

Kvaliteta i sigurnost sous vide pripremljenog mesa

Dizdarić, Dina

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://um.nsk.hr/um:nbn:hr:159:318948>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-31**



Repository / Repozitorij:

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



Sveučilište u Zagrebu
Prehrambeno-biotehnološki fakultet
Preddiplomski studij Nutricionizam

Dina Dizdarić

6703/N

Kvaliteta i sigurnost sous vide pripremljenog mesa

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: Nutricionizam

Kvaliteta i sigurnost sous vide pripremljenog mesa

Dina Dizdarić, 0058202883

Sažetak: Sous vide je metoda pripremanja namirnica kuhanjem u kontroliranim uvjetima obrade (temperature i vremena) u vakuumiranim plastičnim vrećicama. Najčešća primjena metode je za pripremu mesa. Cilj ovog završnog rada je prema dostupnoj literaturi prikazati prednosti sous vide tehnike u pripremanju mesa u odnosu na tradicionalne metode kuhanja. Prema do sada objavljenim rezultatima znanstvenih istraživanja sous vide metoda pokazala se izvrsnom za postizanje sočnosti mesa i jednoličnog kuhanja. Primjenom sous vide metode kuhanja postižu se bolje senzorske karakteristike mesa, smanjen je gubitak nutrijenata te je produljen vijek trajanja, bez rizika od rekontaminacije.

Ključne riječi: boja, meso, sigurnost hrane, sous vide kuhanje, tekstura

Rad sadrži: 30 stranica, 10 slika, 5 tablica, 44 literaturna 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: Nutrition

The quality and safety of sous vide prepared meat

Dina Dizdarić, 0058202883

Abstract: Sous vide is a food preparation process which implies food cooking in controlled processing condition (temperature and time) in vacuumized plastic pouches. The most common application of sous vide is meat preparation. Based on published literature data, the aim of this bachelor thesis is to study advantages of sous vide cooking of meat compared to traditional cooking methods. According to the published results of scientific researches sous vide is an excellent method for achieving juiciness and even cooking of meat. Sous vide cooking method results in better sensory quality of meat, reduced loss of nutrients and longer shelf-life, with no risk of recontamination.

Keywords: color, food safety, meat, sous vide, texture properties

Thesis contains: 30 pages, 10 figures, 5 tables, 44 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 sous vide tehnici pripreme hrane..... | 2 |
| 2.2.Utjecaj termičke obrade na fizikalna svojstva mesa..... | 9 |
| 2.2.1.Utjecaj sous vide tehnike na teksturu mesa..... | 11 |
| 2.2.2.Utjecaj sous vide tehnike na boju mesa..... | 12 |
| 2.2.3.Utjecaj sous vide tehnike na gubitke prilikom kuhanja..... | 16 |
| 2.3.Utjecaj sous vide tehnike na senzorske karakteristike mesa i proizvoda od mesa..... | 17 |
| 2.4.Mikrobiološka kvaliteta mesa i proizvoda od mesa pripremljenog sous vide tehnikom..... | 20 |
| 3.ZAKLJUČAK..... | 26 |
| 4.POPIS LITERATURE..... | 27 |

