ovog završnog rada je prema dostupnoj literaturi prikazati rezultate dosadašnjih istraživanja o utjecaju *sous-vide* kuhanja na senzorska i nutritivna svojstva različitog povrća (teksturu, boju, antioksidacijsku aktivnost, sadržaj vitamina C, mineralnih tvari i pepela) te prikazati prednosti i nedostatke metode u pripremi povrća u odnosu na druge tradicionalno korištene metode. Rezultati znanstvenih istraživanja pokazuju da *sous-vide* priprema osigurava bolju senzorsku kvalitetu povrća te čuva njegovu nutritivnu vrijednost u usporedbi s ostalim metodama termičke obrade.

Ključne riječi: antioksidacijska aktivnost, boja, povrće, *sous-vide* kuhanje, tekstura

Rad sadrži: 35 stranica, 12 slika, 5 tablica, 47 literaturnih navoda, 0 priloga

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. Marija Badanjak Sabolović

Pomoć pri izradi: doc. dr. sc. Marija Badanjak Sabolović

Datum obrane: 9. rujna 2019.

BASIC DOCUMENTATION CARD

Bachelor thesis

University of Zagreb
Faculty of Food Technology and Biotechnology
University undergraduate study Nutrition
Department of Food Engineering
Section for Food Preparation Processes
Scientific area: Biotechnical Sciences
Scientific field: Food Technology

The influence of *sous-vide* cooking on the sensory and nutritional properties of different vegetables

Lana Bašić, 0058201891

Abstract: *Sous-vide*, the innovative thermal method of food preparation, is characterized by the vacuum closure of food into thermostable bags and their immersion in cooking medium, water or water vapor, all taking place in precisely defined conditions of temperature and time. The aim of this final work is to present, according previous published data, results about impact of *sous-vide* cooking on sensory and nutritional properties of different vegetables (texture, color, antioxidant activity, vitamin C, minerals and ash content) as well as present advantages and disadvantages of this food preparation method in regard to other, traditional used methods. The results of scientific research indicate that *sous-vide* preparation of vegetables provide better sensory and preserves nutritional properties of vegetables compared to other thermal food preparation method.

Keywords: antioxidant activity, color, *sous-vide* cooking, texture, vegetables

Thesis contains: 35 pages, 12 figures, 5 tables, 47 references, 0 supplements

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 Marija Badanjak Sabolović, Assistant Professor

Technical support and assistance: PhD Marija Badanjak Sabolović, Assistant Professor

Defence date: September 9th 2019

Sadržaj

| | |
|--|----|
| 1. UVOD..... | 1 |
| 2. TEORIJSKI DIO..... | 2 |
| 2.1. Općenito o <i>sous-vide</i> metodi pripreme hrane..... | 2 |
| 2.2. Izvedba <i>sous-vide</i> postupka i potrebna oprema..... | 4 |
| 2.3. Prednosti i nedostaci <i>sous-vide</i> metode..... | 8 |
| 2.4. Priprema povrća <i>sous-vide</i> metodom..... | 10 |
| 2.5. Utjecaj <i>sous-vide</i> metode kuhanja na određena fizikalno-kemijska svojstva povrća..... | 13 |
| 2.5.1. Tekstura..... | 13 |
| 2.5.2. Boja..... | 17 |
| 2.5.3. Fenolni spojevi..... | 21 |
| 2.5.4. Antioksidacijska aktivnost..... | 23 |
| 2.5.5. Vitamin C..... | 26 |
| 2.5.6. Mineralne tvari i pepeo..... | 28 |
| 3. ZAKLJUČCI..... | 29 |
| 4. POPIS LITERATURE..... | 30 |

1. UVOD

Pravilna i uravnotežena prehrana jedan je od glavnih preduvjeta očuvanja dobrog zdravstvenog stanja ljudi. Uravnotežena prehrana podrazumijeva prehranu bogatu povrćem i voćem, koji su izvori mnogih dragocjenih nutrijenata, uključujući one s antioksidacijskim svojstvima. Voće se obično jede sirovo, a povrće, koje ima važnu ulogu u našoj prehrani zbog elemenata kao što su vlakna, voda i fitokemikalije, se često termički obrađuje prije konzumacije, što obično uzrokuje smanjenje njegove nutritivne vrijednosti. Dakle, iako se termička obrada hrane od davnina koristi za poboljšanje okusa i produljenje roka trajanja, ona obično rezultira promjenama u fizikalno-kemijskim svojstvima, antioksidacijskoj aktivnosti i sadržaju spojeva koji promoviraju zdravlje, kao što su glukozinolati, polifenoli ili vitamin C. Današnji potrošači svjesni su da povećana konzumacija povrća može spriječiti razvoj mnogih bolesti te zahtijevaju minimalnu obradu hrane u hladnom stanju kako bi proizvedena hrana bila karakteristikama slična svježim proizvodima. Upravo je to dovelo do sve češće upotrebe *sous-vide* metode za pripremu povrća. Inače, *sous-vide* kuhanje, čiji je cilj produžiti rok trajanja i očuvati kvalitetu proizvoda, najčešću primjenu ima u pripremi mesa, ali zbog niske temperature obrade i specifičnog vakuum pakiranja može uvelike pridonijeti i zadržavanju kvalitete termički obrađenog povrća. Svrha ovog završnog rada upravo je proučiti utjecaj *sous-vide* metode pripreme na senzorska i nutritivna svojstva različitog povrća (teksturu, boju, antioksidacijsku aktivnost, sadržaj vitamina C, mineralnih tvari i pepela) te prema do sada objavljenim rezultatima znanstvenih istraživanja prikazati prednosti i nedostatke metode u odnosu na druge tradicionalno korištene metode obrade povrća.

2. TEORIJSKI DIO

2.1. Općenito o *sous-vide* metodi pripreme hrane

Sous-vide je jedna od inovativnih termičkih metoda pripreme hrane. Popularnost pripreme hrane *sous-vide* metodom u prehrambenoj industriji je u porastu, a nezaobilazna je i u modernim kuhinjama. Neki od razloga sve češće upotrebe ove metode u pripremi hrane su produljenje roka trajanja hrane, manji gubitak nutrijenata tijekom pripreme u usporedbi s tradicionalnim metodama pripreme hrane, mogućnost pripremanja hrane unaprijed uz naknadno zagrijavanje prije serviranja (*catering*), kao i precizna kontrola temperature pripreme hrane koja omogućuje bolju ponovljivost, kontrolu pripremljenosti proizvoda i teksturu gotovog proizvoda (Baldwin, 2012; Kosewski i sur., 2018).

Sam izraz *sous-vide* u prijevodu s francuskog jezika znači „pod vakuumom“. Prema definiciji *sous-vide* je metoda pripreme hrane u točno definiranim uvjetima temperature i vremena, pri čemu je hrana vakuumski zatvorena u termostabilne vrećice koje se uranjaju u medij za kuhanje (voda ili vodena para) (Schellekens, 1996; Baldwin, 2012). Teško je točno definirati izraz *sous-vide*, a sama metoda smatra se specifičnim načinom *cook-chill* (kuhanje-hlađenje) pripreme hrane koji podrazumijeva potpunu pripremu hrane nakon koje se ona brzo hladi i skladišti u kontroliranim uvjetima niske temperature iznad točke ledišta (0 – 3 °C). Hrana pripremljena na ovaj način mora se upotrijebiti unutar pet dana, uključujući i dan pripreme hrane. Ovaj način pripreme vrlo se često koristi u bolnicama, školama i *catering*u zbog mogućnosti pripreme hrane unaprijed te podgrijavanja i serviranja hrane neposredno prije konzumacije (James i James, 2014).

Vrlo se često pod izrazom *sous-vide* podrazumijevaju dva postupka pripreme hrane:

1. Postupak pripreme hrane u kojem je proizvod djelomično kuhan, vakuumski pakiran i zatim upakiran podvrgnut pasterizaciji kratko vrijeme na visokoj temperaturi. Ovaj način pripreme obično se koristi u prehrambenoj industriji za proizvodnju gotovih jela.
2. Postupak pripreme hrane u kojem se proizvod pakira u vakuum sirov i potpuno ili djelomično kuhan, nakon čega slijedi kuhanje dulje vrijeme na niskoj temperaturi (sporo kuhanje). Taj proces obično koriste glavni kuhari.

Nakon ovih postupaka pripremljena hrana skladišti se u hladnim uvjetima do upotrebe. Po potrebi se potom dovršava, na način da se podgrijava ili zagrijava na određenu temperaturu kako bi se dovršilo kuhanje (James i James, 2014).

Tijekom pripreme hrane *sous-vide* metodom važno je držati se određenih smjernica i preporuka zbog sigurnosti i zdravstvene ispravnosti hrane, a u **tablici 1.** navedene su preporuke koje se koriste u Ujedinjenom Kraljevstvu za pripremu hrane ovom metodom u *catering*. Preporuke i smjernice se između ostaloga odnose na temperaturu obrade namirnica, temperaturu skladištenja, vrijeme potrebno za hlađenje, kao i rok trajanja te temperaturu ponovnog zagrijavanja.

Tablica 1. Preporuke za proizvodnju hrane *sous-vide* metodom (James i James, 2014)

| Faza u procesu | Zahtjevi |
|---|--|
| Početno kuhanje | Minimalno 70 °C, vrijeme nije navedeno |
| Porcioniranje | < 10 °C unutar 30 min |
| Vrijeme hlađenja | 1,5 h do 3 °C |
| Temperatura skladištenja | -18 °C |
| Rok trajanja na temperaturi skladištenja | Općenito, do 8 tjedana bez značajnih promjena |
| Kritična temperatura tijekom skladištenja | 5 – 10 °C Konzumirati unutar 12 h. Iznad 10 °C uništiti |
| Distribucija | Za kratka razdoblja dovoljni su izolirani spremnici; za duža razdoblja potreban je prijevoz u hladnjaku |
| Temperatura ponovnog zagrijavanja | Minimalno 70 °C |

Sous-vide način pripreme hrane datira iz 1970. kada je Bruno Goussault, francuski biokemičar i mikrobiolog, primijetio da je govedina kuhana na niskoj temperaturi (60 °C) i pakirana u vakuumu meka i sočna, što je ujedno želja i potrošača. Daljnim istraživanjem zaključio je da hrana pripremljena na nižim temperaturama ima bolja senzorska svojstva od konvencionalno pripremljene hrane čija priprema obično uključuje više temperature (Kilibarda i sur., 2018). Dok je Goussault istraživao mogućnosti primjene *sous-vide* metode za pripremu hrane u industriji, europski kuhari ispitivali su mogućnost upotrebe ove metode u kuhinjama i restoranima (Keller, 2008; Kilibarda i sur., 2018). Time su se razvile dvije različite primjene *sous-vide* kuhanja. Jedna je primjena u industriji (za pripremu velikog broja gotovih smrznutih jela koja se nakon odmrzavanja i podgrijavanja koriste u domaćinstvima), a druga je primjena

u restoranima i hotelima (Nyati, 2000; Kilibarda i sur., 2018). Osim upotrebe u kućanstvima, hrana pripremljena *sous-vide* metodom može se koristiti u komercijalnom *catering*u, zračnom prijevozu, vlakovima, na kruzerima te u školskim i bolničkim kuhinjama (Nyati, 2000; Kilibarda i sur., 2018). Godinama je hrana pripremljena ovom metodom bila dio prehrambene industrije, no u novije vrijeme postaje dostupnija u restoranima i kućanstvima (Kilibarda i sur., 2018).

2.2. Izvedba *sous-vide* postupka i potrebna oprema

Glavne karakteristike *sous-vide* metode pripreme hrane upravo su zatvaranje hrane u plastične vrećice u vakuumu i termička obrada (kuhanje) na temperaturama nižim od 100 °C (Lobo i sur., 2010). Vakuumskim zatvaranjem hrane prije kuhanja u plastične vrećice otporne na toplinu onemogućen je gubitak vrijednih nutrijenata koji pri konvencionalnom kuhanju prelaze u vodu te je hrana nutritivno vrjednija, a osim toga, pokazalo se da ima i bolja senzorska svojstva. Nadalje, pri konvencionalnom kuhanju zbog primjene visokih temperatura pripreme hrane, kao i prisutnog kisika, sadržaj tvari s antioksidacijskom aktivnosti se smanjuje. Istraživanja su pokazala da su ti gubici manji pripremom *sous-vide* metodom. Na **slici 1.** prikazan je uzorak mrkve pripremljen za kuhanje *sous-vide* metodom (Hong i sur., 2014).

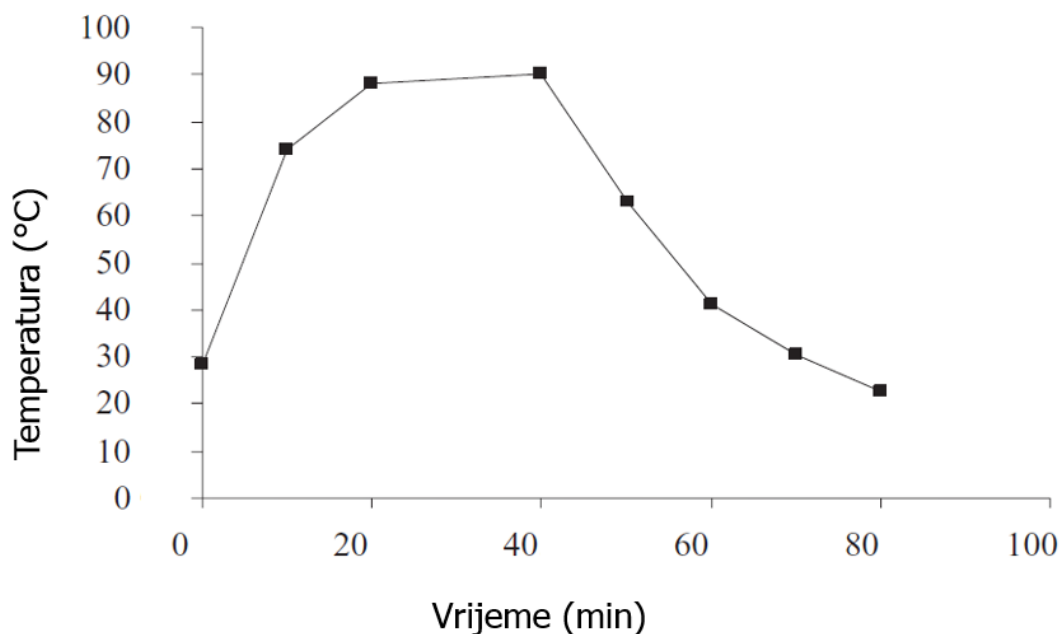


Slika 1. Uzorak mrkve pripremljen za kuhanje *sous-vide* metodom (Hong i sur., 2014)

Nakon pripreme hrane (čišćenje, pranje, porcioniranje) i pakiranja u plastične vrećice u vakuum, slijedi kuhanje hrane pri određenim uvjetima temperature i vremena. Ono što je

važno za napomenuti, za razliku od konvencionalnog kuhanja, temperature *sous-vid*e kuhanja su niže i obično su u rasponu od 65 °C do 95 °C. Najčešće se primjenjuju temperature preko 70 °C, ali ne više od 100 °C (Schellekens, 1996; Carlin, 2014).

Izbor temperature obrade ovisi prvenstveno o hrani koja se obrađuje. Najniže temperature primjenjuju se za obradu ribe, morskih plodova i mesa *sous-vid*e metodom. To su temperature u rasponu od 50 °C do 75 °C, s prosječnom temperaturom od 55 °C, a trajanje obrade je od nekoliko sati ili čak dana. Kod obrade povrća upotrebljavaju se više temperature, od 90 °C do 100 °C, a prosječna temperatura je 85 °C. Obrada traje kraće vrijeme, svega nekoliko minuta. Na **slici 2.** prikazan je karakteristični profil vremena i temperature za *sous-vid*e obradu mrkve (Patras i sur., 2010) iz kojeg se vidi kako se tijekom pripreme mrkva zadržava otprilike 20 min na temperaturi 85 °C.



Slika 2. Karakteristični profil vremena i temperature za *sous-vid*e obradu mrkve prilagođeno prema Patras i sur., 2010

Što se tiče obrade mesa *sous-vid*e metodom, temperature obrade razlikuju se ovisno o tome radi li se o crvenom mesu ili mesu peradi, kao i o duljini termičke obrade. Za crveno meso prosječna temperatura obrade je 56 °C – 60 °C, a vrijeme kuhanja mesa pri tim temperaturama je oko 4 sata. Prosječna temperatura za pripremu mesa peradi *sous-vid*e metodom je 63,5 °C, za proizvode od jaja 64,5 °C, a za mliječne proizvode 82 °C (Stringer i Metris, 2018).

Rok trajanja proizvoda pripremljenih *sous-vide* metodom ovisi o temperaturi i vremenu trajanja pripreme, kao i o temperaturi skladištenja. Obično se kreće od 6 dana do 42 dana (Schellekens, 1996; García-Linares i sur., 2004). Kako bi se postigla sigurnost hrane na tržištu, dane su i određene preporuke o korištenju režima temperatura/vrijeme pripreme *sous-vide* proizvoda i temperature skladištenja ovisno o željenom roku trajanja proizvoda. Prema tome, mogu se razlikovati dvije kategorije *sous-vide* proizvoda:

Blago zagrijani *sous-vide* proizvodi - proizvodi koji su minimalno termički obrađeni, 70 °C tijekom 2 min. Budući da taj proces ne može deaktivirati bakterijske spore, prihvatljiv je samo ako su temperature skladištenja niže od 3 °C, a vrijeme skladištenja je maksimalno 5 dana kako bi se izbjegao rast psihotrofnih sojeva bakterije *C. botulinum*.

***Sous-vide* proizvodi predviđenog duljeg roka trajanja (> 5 dana)** - proizvodi koji su termički obrađeni na temperaturi 90 °C tijekom 10 min i čuvaju se u hladnim uvjetima skladištenja. Moguće je koristiti i blaže termičke obrade ako su prisutni neki drugi konzervansi, uključujući niži pH, smanjenu aktivnost vode i sigurnu kontrolu temperature skladištenja niže od 3 °C (Gould, 1999).

Sous-vide priprema hrane zahtijeva poseban trening osoblja, ali isto tako i specijaliziranu opremu. Oprema za pripremu hrane *sous-vide* metodom uključuje sljedeće (Kilibarda i sur., 2018):

- uređaj za vakuumsko pakiranje
- vrećice otporne na visoku temperaturu
- vodenu kupelj ili parnu pećnicu
- ubodni termometar.



Slika 3. *Sous-vide* kuhalo (Anonymous, 2019)

Uloga **uređaja za vakuumsko pakiranje** (i zavarivanje vrećica) je uklanjanje zraka iz pakiranja hrane te postizanje različitih vakuuma unutar pakiranja, ovisno o vrsti hrane koja se obrađuje. Uklanjanje zraka omogućuje bolji prijenos topline između vode i hrane te produžuje rok trajanja hrane budući da prisutnost kisika ubrzava kvarenje hrane (oksidacija) i „opekotine“ tijekom zamrzavanja (isušivanje) (Keller, 2008). Uređaji za pakiranje mogu biti različitih veličina te mogu postići manji ili veći tlak na hranu u vrećici. Visoki tlak se ne preporučuje za *sous-vide* obradu proizvoda vrlo nježne teksture poput ribljih fileta, jer bi oštetio tkivo. Takva vrsta hrane ne može se potpuno vakuumirati i preostali tlak unutar pakiranja obično iznosi 100 – 120 mbar. S druge strane, *sous-vide* obrada korjenastog povrća koristi visoki tlak kako bi se postigla najučinkovitija termička obrada (kod boljeg kontakta vrećice i povrća bolji je i prijenos topline). Za čvrste i fizički otporne sastojke hrane zaostali tlak unutar pakiranja može biti samo 10 – 15 mbar.

Važno je da materijali (polimeri) od kojih su izrađene **vrećice za vakuum pakiranje** hrane za *sous-vide* pripremu budu otporni na povišenu temperaturu i tlak, imaju nisku propusnost za plinove i vlagu te kemijski sastav koji će onemogućiti migraciju plastičnih materijala u hranu (De Baerdemaeker i Nicolai, 1995; Schellekens, 1996). Nakon zatvaranja (zavarivanja) plastične vrećice potpuno se uranjaju u **vodenu kupelj** ili se smještaju u vruću **parnu pećnicu** u kojima je omogućeno podešavanje i stalno praćenje temperature (Carlin, 2014). Osim pećnica ili vodenih kupelji, *sous-vide* se može izvoditi i pomoću *sous-vide* kuhala

(cirkulator koji se uranja u vodu) koje je prikazano na **slici 3**. Sastoji se od grijaćeg elementa koji grije vodu, jedinice za kontrolu temperature i pumpe koja cirkulira vodu (omogućuje strujanje vode i ravnomjernu raspodjelu topline). Prednost ovog kuhala je da se može staviti na bilo koju posudu, pa se često koristi u kućanstvima ili manjim restoranima (Keller, 2008).

Za kontrolu i praćenje temperature kuhanja koristi se **ubodni termometar** koji je potrebno redovito kalibrirati od strane ovlaštenih laboratorija (Killibarda i sur., 2018).

Uz gore navedenu opremu, sam postupak *sous-vide* pripreme hrane uključuje sljedeće operacije:

1. **pakiranje** pripremljene sirove ili djelomično kuhane hrane u specijalizirane plastične vrećice
2. **zatvaranje (zavarivanje)** gotove hrane u vrećice pod vakuumom kako bi se uklonio zrak koji okružuje hranu
3. **kuhanje** hrane u vodenoj kupelji ili parnoj pećnici za neposrednu potrošnju **ili pasterizacija** hrane
4. **brzo hlađenje** pasteriziranog prehrambenog proizvoda
5. **skladištenje** kuhanog, ohlađenog proizvoda pod kontroliranim uvjetima (vrijeme skladištenja ovisi o uvjetima temperature i vremena provedene obrade)
6. **ponovno zagrijavanje (regeneriranje)** prehrambenog proizvoda **i serviranje** (James i James, 2014).

Prehrambeni proizvodi proizvedeni *sous-vide* metodom pripreme razlikuju se ovisno o tome konzumiraju li se odmah nakon pripreme ili se nakon pripreme brzo hlade ili zamrzavaju te skladište. Prema tome se i gore navedeni postupak može malo razlikovati. U prvom slučaju, koji je karakterističan za restorane i kućanstva, sirova ili djelomično gotova hrana pakira se u vakuum, zagrijava se ili pasterizira te se završava i servira. U drugom slučaju, nakon zagrijavanja i pasterizacije slijedi brzo hlađenje ili brzo smrzavanje u industrijskim uvjetima. Gotovi proizvodi pripremljeni na ovaj način spremni su za konzumaciju kod kuće nakon zagrijavanja i serviranja (Baldwin, 2012; Killibarda i sur., 2018).

2.3. Prednosti i nedostaci *sous-vide* metode

Hrana pripremljena *sous-vide* kuhanjem ima brojne prednosti u odnosu na hranu pripremljenu konvencionalnom termičkom obradom. U odnosu na konvencionalnu termičku

obradu, *sous-vide* kuhanje osigurava bolju kvalitetu sprječavajući gubitak hlapljivih tvari arome isparavanjem, a može se smanjiti i gubitak nutrijenata oksidacijom i ispiranjem (u tekućinu u kojoj se hrana priprema). Zbog nepropusne vrećice u koju se smješta, prirodna aroma se ne gubi pa se dodatak pojačivača okusa i aditiva (uključujući sol) može uvelike smanjiti ili čak u potpunosti ukloniti (James i James, 2014).