1. UVOD

Povećana potražnja potrošača za visoko kvalitetnim prehrambenim proizvodima potaknula je razvoj i primjenu novih tehnologija, kao i poboljšanja već korištenih u pripremanju hrane. Jedan od načina pripreme hrane, koji datira iz 60-ih godina prošlog stoljeća, koji se sve više koristi i čije se prednosti uvelike istražuju je sous vide kuhanje. Kod sous vide tehnike kuhanja, hrana se priprema u vakuumiranim termostabilnim vrećicama u vodenim kupeljima ili parno konvekcijskim pećnicama. Sous vide tehnika omogućava dobivanje proizvoda boljeg okusa, boje, teksture te očuvane nutritivne vrijednosti i duljeg vijeka trajanja od hrane koja se priprema tradicionalnim metodama kuhanja. Iako je moguće pripremanje različitih namirnica, metoda je najčešće primjenjivana za pripremanje mesa. Meso dobiveno sous vide tehnikom mekano je, sočno i jednolično termički obrađeno. Primjenom ove metode postiže se visoka reproducibilnost i smanjenje gubitaka prilikom kuhanja. Jedna od glavnih zamjerki primjene ove metode je nedostatak smeđe boje na površini mesa, što se može postići primjenom drugih dodatnih metoda pripremanja hrane i mikrobiološka ispravnost mesa budući da se obrada vrši pri nižim temperaturama. Svrha ovog završnog rada je prema dostupnoj literaturi prikazati primjenu tehnike sous vide u pripremanju mesa te njezin utjecaj na fizikalna svojstva, senzorske karakteristike i mikrobiološku kvalitetu mesa.

2. TEORIJSKI DIO

2.1. Općenito o sous vide tehnici pripreme hrane

Francuski izraz „sous vide“ znači „u vakuumu“ i odnosi se na metodu pripremanja sirovih namirnica kuhanjem u kontroliranim uvjetima temperature i vremena unutar termostabilnih vakuumiranih vrećica (Schellekens, 1996). Sous vide tehnika (slika 1) počela se razvijati početkom 1960-ih godina. Primjenjuje se diljem svijeta u restoranima, cateringu i industrijskim proizvodima (najčešće za pripremu mesa i šunke) (Carlin, 2014).