Brojne su prednosti *sous-vide* pripremljene hrane, a najvažnije su sprječavanje rasta aerobnih bakterija, nizak rizik od onečišćenja nakon pakiranja i pripreme, učinkovit prijenos topline iz pećnice ili vode na hranu unutar pakiranja, minimalan gubitak hlapljivih aromatskih spojeva i vlage tijekom termičke obrade, bolja senzorska svojstva proizvoda te inhibicija oksidacije i nastanka neugodnih mirisa (Carlin, 2014). Konstantno praćenje određenog režima obrade rezultira prehrambenim proizvodom boljih senzorskih svojstava, što ima utjecaj na prihvatljivost i odanost potrošača kod konzumiranja *sous-vide* pripremljenih proizvoda (Kilibarda i sur., 2018). Također, obradom u istim uvjetima koju je moguće postići ovom metodom te jednolikom raspodjelom topline unutar proizvoda koji se termički obrađuje moguće je pripremiti hranu uvijek iste kvalitete, a dosljednost u kvaliteti hrane potrošači posebno cijene.

Plastična folija sprječava gubitak hlapljivih aromatskih spojeva i vode tijekom *sous-vide* kuhanja, osigurava bolja senzorska svojstva te pridonosi sočnosti i nježnosti proizvoda, što se posebno ističe kod žilavih komada mesa (Kilibarda i sur., 2018). Zbog činjenice da *sous-vide* plastične vrećice sprječavaju izravan kontakt između hrane i kisika, ograničena je oksidacija biljnih pigmenata, klorofila i karotenoida te je očuvana boja biljnog tkiva (Mariangela i sur., 2017). Spriječena je i oksidacija ostalih sastojaka hrane koji mogu promijeniti aromu i okus hrane. Ovo do posebnog izražaja dolazi kod pripreme voća i povrća osjetljivog na oksidaciju i promjenu boje koje pripremljeno *sous-vide* metodom zadržava svijetlu boju, ne postaje tamno i smeđe (Keller, 2008).

Osim toga, blaga *sous-vide* obrada (niske temperature) može očuvati nutritivnu vrijednost hrane te na najmanju mjeru svesti nastajanje štetnih heterocikličkih amina i policikličkih aromatskih ugljikovodika. Naime, mutageni i kancerogeni benzopiren, najštetniji policiklički aromatski ugljikovodik koji nastaje pri obradi hrane na visokim temperaturama (pečenje, prženje, priprema na roštilju, dimljenje), ne nastaje tijekom *sous-vide* obrade (Kilibarda i sur., 2018).

Velika prednost *sous-vide* pripreme je mogućnost pripremanja jela unaprijed koja se potom hlade ili zadržavaju na određenoj temperaturi do posluživanja, kao i korištenje manje količine masnoće nego kod konvencionalne pripreme. Primjerice, kod pečenja/prženja mesa koristi se određena količina masnoće (Keller, 2008).

U nedostatke *sous-vide* metode ubraja se prisutnost patogena u gotovim *sous-vide* proizvodima, koja je najvjerojatnije rezultat prisutnosti mikroorganizama u sirovim sastojcima i koji zbog niske temperature obrade prežive tijekom obrade. Kilibarda i sur. (2018) naveli su da su neki od patogena u *sous-vide* hrani koji izazivaju zabrinutost *Escherichia coli*, *Salmonella*, *Vibrio*, *Staphylococcus aureus* i *Campylobacter* (vegetativne bakterije koje ne mogu rasti na temperaturama hlađenja i pretežno su inaktivirane pasterizacijom), *Listeria monocytogenes*, *Yersinia* i *Aeromonas* (vegetativne bakterije koje mogu rasti i razmnožavati se na temperaturama hlađenja, većina ih je osjetljiva na temperature pasterizacije, ali neke stanice mogu preživjeti blagu termičku obradu), neproteolitički *Clostridium botulinum*, enterotoksična *E. coli* i sporogeni, psihrotrofni *Bacillus cereus* (psihrotrofne sporogene patogene bakterije koje mogu preživjeti pasterizaciju te zatim rastu i razmnožavaju se na niskim temperaturama skladištenja) (Church i Parsons, 1993), proteolitički *Clostridium botulinum*, mezofilni *B. cereus* i *Clostridium perfringens* (bakterije koje tvore mezofilne spore koje mogu preživjeti pasterizaciju, ali ne mogu rasti i razmnožavati se na temperaturama hlađenja) (Stringer i Metris, 2018). Vakuumski pakirana *sous-vide* hrana mogla bi pružiti povoljne uvjete za rast i razmnožavanje anaerobnih bakterija, što je idealno za *Clostridium botulinum*, jednu od glavnih bioloških opasnosti metode *sous-vide*. Nadalje, curenja iz vrećica za pakiranje mogu rezultirati kontaminacijom *sous-vide* proizvoda s drugim vrstama patogena tijekom proizvodnje ili skladištenja (Nyati, 2000).

Nedostatak *sous-vide* pripreme, koji se posebno ističe kod pripreme mesa, je izostanak nastajanja smeđe obojenih spojeva na površini mesa odgovornih za specifičnu boju prženog/pečenog mesa. Smeđi pigmenti nastaju uslijed odvijanja niza reakcija između aminoikiselina i šećera, a reakcije se jednim imenom nazivaju Maillardove reakcije i odvijaju se u uvjetima niske vlažnosti i visoke temperature (130 °C) (Lelas, 2008). Kako je karakteristično smeđe obojenje poželjno nakon termičke obrade (privlači potrošača), upravo je izostanak istog jedan od nedostataka *sous-vide* metode kuhanja.

2.4. Priprema povrća *sous-vide* metodom

Povrće ima važnu ulogu u našoj prehrani zbog elemenata kao što su vlakna, voda, fitokemikalije (vitamini, polifenoli) i proteini. Svijest potrošača o zdravijoj prehrani temeljenoj na povrću i voću je u porastu, što utječe na njihovu veću proizvodnju i konzumaciju (Iborra-Bernad i sur., 2015; Koç i sur., 2017).

Upravo su brojna znanstvena istraživanja, koja su pokazala povezanost prisutnih spojeva (vitamini, mineralne tvari, polifenoli) u svježem povrću (kao i voću) sa smanjenjem

potencijala razvoja različitih kroničnih bolesti (bolesti kardiovaskularnog sustava, probavnog sustava i brojne druge), potaknula svijest potrošača o potrebi konzumiranja različitog svježeg povrća. Većina povrća sezonskog je karaktera pa se osim u svježem obliku sve više konzumira i smrznuto povrće ili konzervirano na neki drugi način (Rimm i sur., 1996; Pellegrini i sur., 2010).



Slika 4. Povrće (Anonymous, 2019)

Povrće se može konzumirati u svježem stanju, ali vrlo često se prije konzumacije podvrgava termičkoj obradi. Najčešće konvencionalne metode termičke obrade povrća su kuhanje uranjanjem u vodu i kuhanje na pari. Obje metode provode se u prisustvu kisika pri temperaturama oko 100 °C. Oba načina pripreme povrća uzrokuju značajne promjene u kemijskom sastavu povrća smanjujući udio vitamina, posebno vitamina C, ali i mnogih drugih termolabilnih spojeva (npr. polifenolnih spojeva) (Roy i sur., 2009; Mariangela i sur., 2017).

Konvencionalno kuhanje, koje podrazumijeva visoke temperature pripreme, pridonosi gubitku okusa, arome, boje i teksture te nutrijenata povrća, kao i potpunom ili djelomičnom gubitku vitamina, minerala i polifenolnih spojeva u povrću (Vallejo i sur., 2002; Iborra-Bernad i sur., 2013). Iz toga razloga, *sous-vide* može biti dobra zamjena za tradicionalne metode kuhanja povrća jer su istraživanja pokazala manji gubitak nutrijenata, mineralnih tvari i vitamina, kao i polifenolnih spojeva (Mariangela i sur., 2017).

Tablica 2. Usporedba triju metoda kuhanja: *sous-vide*, *cook-vide* i konvencionalno kuhanje (Iborra-Bernad i sur., 2015)

| | <i>Sous-vide</i> | <i>Cook-vide</i> | Konvencionalno kuhanje |
|--|---|-----------------------------------|--|
| Temperatura | Temperatura kuhanja < 100 °C (80 °C i 90 °C) | | Temperatura kuhanja ≈ 100 °C |
| Smanjenje prisutnosti kisika | Od pripreme vrećice | Tijekom procesa kuhanja | Prirodna prisutnost kisika u atmosferi |
| Materijal u kontaktu s proizvodom | Uzorci su u vakuumski zatvorenoj vrećici | Kontakt uzoraka i grijaćih medija | |
| Stanje medija za kuhanje | Tekuća voda bez kipljenja | | Kipuća voda |

U **tablici 2.** prikazana je usporedba *sous-vide* metode s *cook-vide* metodom i konvencionalnom metodom pripreme hrane. Kod konvencionalnog kuhanja povrće se uglavnom uranja u kipuću vodu (oko 100 °C) nekoliko minuta pri atmosferskim uvjetima (Araya i sur., 2009). Takav način pripreme rezultira gubitkom okusa, boje i vitamina (Somsu i sur., 2008) zbog visoke temperature obrade. Osim zbog visoke temperature, do gubitaka dolazi i zbog uranjanja namirnica izravno u vodu, pri čemu dolazi do ispiranja određenih tvari topljivih u vodi poput vitamina, mineralnih tvari i tvari arome čime su narušena i nutritivna i senzorska svojstva namirnica. S druge strane, kuhanje pod vakuumom (*sous-vide* i *cook-vide*), koje je popularno u prehrambenoj tehnologiji posljednjih desetljeća, karakterizira priprema hrane na nižoj temperaturi kraće vrijeme te je ono bolje od konvencionalnog kuhanja zbog nedostatka kisika u okolini za kuhanje i pripreme na niskoj temperaturi. Također, aroma i pigmenti se zadržavaju dulje (Iborra-Bernad i sur., 2014). Dakle, jedna alternativna metoda kuhanja hrane pod vakuumom je *sous-vide*, a druga je *cook-vide*. *Cook-vide* je poznat kao izvanredna metoda kuhanja zbog niske temperature i kratkog vremena obrade, zbog čega je bolje očuvana nutritivna vrijednost i tekstura hrane (Andrés-Bello i sur., 2009). Hrana se kuha u kahalima s nižim tlakom pa pri temperaturama ispod 100 °C voda ključa. Dakle, *cook-vide* osigurava minimalne gubitke nutritivne vrijednosti i osigurava bolja senzorska svojstva pripremljene hrane (García-Segovia i sur., 2008; Martínez-Hernández i sur., 2013). Dok kod *cook-vide* pripreme voda ključa na nižoj temperaturi (Mir-Bel i sur., 2012), kod *sous-vide* pripreme voda u komori za kuhanje ne ključa pri istoj temperaturi i atmosferskim uvjetima

tlaka. Kod pripreme *cook-vidé* metodom hrana je u izravnom kontaktu s vodom pri temperaturi vrenja, a u *sous-vidéu* hrana nije u izravnom kontaktu s vodom zbog pakiranja u vrećice. Budući da je na istoj temperaturi površinski koeficijent prijenosa topline viši u kipućoj vodi (*cook-vidé*) nego u tekućoj vodi (*sous-vidé*) (Iborra-Bernad i sur., 2013), prijenos topline u *sous-vidéu* sporiji je nego u *cook-vidéu* (Koç i sur., 2017).

Zahtjevi potrošača za minimalno obrađenom hranom u hladnom stanju s karakteristikama sličnim svježoj hrani doveli su do porasta korištenja metode *sous-vidé* u pripremi povrća (Schellekens i Martens, 1992). *Sous-vidé* je moderna metoda pripreme hrane koja može ispuniti očekivanja zahtjevnih potrošača za minimalno obrađenom, sigurnom, nutritivno vrijednom hranom koja ima vizualnu privlačnost, miris, okus i teksturu usporedivu s onom svježé hrane. Restoranima i prehrambenoj industriji pruža mogućnosti proširenja palete proizvoda, a time i postizanje véce dobiti i konkurentnosti na tržištu. Primjenom dobro osmišljenog marketinga, *sous-vidé* metoda treba pomoći proizvođačima hrane da steknu potrošače kojima je važna pravilna prehrana i nova iskustva s hranom (Schellekens, 1996; Kilibarda i sur., 2018).

2.5. Utjecaj *sous-vidé* metode kuhanja na određena fizikalno-kemijska svojstva povrća

Tradicionalne metode pripreme povrća (kuhanje, blanširanje, kuhanje na pari) mogu utjecati na promjenu teksture i nutritivne kvalitete povrća. Tekstura je ključni parametar kvalitete koju prehrambena industrija koristi za procjenu prihvatljivosti proizvoda (svježih ili obrađenih) od strane potrošača. Povećana potražnja potrošača za termički obrađenim proizvodima od povrća koji svojim karakteristikama podsjećaju na svježé povrće (teksturuom, bojom) potaknula je istraživanja u području primjene novih termičkih metoda obrade povrća, a jedna od njih je i *sous-vidé* metoda kuhanja.

2.5.1. Tekstura

Tekstura su sva reološka i strukturalna (geometrijska i površinska) svojstva prehrambenog proizvoda koja se mogu uočiti pomoću mehaničkih, taktilnih te, gdje je to prikladno, vizualnih i slušnih receptora (ISO 5492, 2008). Tekstura hrane ključan je parametar prihvatljivosti hrane od strane potrošača (Wilhelm i sur., 2004). Potrošači često navode upravo teksturu kao razlog zbog kojeg vole ili ne vole određenu hranu (Cardello, 1996). U parametre teksture ubraja se tvrdoća (čvrstoća), jedan od najvažnijih parametara teksture, koji se često

koristi za određivanje svježine hrane, a ostali parametri za procjenu teksture proizvoda su elastičnost, kohezivnost, adhezivnost i gumiranost. Svaka termička obrada hrane utječe na promjenu njezine teksture (Kadam i sur., 2015). Kod povrća, kuhanje uzrokuje mekšanje tkiva, želatinizaciju škroba (kod povrća bogatog škrobom) i poboljšava probavljivost vlakana (Iborra-Bernad i sur., 2015).

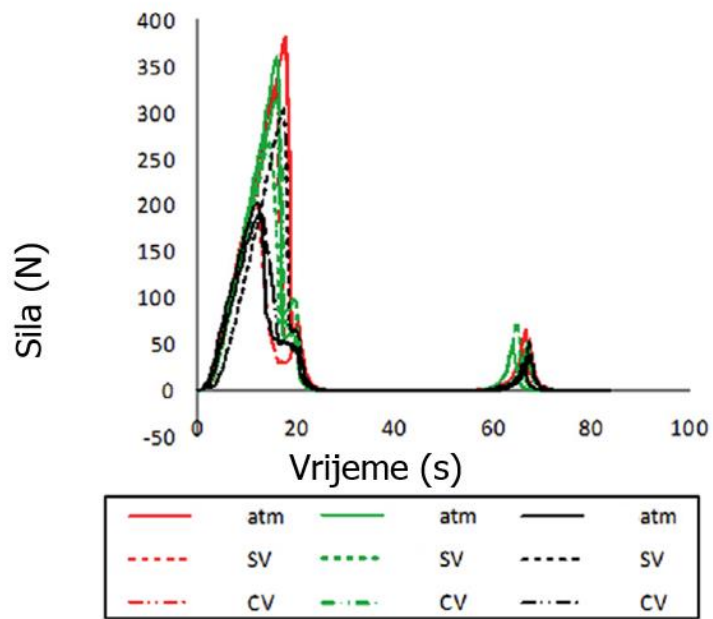
Promjena teksture biljnog tkiva povezana je s prisutnim biopolimerima kao što su škrob, celuloza, pektin i drugi, kao i staničnom i molekularnom organizacijom biljnog materijala. Modifikacije teksture rezultat su fizikalno-kemijskih promjena koje se događaju na stijenkama staničnog materijala, želatinizacija škroba, denaturacija proteina, bubrenje pektina, kao i izlazak zraka iz stanica tijekom blanširanja voća i povrća.

Tijekom kuhanja odvijaju se depolimerizacije i otapanja pektinskog materijala, posebno kod voća i povrća niske kiselosti, što uzrokuje smanjenje čvrstoće, odnosno mekšanja voća i povrća. Također dolazi i do bubrenja granula škroba i želatinizacije pri temperaturama oko 60 – 80 °C, što uzrokuje povećanje volumena stanica ovisno o količini prisutnog škroba. Zrak predstavlja značajan dio volumena tkiva voća i povrća koji je zatvoren u stanice tkiva ili se nalazi u međustaničnom prostoru. Pri termičkoj obradi zrak se otapa ili otpušta, što pridonosi kidanju stanične strukture (Kadam i sur., 2015).

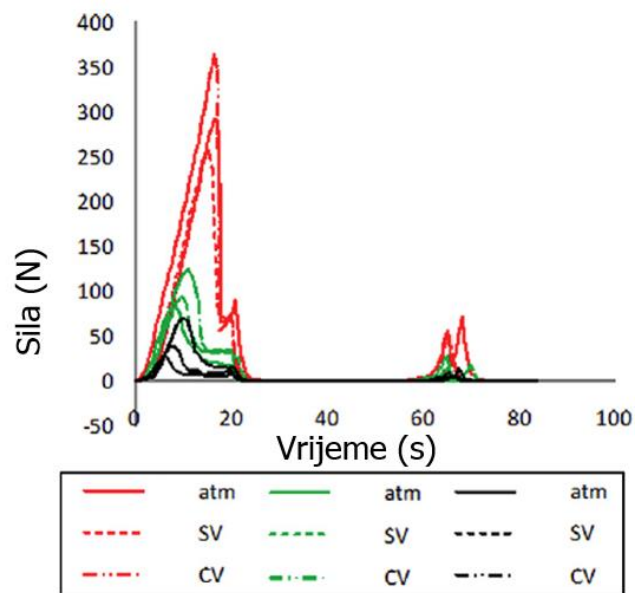
Koç i sur. (2017) proveli su istraživanje u kojem su određivali i međusobno usporedili teksturu mrkve i zelenog graška nakon *sous-vide*, *cook-vide* i konvencionalnog kuhanja pri atmosferskom tlaku. *Sous-vide* i *cook-vide* mrkva i zeleni grašak kuhani su na 60 – 90 °C. *Sous-vide* mrkva kuhana je tijekom 90 – 150 min, a zeleni grašak tijekom 50 – 100 min. *Cook-vide* mrkva kuhana je tijekom 20 – 60 min, a zeleni grašak tijekom 30 – 70 min. I mrkva i zeleni grašak kuhani su konvencionalno na atmosferskom tlaku tijekom 15, 30, 45 i 60 min. Rezultati su pokazali da je promjena teksture povrća sporija nakon *sous-vide* nego nakon *cook-vide* pripreme jer plastična vrećica ograničava prijenos topline. Iako je *sous-vide* priprema trajala duže od *cook-vide* pripreme zbog sporog prijenosa topline, stupanj mekšanja je sličan kod oba postupka. Temperatura i vrijeme kuhanja značajno su utjecali na omekšavanje povrća, odnosno njihovo povećanje dovodi do intenzivnijeg omekšavanja i nakon *sous-vide* i nakon *cook-vide*. Prema dobivenim rezultatima provedenog istraživanja autori su zaključili kako je do omekšavanja povrća najviše došlo nakon *sous-vide* pripreme (90 °C/120 min za mrkvu, 90 °C/75 min za zeleni grašak), zatim nakon *cook-vide* pripreme (85,61 °C/54,14 min za mrkvu, 90 °C/50 min za zeleni grašak), a najmanje je nakon konvencionalnog kuhanja pri atmosferskom tlaku (najveći stupanj omekšavanje nakon 60 min kuhanja, a najmanji nakon 15 min).

García-Segovia i sur. (2008) bavili su se istraživanjem teksture krumpira kuhanog na 70 °C i 90 °C tijekom različitog vremena pri atmosferskom tlaku (atm), *sous-videom* (SV) i *cook-videom* (CV). Rezultati njihova rada prikazani su na **slikama 5. i 6.** koje prikazuju krivulje analize parametara teksture (tvrdoća, kohezivnost, elastičnost, žvačljivost, gumiranost i adhezivnost). Krivulje su dobivene iz međusobne ovisnosti potrebne sile (N) i potrebnog vremena (sekunde). Iz priloženih krivulja i dobivenih rezultata, autori su zaključili da se najbrža promjena dogodila na 90 °C, odnosno kod kuhanja krumpira na toj temperaturi došlo je do brze promjene teksture. Na **slici 6.** može se vidjeti da su vrijednosti tvrdoće postale niže nakon 15 min kuhanja. Na 80 °C smanjenje čvrstoće nije toliko brzo kao kod 90 °C, ali je i dalje brže nego kod temperatura u rasponu od 60 °C do 70 °C. Dakle, vrijeme i temperatura imaju veliki utjecaj na teksturalne parametre. Međutim, analizom učinka uvjeta metode (atm, SV i CV) autori su primijetili da nema značajnih razlika između ispitivanih metoda (García-Segovia i sur., 2008).

Niže vrijednosti tvrdoće uočene su u *sous-videu* na 70 °C u usporedbi s kuhanjem na atmosferskom tlaku i *cook-videom*, a one su povezane s bržom želatinizacijom u *sous-vide* uvjetima zbog isparavanja vode nastalog kao rezultat temperaturnih uvjeta unutar vrećice. Kohezivnost opada s vremenom i temperaturom u svim metodama. Iako su se za ovaj parametar pojavile značajne razlike između metoda, metode pod vakuumom općenito pokazuju veće vrijednosti kohezivnosti. To je zbog smanjenog tlaka u staničnoj strukturi, što pridonosi manjem raspadanju uzorka. Za parametar elastičnost nisu otkrivene statistički značajne razlike između metoda. Razlike su otkrivene samo na 60 °C, što pokazuje da su uzorci obrađeni pod vakuumom elastičniji. Dakle, kuhanje krumpira u različitim uvjetima (atmosferski tlak, *sous-vide* i *cook-vide*) ne podrazumijeva značajne promjene u teksturalnim svojstvima proizvoda. Na teksturalna svojstva i staničnu strukturu izravno utječu uvjeti temperature i vremena kuhanja.



Slika 5. Krivulje analize profila teksture krumpira kuhanog na 70 °C 15, 30 i 45 min. (atm) kuhanje na atmosferskom tlaku, (SV) *sous-vide* kuhanje, (CV) *cook-vide* kuhanje prilagođeno prema García-Segovia i sur. (2008)



Slika 6. Krivulje analize profila teksture krumpira kuhanog na 90 °C 5, 10 i 15 min. (atm) kuhanje na atmosferskom tlaku, (SV) *sous-vide* kuhanje, (CV) *cook-vide* kuhanje prilagođeno prema García-Segovia i sur. (2008)

Iborra-Bernad i sur. (2015) proveli su slično istraživanje s ljubičastim krumpirom i zelenim mahunama nakon *sous-vide* i *cook-vide* kuhanja pri 80 °C i 90 °C te konvencionalnog kuhanja pri 100 °C tijekom različitih vremena obrade. Određivanjem parametara teksture nakon nabrojanih metoda pripreme (kuhanja uzoraka) rezultati su pokazali da nema značajne promjene čvrstoće pri istom trajanju pripreme, ali su uočili razlike pri bubrenju škroba. Kao moguće čimbenike koji objašnjavaju različito širenje škroba u staničnom lumenu autori su naveli utjecaj temperature, ulogu kontakta medija za kuhanje s povrćem tijekom kuhanja i niski tlak u oštećenim staničnim strukturama.

Kod zelenih mahuna kuhanih *sous-videom* i *cook-videom* pri 80 °C i 90 °C tijekom različitih vremena obrade (Iborra-Bernad i sur., 2015) rezultati su pokazali da kontakt s medijem za kuhanje značajno utječe na čvrstoću pri istoj temperaturi i vremenu pripreme, to jest dolazi do jače izraženog omekšavanja tkiva kada je voda za kuhanje u kontaktu sa zelenim mahunama i ovisi o temperaturi (80 °C i 90 °C). Vrijeme kuhanja mahuna *sous-videa* metodom pri 90 °C je duže od *cook-vide* kuhanja pri istoj temperaturi i konvencionalnog kuhanja na 100 °C (Iborra-Bernad i sur., 2015).

2.5.2. Boja

Boja povrća je senzorsko svojstvo koje se najčešće povezuje sa svježinom povrća. Potječe od biljnih pigmenata, od kojih su najpoznatiji fenolni spojevi, flavonoli i antocijani, nosioci crvene, žute i plave boje, odnosno svih nijansi tih boja, te karotenoidi i klorofili, nosioci crvene, žute i zelene boje, odnosno svih nijansi tih boja (Lelas, 2008).

Pigmenti se mijenjaju tijekom termičke obrade, na što utječe pH, temperatura, kisik, svjetlo, enzimi, metali (željezo, kositar, aluminij, bakar), usitnjenost sirovine. **Flavonoli** su pigmenti svjetložute boje, a najpoznatiji su kvercetin i kemferol. Kuhanje proizvoda koji sadržavaju flavonole pri visokom pH može uzrokovati tamnjenje luka i krumpira, a pri blanširanju ili kuhanju cvjetače može se pojaviti slabo crvenkasta boja. **Antocijani** su pigmenti koji povrću daju crvenu, plavu ili ljubičastu boju ovisno pH povrća ili voća u kojem se nalaze. Povrće koje ih sadrži narušavanjem strukture gubi prirodnu boju zbog pojave posmeđivanja. Na povišenoj temperaturi i uz prisutnost veće količine kisika nastaju crvenomseđi spojevi, a sa željezom, kositrom i aluminijem antocijani stvaraju intenzivne sivocrne soli. **Karotenoidi**, pigmenti žute do crvene boje, se dijele na karotene (α -, β - i γ -karoten te likopen) i ksantofile (hidroksi, keto, metoksi derivati karotena). Promjena pH ne utječe na promjenu boje karotenoida. Povišena temperatura te prisutnost kisika i svjetla djeluju oksidativno, a prisutnost željeza i bakra ubrzava oksidaciju. **Klorofili** („a“ i „b“), pigmenti koji povrću daju

plavozelenu i svjetlozelenu boju, vrlo se lako mijenjaju tijekom obrade povrća iz svjetlozelene u maslinastozelenu boju, što uzrokuje promjenu boje, a glavni čimbenici koji utječu na njihovu promjenu su pH, svjetlo, temperatura i enzimi (Lelas, 2008).

Boja je važno fizikalno svojstvo kuhanog povrća jer utječe na prihvatljivost potrošača (Koç i sur., 2017). Zamrzavanje je proces konzerviranja kojim se najbolje zadržavaju karakteristike boje, što značajno utječe na izbor potrošača (Pellegrini i sur., 2010). Zadržavanje izvorne boje povrća jedan je od glavnih ciljeva dijela prehrambene industrije koji se bavi proizvodnjom gotovih jela ili konzerviranih proizvoda (Iborra-Bernad i sur., 2013).

Boja je vizualni doživljaj, a može se mjeriti i instrumentalno (kolorimetri), pri čemu se određuju parametri boje (L^* , a^* i b^*). Parametar L^* označava svjetlinu uzorka, parametar a^* udio crvene, odnosno zelene boje, a parametar b^* udio plave, odnosno žute boje.

Lafarga i sur. (2018) u svom su radu istražili promjenu boje više vrsta različitog povrća nakon kuhanja na pari i *sous-vide*. Uvjeti kuhanja za kuhanje na pari i *sous-vide* bili su 100 °C i 80 °C tijekom 15 min. Crveni kupus kuhan na pari bio je svjetliji od svježeg, odnosno povećao je svjetlinu. Međutim, termička obrada nije utjecala na svjetlinu drugog ispitanog zeljastog povrća (repa, brokula, crni (lisnati) kelj, cvjetača i kupus). Repa i crveni kupus kuhani na pari povećali su i smanjili crvenu, odnosno zelenu boju. Osim toga, i *sous-vide* i kuhanje na pari rezultirali su smanjenjem intenziteta boje, koje je obično povezano s gubitkom zelene boje, za nekoliko povrća, uključujući brokulu i crni kelj. Gubitak zelene boje, općenito uočen tijekom termičke obrade povrća, djelomično je uzrokovan pretvorbom klorofila u feofitin i pirofeofitin, pri čemu boja povrća prelazi iz svjetlozelene u maslinastozelenu boju (Bongoni i sur., 2014). Crni kelj kuhan *sous-videom* i na pari imao je veći intenzitet boje od svježeg, a kuhanje na pari smanjilo je intenzitet boje crvenog kupusa u usporedbi sa svježim. Međutim, između kuhanja na pari i *sous-videa* nema vidljivog odstupanja boje, to jest nisu opažene velike razlike nakon obiju metoda kuhanja, što se vidi na **slici 7.**, koja prikazuje utjecaj termičke obrade na vizualni izgled cvjetače i kupusa. Dakle, iako je kuhanje rezultiralo gubitkom zelene boje za neko povrće, vjerojatno zbog razgradnje klorofila, nisu uočene razlike nakon *sous-videa* ili kuhanja na pari na cjelokupnom vizualnom izgledu ispitanog zeljastog povrća (Lafarga i sur., 2018).



Slika 7. A) Cvjetača i B) kupus prije i nakon termičke obrade (Lafarga i sur., 2018)

Degradacija klorofila glavni je razlog za promjene u boji zelenog povrća nakon kuhanja te se stoga može smatrati učinkom termičke obrade, ovisno o temperaturi kuhanja. **Tablica 3.** (Guillén i sur., 2016) prikazuje sadržaje „a“, „b“ i ukupnog klorofila povrća (brokula, zelene mahune i artičoke) kuhanog *sous-videom* te konvencionalno (u kipućoj vodi i uranjanjem u vodu na temperaturama ispod 100 °C) pod različitim uvjetima temperature i vremena. Rezultati istraživanja koje su proveli Guillén i sur. (2016) pokazali su da za brokulu i artičoke nisu nađene značajne razlike u sadržaju klorofila nakon *sous-videom* kuhanja i kuhanja na temperaturi nižoj od 100 °C. Također, artičoke kuhane *sous-videom* na 100 °C imale su manju degradaciju klorofila u usporedbi s onima koje su kuhane konvencionalno u kipućoj vodi, što pokazuje da vakuum ima zaštitni učinak na degradaciju klorofila u artičokama kuhanim na 100 °C. Dakle, autori su zaključili da vakuum ima zaštitni učinak na degradaciju klorofila za neko povrće (artičoke), a za neko ne (zelene mahune i brokula). Zaključili su i da smanjenje temperature kuhanja ispod 100 °C rezultira boljim zadržavanjem karakteristične boje sirovog povrća i ova poboljšanja očuvanja boje kuhanjem na temperaturi nižoj od 100 °C povezali su s manjom razgradnjom klorofila (ukupnog, „a“ i „b“).

Tablica 3. Sadržaj klorofila (mg/g suhe tvari) u brokuli, zelenim mahunama i artičokama kuhanim pod različitim uvjetima prilagođeno prema Guillén i sur. (2016)

| Povrće | Uvjet kuhanja | Klorofil | | |
|----------------------|---------------------------------|----------|-------|-------|
| | | Ukupni | „a“ | „b“ |
| Brokula | Svježa | 1,430 | 1,047 | 0,383 |
| | Kuhanje u kipućoj vodi | 0,599 | 0,357 | 0,242 |
| | Kuhanje na temperaturi < 100 °C | 1,216 | 0,902 | 0,314 |
| | <i>Sous-vide</i> | 1,209 | 0,857 | 0,352 |
| Zelene mahune | Svježe | 2,561 | 1,695 | 0,866 |
| | Kuhanje u kipućoj vodi | 1,083 | 0,291 | 0,792 |
| | Kuhanje na temperaturi < 100 °C | 1,430 | 0,569 | 0,861 |
| | <i>Sous-vide</i> | 1,602 | 0,747 | 0,855 |
| Artičoke | Svježe | 1,058 | 0,355 | 0,702 |
| | Kuhanje u kipućoj vodi | 0,593 | 0,186 | 0,407 |
| | Kuhanje na temperaturi < 100 °C | 0,736 | 0,300 | 0,436 |
| | <i>Sous-vide</i> | 0,741 | 0,283 | 0,608 |
| | <i>Sous-vide</i> 100 °C | 0,735 | 0,207 | 0,529 |

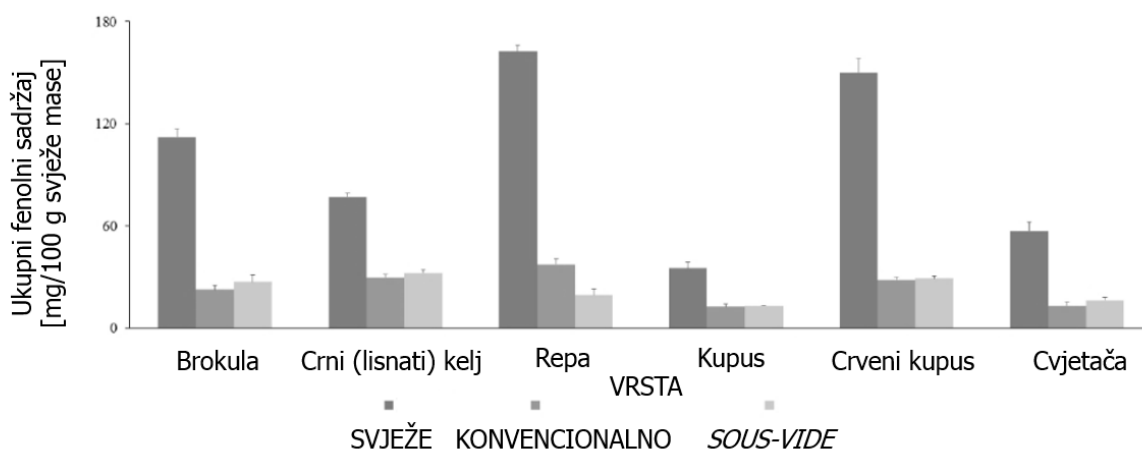
dos Reis i sur. (2015) analizirali su sadržaj ukupnog klorofila u brokuli nakon *sous-videa* na 90 °C tijekom 20 min, nakon kuhanja u vodi na 100 °C tijekom 5 min, nakon kuhanja na pari 20 min i nakon kuhanja u mikrovalnoj pećnici 4 min te su primijetili da je najveći nakon kuhanja brokule u kipućoj vodi, zatim slijedi *sous-vide*, kuhanje u mikrovalnoj pećnici te kuhanje na pari, kao metoda koja najlošije utječe na sadržaj ukupnog klorofila. Svježa brokula imala je najmanji sadržaj ukupnog klorofila u usporedbi s bilo kojom metodom termičke obrade, iz čega se može zaključiti da termička obrada povoljno utječe na sadržaj ukupnog klorofila pa time i na boju brokule.

Iborra-Bernad i sur. (2015) prema rezultatima istraživanja zaključili su da je promjena boje (ΔE) ljubičastog krumpira u odnosu na svježi uzorak manja kod *sous-vide* kuhanja (80 °C i 90 °C) nego u drugim provedenim postupcima (tradicionalno kuhanje, *cook-vide*) pri istim temperaturama. Autori su navedeno objasnili ispiranjem antocijana u vodu u kojoj se kuhao, dok je kod *sous-vide* pripreme krumpir bio zaštićen plastičnom vrećicom.

2.5.3. Fenolni spojevi

Općenito je prihvaćeno da termička obrada rezultira razgradnjom fenolnih i drugih spojeva koji promoviraju zdravlje. Lafarga i sur. (2018) istražili su zato utjecaj konvencionalnog kuhanja (kuhanje na pari) i *sous-videa* na ukupni sadržaj fenolnih spojeva odabranog povrća (brokula, crni (lisnati) kelj, repa, kupus, crveni kupus i cvjetača), što je prikazano na **slici 8**. Uvjeti kuhanja za kuhanje na pari i *sous-vide* bili su 100 °C i 80 °C tijekom 15 min. Iako za većinu ispitanog povrća autori nisu uočili razlike između gubitka sadržaja fenolnih spojeva nakon kuhanja na pari i *sous-videa*, opazili su razliku u ukupnom sadržaju fenolnih spojeva repe, gdje je kuhanje na pari rezultiralo većim zadržavanjem ukupnog sadržaja fenolnih spojeva u usporedbi sa *sous-videom*.

Što se tiče antocijana, Iborra-Bernad i sur. (2015) u svom su istraživanju s ljubičastim krumpirom kuhanim *sous-videom* (80 i 90 °C/25, 30 i 35 min) utvrdili manje gubitke antocijana od onog kuhanog konvencionalnom metodom (100 °C/20, 25 i 30 min). Dakle, *sous-vide* se preporučuje za kuhanje ljubičastog krumpira zbog održanja većeg sadržaja antocijana (Iborra-Bernad i sur., 2015).



Slika 8. Usporedba ukupnog sadržaja fenolnih spojeva odabranih vrsta povrća prije i nakon termičke obrade prilagođeno prema Lafarga i sur. (2018)

Osim što su analizirali sadržaj ukupnog klorofila u brokuli nakon *sous-vide* kuhanja, kuhanja u vodi, kuhanja na pari i kuhanja u mikrovalnoj pećnici, dos Reis i sur. (2015) su na brokuli, ali i na cvjetači pri istim uvjetima analizirali i sadržaj fenolnih spojeva. Rezultati

istraživanja o utjecaju različitih metoda pripreme povrća, prikazani u **tablici 4.**, pokazali su da brokula kuhana *sous-videom* sadrži više fenolnih spojeva od brokule kuhane ostalim metodama, kao i od svježe brokule. S druge strane, Martínez-Hernández i sur. (2013b) opazili su da je sadržaj fenolnih spojeva veći nakon kuhanja brokule u mikrovalnoj pećnici nego za svježu brokulu ili nakon mnogih drugih metoda, od kojih je jedna *sous-vide* kuhanje. Provedeći isto istraživanje, dos Reis i sur. (2015) opazili su da cvjetača kuhana u mikrovalnoj pećnici sadrži više fenolnih spojeva od cvjetače kuhane ostalim metodama, ali i od svježe cvjetače (**tablica 4**), iz čega su zaključili da su ostale metode kuhanja uzrokovale značajna smanjenja fenolnih spojeva. Ipak, sadržaj fenolnih spojeva u svježoj cvjetači bio je približno jednak onom nakon kuhanja u mikrovalnoj pećnici. Prema rezultatima, zaključili su da je *sous-vide* najbolja metoda za očuvanje fenolnih spojeva u brokuli, a kuhanje u mikrovalnoj pećnici je najbolja metoda za očuvanje fenolnih spojeva u cvjetači.

Tablica 4. Sadržaj fenolnih spojeva (mg/100 g) prije i nakon termičke obrade brokule i cvjetače prilagođeno prema dos Reis i sur. (2015)

| | Svježe | Kuhano u vodi | Kuhano na pari | Kuhano u mikrovalnoj pećnici | Kuhano <i>sous-videom</i> |
|-----------------------------------|--------|---------------|----------------|------------------------------|---------------------------|
| Fenolni spojevi u brokuli | 987 | 824 | 997 | 1152 | 1469 |
| Fenolni spojevi u cvjetači | 1750 | 1226 | 1525 | 1792 | 1570 |

Uz praćenje klorofila i ukupnih fenolnih spojeva dos Reis i sur. (2015) također su pratili sadržaj karotenoida u navedenom povrću, a rezultati su prikazani u **tablici 5.** Rezultati istraživanja pokazali su da je prevladavajući karotenoid i u brokuli i u cvjetači β -karoten. Autori su zaključili da su sve metode kuhanja povećale raspoloživost karotenoida, vjerojatno zbog poremećaja tkiva. Sadržaj karotenoida u brokuli najviše se očuvao kuhanjem u vodi, a u cvjetači kuhanjem na pari. U ovom slučaju, *sous-vide* se nije pokazala kao najbolja metoda kuhanja za očuvanje sadržaja karotenoida u brokuli i cvjetači.

Tablica 5. Sadržaj karotenoida ($\mu\text{g}/100$ g suhe mase) prije i nakon termičke obrade brokule i cvjetače prilagođeno prema dos Reis i sur. (2015)

| Brokula | | | | | |
|------------------------------------|---------------|----------------------|-----------------------|-------------------------------------|---------------------------|
| Cvjetača | | | | | |
| | Svježa | Kuhana u vodi | Kuhana na pari | Kuhana u mikrovalnoj pećnici | Kuhana sous-videom |
| Lutein | 731 | 1688 | 1197 | 1436 | 1353 |
| | 51,1 | 57,7 | 98,5 | 47,1 | 72,7 |
| Zeaksantin | 70,5 | 87,0 | 88,6 | 74,2 | 134,0 |
| | 5,9 | 7,1 | 10,3 | 5,6 | 9,3 |
| Kriptoksantin | 174 | 219 | 152 | 121 | 155 |
| | 15,0 | 15,5 | 19,7 | 11,6 | 13,0 |
| α-karoten | 48,2 | 90,6 | 86,6 | 70,1 | 82,4 |
| | 2,5 | 6,4 | 7,6 | 3,4 | 2,4 |
| β-karoten | 1054 | 2192 | 1651 | 1671 | 1800 |
| | 102 | 134 | 103 | 100 | 106 |
| Ukupni | 2077 | 4276 | 3174 | 3372 | 3524 |
| karotenoidi | 177 | 221 | 239 | 168 | 204 |
| Vitamin A | 81,1 | 168 | 127 | 128 | 138 |
| | 7,9 | 10,3 | 8,0 | 7,7 | 8,2 |

2.5.4. Antioksidacijska aktivnost

Antioksidacijska aktivnost povrća može se odrediti različitim metodama, a potječe od fitokemikalija poput flavona, flavonola i fitosterola, vitamina A, C i E, za koje je poznato da smanjuju učinak štetnih radikala u organizmu.

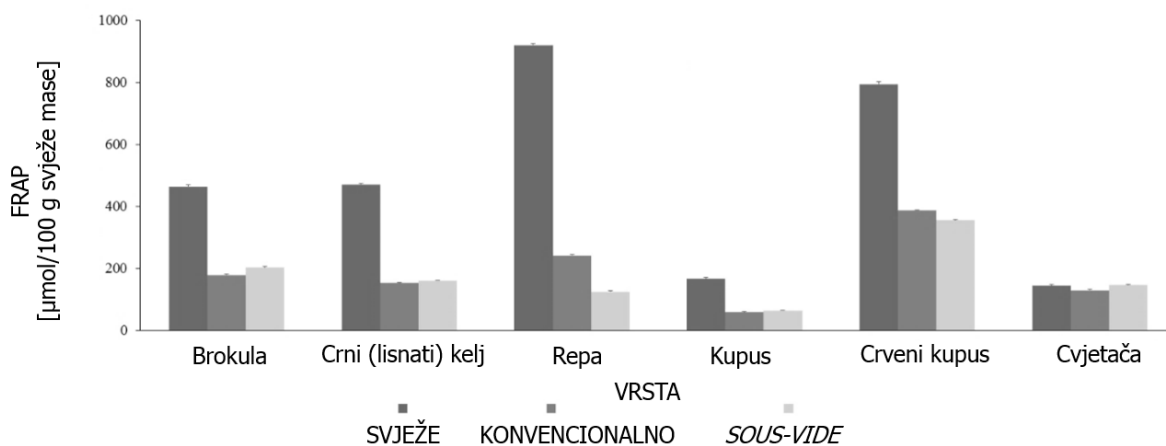
Neke od brojnih metoda kojima se određuje antioksidacijska aktivnost su metoda DPPH, odnosno uklanjanje slobodnog radikala DPPH koja reflektira ukupnu antioksidacijsku aktivnost te metoda FRAP, odnosno redukcija Fe^{3+} u Fe^{2+} (Kosewski i sur., 2018). Razlika u antioksidacijskoj aktivnosti može biti rezultat osjetljivosti metoda i različitih antioksidacijskih svojstava povrća (Róžańska i sur., 2014).

Prema antioksidacijskoj aktivnosti određenoj metodom DPPH u svježem povrću, povrće se može podijeliti u četiri skupine (Kosewski i sur., 2018):

1. **povrće velike antioksidacijske aktivnosti (235 – 192 μM Trolox/100 g povrća)** (kelj, cikla i crveni kupus)
2. **povrće prilično velike antioksidacijske aktivnosti (162 – 132 μM Trolox/100 g povrća)** (zelena, žuta i crvena paprika, crveni luk i korijen celera)
3. **povrće prosječne antioksidacijske aktivnosti (89,2 – 42,5 μM Trolox/100 g povrća)** (bijeli luk, špinat, ljetika, brokula, slatki krumpir i mrkva)
4. **povrće male antioksidacijske aktivnosti (31,9 – 7,47 μM Trolox/100 g povrća)** (rajčica, korijen peršina, cvjetača, krumpir, celer, češnjak, poriluk i korabica).

Brojna znanstvena istraživanja upravo se bave istraživanjem zadržavanja antioksidacijske aktivnosti povrća nakon različitih obrada kako bi se dobio uvid koja bi metoda bila najbolja za pripremu povrća u cilju očuvanja antioksidacijske aktivnosti.

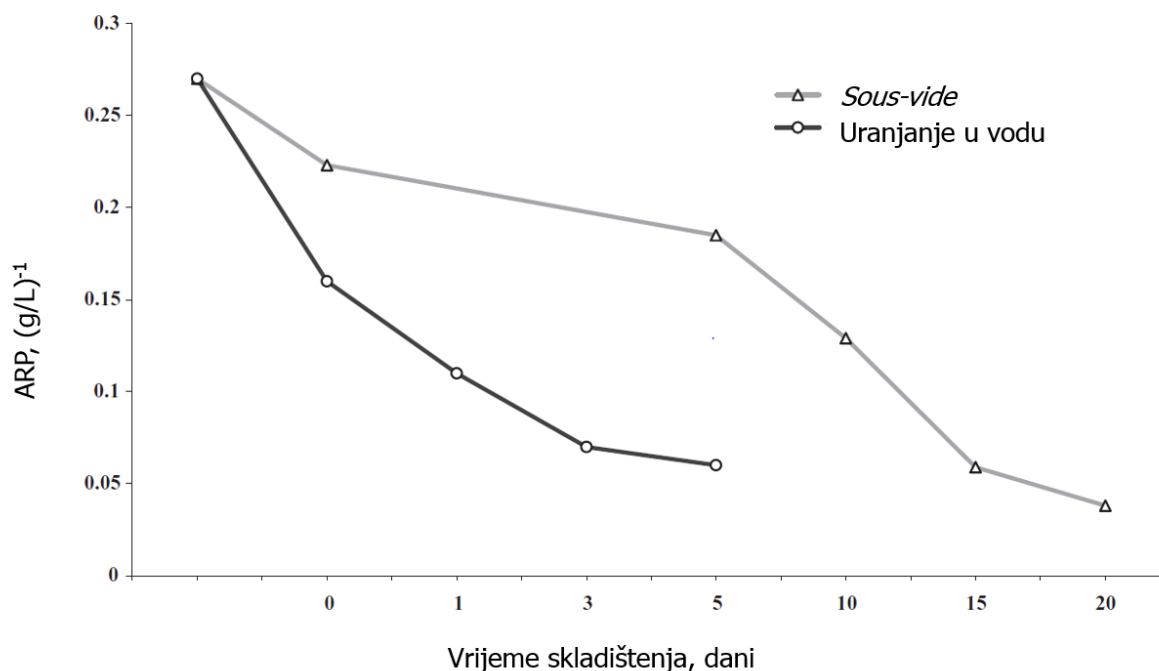
Lafarga i sur. (2018) istražili su antioksidacijsku aktivnost šest vrsta zeljastog povrća. Odredili su je metodom FRAP u svježem povrću te nakon konvencionalnog kuhanja i *sous-vide* kuhanja (**slika 9**). Uvjeti kuhanja za kuhanje na pari i *sous-vide* bili su 100 °C i 80 °C tijekom 15 min. Autori su opazili da iako se antioksidacijska aktivnost cvjetače nije razlikovala prije i nakon termičke obrade, termička obrada značajno je smanjila antioksidacijsku aktivnost ostalog ispitanog povrća. Nisu uočili razlike između izračunatog smanjenja antioksidacijske aktivnosti nakon *sous-videa* ili kuhanja na pari brokule, crnog (lisnatog) kelja i kupusa. Međutim, kod repe i crvenog kupusa uočili su veći gubitak antioksidacijske aktivnosti nakon *sous-videa* u usporedbi s kuhanjem na pari.



Slika 9. Usporedba antioksidacijske aktivnosti odabranih vrsta povrća prije i nakon termičke obrade prilagođeno prema Lafarga i sur. (2018)

dos Reis i sur. (2015) također su proučavali antioksidacijsku aktivnost u svježoj brokuli i cvjetači te u brokuli i cvjetači nakon *sous-vide* na 90 °C tijekom 20 min, nakon kuhanja u vodi na 100 °C tijekom 5 min, nakon kuhanja na pari 20 min i nakon kuhanja u mikrovalnoj pećnici 4 min. Uočili su da je i u brokuli i u cvjetači antioksidacijska aktivnost najveća nakon kuhanja u mikrovalnoj pećnici, a zatim slijedi *sous-vide*, kuhanje na pari i na kraju kuhanje u vodi. Dakle, *sous-vide* nije najbolja metoda za očuvanje antioksidacijske aktivnosti brokule i cvjetače, već je to kuhanje u mikrovalnoj pećnici.

Antioksidacijsku aktivnost povrća (mrkve) nakon *sous-vide* obrade i nakon uranjanja u vodu, a sve to pri različitim temperaturama i vremenima određivali su Patras i sur. (2010). Oni su zaključili da *sous-vide* obrada mrkve rezultira boljim zadržavanjem antioksidacijske aktivnosti u odnosu na konvencionalne metode kuhanja (uranjanje u vodu). Zaključili su i da se kod mrkve obrađene *sous-videom* i kod mrkve obrađene uranjanjem u vodu najveće smanjenje antioksidacijske aktivnosti događa tijekom naknadnog skladištenja na 4 °C. Međutim, *sous-vide* uzorci zadržavaju više razine antioksidacijske aktivnosti i antioksidacijskih spojeva tijekom skladištenja. Zapravo, za sve kemijske pokazatelje antioksidacijske aktivnosti postoji značajna linearna veza između vremena skladištenja i razina dotičnog parametra (**slika 10**) (Patras i sur., 2010).



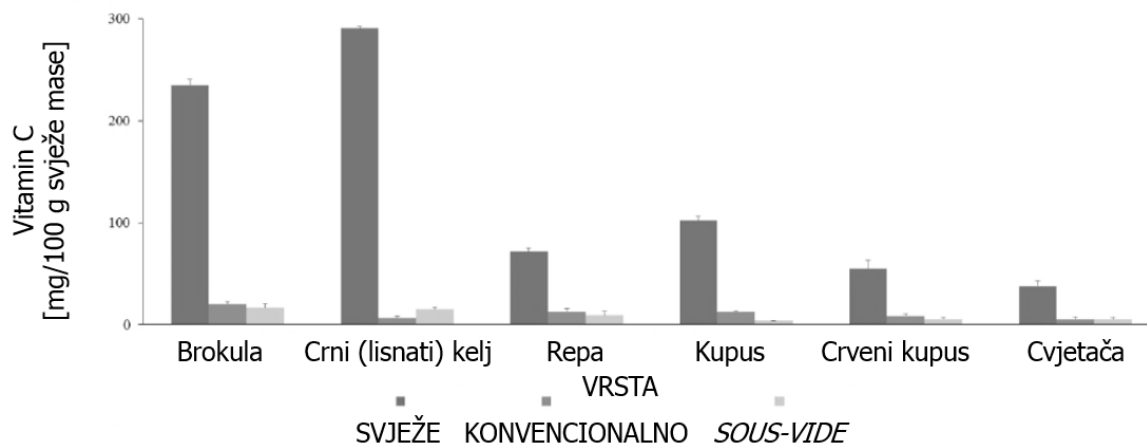
Slika 10. Utjecaj *sous-vide* metode, kuhanja uranjanjem u vodu i naknadnog skladištenja na antioksidacijsku aktivnost mrkve. ARP, antiradikalska snaga (Patras i sur., 2010)

Kosewski i sur. (2018) proveli su vrlo opsežnu studiju u kojoj su istražili utjecaj *sous-vide* i konvencionalne metode kuhanja povrća na antioksidacijsku aktivnost 22 vrsta povrća. Uzimajući u obzir usporedbu metoda, *sous-vide* metoda imala je više prednosti u odnosu na tradicionalnu pripremu u smislu zadržavanja antioksidacijske aktivnosti povrća. Razlog tomu je što kod *sous-vide* kuhanja pri nižim temperaturama ne dolazi do narušavanja stanica i staničnih stijenki pa nutrijenti zaostaju u stanici, kao i vakuum pakiranje koje sprječava oksidaciju i ispiranje nutritivno važnih spojeva (fenolni spojevi, vitamin C i dr.).

2.5.5. Vitamin C

Sadržaj vitamina C zeljastog povrća može se smanjiti tijekom obrade i skladištenja zbog topljivosti u vodi te osjetljivosti na visoku temperaturu i uvjete oksidacije, a među zeljastim povrćem značajno varira između njihovih vrsta (Gamboa-Santos i sur., 2013). **Slika 11.** prikazuje kako konvencionalna termička obrada (kuhanje na pari) i *sous-vide* utječe na sadržaj vitamina C odabranog povrća, pri čemu su uvjeti kuhanja za kuhanje na pari i *sous-vide* 100 °C i 80 °C tijekom 15 min. Termička obrada znatno smanji sadržaj vitamina C, a za kupus je smanjenje značajno veće nakon kuhanja na pari u usporedbi sa *sous-videom*

(Lafarga i sur., 2018). To može biti uzrokovano smanjenom količinom kisika prisutnog tijekom kuhanja *sous-videom*, jer je kisik vjerojatno najodređivaniji čimbenik u razgradnji vitamina C (Verbeyst i sur., 2013). Baardseth i sur. (2010) predložili su zato *sous-vide* kao idealnu metodu kuhanja kako bi se umanjili nutritivni i fitokemijski gubici.

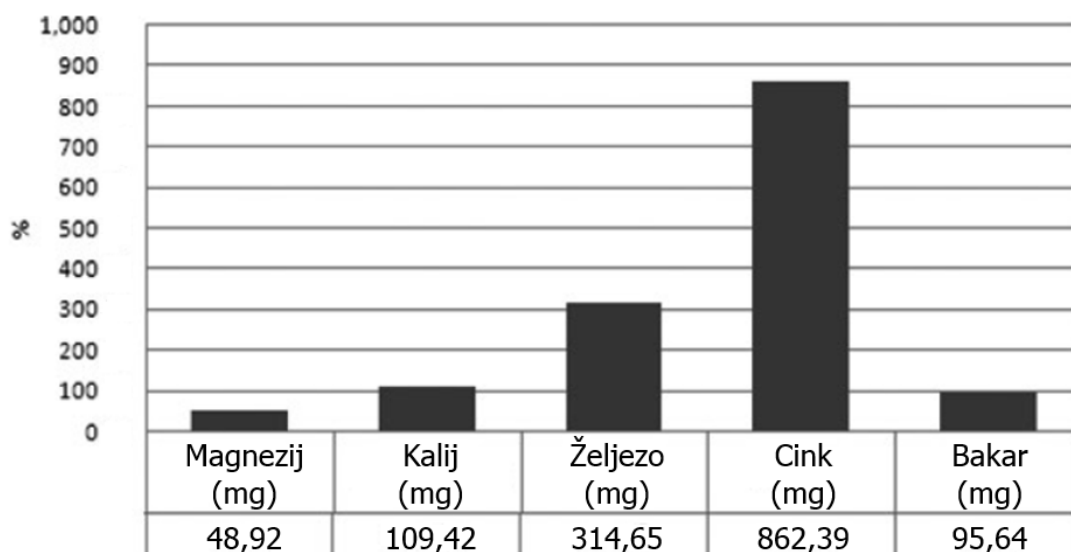


Slika 11. Usporedba sadržaja vitamina C odabranih vrsta povrća prije i nakon termičke obrade prilagođeno prema Lafarga i sur. (2018)

Iborra-Bernad i sur. (2015) istražili su i sadržaj vitamina C u svježim i kuhanim zelenim mahunama. Zelene mahune kuhane su *sous-videom* i *cook-videom* na 80 °C tijekom 40, 50 i 60 min i na 90 °C tijekom 20, 30 i 40 min te konvencionalnim kuhanjem na 100 °C tijekom 10, 15 i 20 min. Rezultati su pokazali da zelene mahune kuhane kraćim tretmanima, *sous-videom* na 80 °C (40 i 50 min) te *cook-videom* na 80 °C (40 min) i na 90 °C (20 i 30 min) imaju veći sadržaj vitamina C od svježih zelenih mahuna i zelenih mahuna kuhanih konvencionalno. Povećanje sadržaja vitamina C može se objasniti smanjenjem vlage u kuhanim uzorcima zbog oštećenja u stanicama za zagrijavanje. Smanjenje vlage povećava trenutni udio sadržaja vitamina C unatoč gubicima ove termoosjetljive molekule zagrijavanjem (Barrett i Lloyd, 2012). Dakle, *sous-vide* i *cook-vide* preporučuju se za kuhanje zelenih mahuna zbog održanja većeg sadržaja vitamina C (Iborra-Bernad i sur., 2015).

2.5.6. Mineralne tvari i pepeo

Određivanje sadržaja mineralnih tvari i pepela važno je za parametre kao što su kvaliteta, mikrobiološka stabilnost i nutritivna vrijednost povrća. Mineralne soli korisne su u tkivima i bitni su čimbenici bioloških funkcija jer su uključeni u strukturne i regulatorne aktivnosti. Stoga su Mariangela i sur. (2017) odredili sadržaj mineralnih tvari i pepela u mahunarkama (crvena leća, grašak i grah Borlotti) nakon konvencionalnog kuhanja u kipućoj vodi i nakon kuhanja *sous-videom*. Prema rezultatima istraživanja svi uzorci kuhani *sous-videom* pokazali su značajan porast sadržaja mineralnih tvari, s iznimkom željeza u grahu Borlotti. Također, sadržaj pepela povećao se u mahunarkama kuhanim *sous-vide* metodom. Veća koncentracija različitih pepela između uzoraka kuhanih konvencionalnim kuhanjem i *sous-videom* zabilježena je kod cinka (+862 mg), željeza (+314 mg), kalija (+109 mg) i bakra (+95 mg) (**slika 12**). Dakle, *sous-vide* je poželjan jer osigurava proizvode s većom koncentracijom mineralnih tvari i pepela u usporedbi s onima kuhanim konvencionalnim kuhanjem.



Slika 12. Zadržavanje mineralnih tvari *sous-vide* kuhanjem u odnosu na konvencionalno kuhanje (prosječno u „mg“ u svim vrstama promatranog povrća) prilagođeno prema Mariangela i sur., 2017

3. ZAKLJUČCI

- Zbog pakiranja hrane u plastične vrećice brzina promjene teksture kod povrća kuhanog *sous-vide* metodom je manja u odnosu na druge metode kuhanja, a povišenjem temperature brzina promjene teksture se povećava.
- *Sous-vide* priprema povrća omogućuje najveći stupanj omekšavanja povrća.
- Boja *sous-vide* kuhanog povrća ne razlikuje se od boje povrća kuhanog drugim metodama (*cook-vide*, kuhanje na pari, kuhanje u vodi).
- Kod nekih vrsta povrća zadržavanje klorofila, ukupnih fenola, antocijana i karotenoida bolje je u povrću kuhanom *sous-vide* metodom.
- Gubitak antioksidacijske aktivnosti određenog povrća manji je kod *sous-vide* kuhanja.
- Zadržavanje antioksidacijske aktivnosti povrća bolje je kod povrća pripremljenog *sous-vide* metodom u odnosu na tradicionalnu pripremu.
- Gubitak vitamina C te mineralnih tvari manji je kod povrća kuhanog *sous-vide* metodom.

4. POPIS LITERATURE

Andrés-Bello A., García-Segovia P., Martínez-Monzó J. (2009) Effects of vacuum cooking (cook-*vide*) on the physical-chemical properties of sea bream fillets (*Sparus aurata*). *Journal of Aquatic Food Product Technology* **18** (1 – 2): 79 – 89.

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.

Baardseth P., Bjerke F., Martinsen B. K., Skrede G. (2010) Vitamin C, total phenolics and antioxidative activity in tip-cut green beans (*Phaseolus vulgaris*) and swede rods (*Brassica napus* var. *napobrassica*) processed by methods used in catering. *Journal of the Science of Food and Agriculture* **90**: 1245 – 1255.

Baldwin D. E. (2012) *Sous vide* cooking: A review. *International Journal of Gastronomy and Food Science* **1** (1): 15 – 30.

Barrett D. M., Lloyd B. (2012) Advanced preservation methods and nutrient retention in fruits and vegetables. *Journal of the Science of Food and Agriculture* **92**: 7 – 22.

Bongoni R., Verkerk R., Steenbekkers B., Dekker M., Stieger M. (2014) Evaluation of different cooking conditions on broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica*) to improve the nutritional value and consumer acceptance. *Plant foods for human nutrition* **69**: 228 – 234.

Cardello A. (1996) The Role of the Human Senses in Food Acceptance. U: Food Choice, Acceptance and Consumption, Meiselman H. L., MacFie H. J. H., ur., Springer, US. str. 1 – 82.

Carlin F. (2014) Microbiology of *Sous Vide* Products. U: Encyclopedia of Food Microbiology, Batt C. A., Tortorello M. L., ur., Elsevier, London, UK. str. 621 – 626.

Church I. J., Parsons A. L. (1993) Review: *sous vide* cook-chill technology. *International Journal of Food Science and Technology* **28**: 563 – 574.

De Baerdemaeker J., Nicolaï B. M. (1995) Equipment considerations for sous vide cooking. *Food Control* **6** (4): 229 – 236.

dos Reis L. C. R., de Oliveira V. R., Hagen M. E. K., Jablonski A., Flôres S. H., de Oliveira Rios A. (2015) Carotenoids, flavonoids, chlorophylls, phenolic compounds and antioxidant activity in fresh and cooked broccoli (*Brassica oleracea* var. Avenger) and cauliflower (*Brassica oleracea* var. Alphina F1). *LWT - Food Science and Technology* **63**: 177 – 183.

Gamboa-Santos J., Cristina Soria A., Pérez-Mateos M., Carrasco J. A., Montilla A., Villamiel M. (2013) Vitamin C content and sensorial properties of dehydrated carrots blanched conventionally or by ultrasound. *Food Chemistry* **136**: 782 – 788.

García-Linares M. C., Gonzalez-Fandos E., García-Fernández M. C., García-Arias M. T. (2004) Microbiological and nutritional quality of sous vide or traditionally processed fish: influence of fat content. *Journal of Food Quality* **27**: 371 – 387.

García-Segovia P., Andrés-Bello A., Martínez-Monzó J. (2008) Textural properties of potatoes (*Solanum tuberosum* L., cv. Monalisa) as affected by different cooking processes. *Journal of Food Engineering* **88**: 28 – 35.

Gould G. W. (1999) Sous vide foods: conclusions of an ECFF botulinum working party. *Food Control* **10**: 47 – 51.

Guillén S., Mir-Bel J., Oria R., Salvador M. L. (2016) Influence of cooking conditions on organoleptic and health-related properties of artichokes, green beans, broccoli and carrots. *Food Chemistry*.

Hong Y.-K., Uhm J.-T., Yoon W. B. (2014) Using numerical analysis to develop and evaluate the method of high temperature sous-vide to soften carrot texture in different-sized packages. *Journal of Food Science* **79** (4): E546 – E561.

Iborra-Bernad C., García-Segovia P., Martínez-Monzó J. (2015) Physico-chemical and structural characteristics of vegetables cooked under sous-vide, cook-vide, and conventional boiling. *Journal of Food Science* **80** (8): 1725 – 1734.

Iborra-Bernad C., Philippon D., García-Segovia P., Martínez-Monzó J. (2013) Optimizing the texture and color of sous-vide and cook-vide green bean pods. *LWT - Food Science and Technology* **51**: 507 – 513.

Iborra-Bernad C., Tárrega A., García-Segovia P., Martínez-Monzó J. (2014) Comparison of vacuum treatments and traditional cooking using instrumental and sensory analysis. *Food Analytical Methods* **7**: 400 – 408.

ISO 5492:2008, Sensory analysis - Vocabulary.

James S., James C. (2014) Minimal Processing of Ready Meals. U: Emerging Technologies for Food Processing, 32. poglavlje, Food Refrigeration and Process Engineering Research Centre, The Grimsby Institute, HSI Building, Origin Way, Europarc, Grimsby, North East Lincolnshire, UK, Elsevier Ltd. str. 603 – 605.

Kadam S. U., Tiwari B. K., O'Donnell C. P. (2015) Improved Thermal Processing for Food Texture Modification. U: Modifying Food Texture, 1. izd., Chen J., Rosenthal A., ur., University College Dublin, Dublin, Ireland; Teagasc Food Research Centre, Dublin, Ireland, Elsevier Ltd. poglavlje 6.

Keller T. (2008) Under Pressure: Cooking Sous Vide, Artisan, New York, USA.

Kilibarda N., Brdar I., Baltić B., Marković V., Mahmutović H., Karabasil N., Stanisic S. (2018) The safety and quality of sous vide food. *Meat Technology* **59** (1): 38 – 45.

Koç M., Baysan U., Devseren E., Okut D., Atak Z., Karataş H., Kaymak-Ertekin F. (2017) Effects of different cooking methods on the chemical and physical properties of carrots and green peas. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* **42**: 109 – 119.

Kosewski G., Górna I., Bolesławska I., Kowalówka M., Więckowska B., Główska A. K., Morawska A., Jakubowski K., Dobrzyńska M., Mischczuk P., Przysławski J. (2018) Comparison of antioxidative properties of raw vegetables and thermally processed ones using the conventional and sous-vide methods. *Food Chemistry* **240**: 1092 – 1096.

Lafarga T., Bobo G., Viñas I., Zudaire L., Simó J., Aguiló-Aguayo I. (2018) Steaming and *sous-vide*: Effects on antioxidant activity, vitamin C, and total phenolic content of *Brassica* vegetables. *International Journal of Gastronomy and Food Science*: author's accepted manuscript.

Lelas V. (2008) Procesi pripreme hrane, Golden-marketing-Tehnička knjiga. str. 16 – 18.

Lobo V., Patil A., Phatak A., Chandra N. (2010) Free radicals, antioxidants and functional foods: Impact of human health. *Pharmacognosy Reviews* **4** (8): 118 – 126.

Mariangela R., Maria D., Silvia M., i sur. (2017) Nutritional advantages of sous-vide cooking compared to boiling on cereals and legumes: determination of ashes and metals content in ready-to-eat products. *Food Science & Nutrition* **5**: 827 – 833.

Martinez-Hernández G. B., Artés-Hernández F., Colares-Souza F., Gómez P. A., Garcia-Gómez P., Artés F. (2013) Innovative cooking techniques for improving the overall quality of Kailan-Hybrid Broccoli. *Food Bioprocess Technology* **6** (8): 2135 – 2149.

Martínez-Hernández G. B., Artés-Hernández F., Gómez P. A., Artés F. (2013b) Innovative cooking techniques for improving the overall quality of a kailan-hybrid broccoli. *Food and Bioprocess Technology* **6**: 2135 – 2149.

Mir-Bel J., Oria R., Salvador M. L. (2012) Influence of temperature on heat transfer coefficient during moderate vacuum deep-fat frying. *Journal of Food Engineering* **113** (2): 167 – 176.

Nyati H. (2000) An evaluation of the effect of storage and processing temperatures on the microbiological status of sous vide extended shelf-life products. *Food Control* **11**: 471 – 476.

Patras A., Brunton N. P., Butler F. (2010) Effect of water immersion and sous-vide processing on antioxidant activity, phenolic, carotenoid content and color of carrot disks. *Journal of Food Processing and Preservation* **34**: 1009 – 1023.

Pellegrini N., Chiavaro E., Gardana C., Mazzeo T., Contino D., Gallo M., Riso P., Fogliano V., Porrini M. (2010) Effect of different cooking methods on color, phytochemical concentration, and antioxidant capacity of raw and frozen *Brassica* vegetables. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **58**: 4310 – 4321.

Rimm E. B., Ascherio A., Giovannucci E., Spiegelman D., Stampfer M. J., Willett W. C. (1996) Vegetable, fruit, and cereal fiber intake and risk of coronary heart disease among men. *JAMA - The Journal of the American Medical Association* **275**: 447 – 451.

Roy M. K., Juneja L. R., Isobe S., Tsushida T. (2009) Steam processed broccoli (*Brassica oleracea*) has higher antioxidant activity in chemical and cellular assay systems. *Food Chemistry* **114**: 263 – 269.

Róžańska D., Regulska-Ilow B., Ilow R. (2014) Influence of selected culinary processes on the antioxidant capacity and polyphenol content in food. *Problemy Higieny i Epidemiologii* **95** (2): 215 – 222.

Schellekens M. (1996) New research issues in sous-vide cooking. *Trends in Foods Science and Technology* **7**: 256 – 262.

Schellekens M., Martens T. (1992) *Sous Vide State of the Art. Commission of the European Communities Directorate General XII, Research and Development, Publication N1 EUR 15018 EN*, Brussels, Belgium.

Somsub W., Kongkachuichai R., Sungpuag P., Charoensiri R. (2008) Effects of three conventional cooking methods on vitamin C, tannin, myo-inositol phosphates contents in selected Thai vegetables. *Journal of Food Composition and Analysis* **21** (2): 187 – 197.

Stringer S. C., Metris A. (2018) Predicting bacterial behavior in sous vide food. *International Journal of Gastronomy and Food Science*: article in press.

Vallejo F., Tomás-Barberán F. A., García-Viguera C. (2002) Glucosinolates and vitamin C content in edible parts of broccoli florets after domestic cooking. *European Food Research and Technology* **215**: 310 – 316.

Verbeyst L., Bogaerts R., Van der Plancken I., Hendrickx M., Van Loey A. (2013) Modelling of vitamin C degradation during thermal and high-pressure treatments of red fruit. *Food and Bioprocess Technology* **6**: 1015 – 1023.

Wilhelm L. R., Suter D. A., Brusewitz G. H. (2004) Texture of Food Materials. U: Food & Process Engineering Technology, 3. poglavlje, American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, MI.

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.

Lana Bajčić

ime i prezime studenta