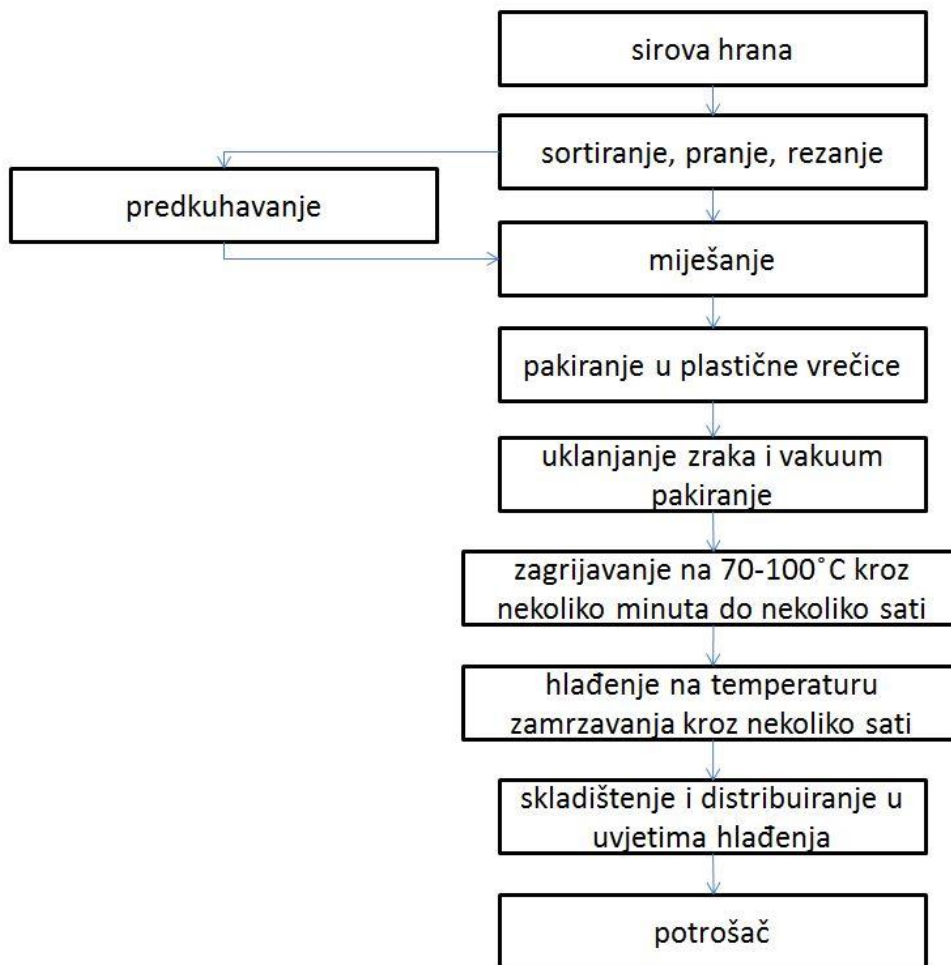


Slika 1. Sous vide kuhalo (Anonymus, 2019)

Osim mesa, sous vide tehnikom mogu se pripremiti i druge namirnice. Primjerice, riba pripremljena ovom tehnikom zadržava veće količine omega-3 masnih kiselina i nutrijenata od ribe kuhane na tradicionalan način (Ghazala i sur., 1996). Kod povrća, nutritivna vrijednost povrća gotovo je u cijelosti očuvana (Creed, 1995; Schellekens, 1996; Stea i sur., 2006).

Iako se tehnika *sous vide* pripreme hrane koristi u pripremi različitih namirnica, upravo je primjena u pripremi mesa zaslužna za njenu veliku popularnost (Ruiz i sur., 2013). Danas se najčešće konzumira mlado i mršavo meso (nemasno) koje pripremljeno tradicionalnim metodama pripreme gubi sočnost i lošijeg je okusa. *Sous vide* kuhanje omogućava pripremu bilo kojeg komada mesa tako da ostane sočno, mekano i puno okusa (Baldwin, 2010). U tradicionalne metode pripreme mesa ubrajaju se: pečenje, prženje, pirjanje, kuhanje i pripremanje u mikrovalnim pećnicama (Bejerholm i sur., 2014). Vrsta mesa poput goveđe i svinjske lopatica primjeri su mesa koji pripremljeni nekom od gore navedenih tradicionalnih metoda često ostaju žilavi i nedovoljno sočni. Upravo kod takvih vrsta mesa dolazi do izražaja razlika u kvaliteti mesa pripremljenog pomoću *sous vide* tehnike kojom meso zadržava sočnost te se odlikuje mekoćom. (Baldwin, 2012). Smatra se da je upravo kombinacija dugotrajne pripreme (do nekoliko sati) u kombinaciji sa niskom temperaturom pripreme odgovorna za smanjenje žilavosti mesa i zadržavanje sočnosti (Sanches del Pulgar i sur., 2012). Hrana pripremljena *sous vide* kuhanjem zapravo se smatra poširanom hranom i može se poslužiti kao takva. No ovakvim načinom pripreme izostaje pojava razvoja aroma i boja proizvoda koje su inače posljedica odvijanja Maillardovih reakcija prilikom pripreme hrane. Maillardove reakcije posmeđivanja složene su reakcije između aminokiselina i reducirajućih šećera, posebno izražene kod pripreme mesa, a odvijaju se u uvjetima niske vlažnosti i visokih temperatura u nekoliko faza pri čemu nastaju tamno smeđi obojeni spojevi i tvari arome (Mottram, 1998; Lelas, 2008). Upravo izostanak Maillardovih reakcija (nastanak obojenih spojeva i tvari arome) predstavlja jedan od nedostataka hrane pripremljene ovom tehnikom zbog manje prihvatljivosti od strane potrošača (Roldan i sur., 2015). Ovaj nedostatak može se nadomjestiti prženjem ili pripremom u pećnici prije odnosno nakon obrade *sous vide* tehnikom (Ruiz-Carascall i sur., 2019).

Postoje dvije glavne razlike prema kojima se *sous vide* priprema razlikuje od tradicionalnog načina pripremanja hrane. Jedna razlika je da se hrana (sirova ili predkuhana) vakumira u termostabilne plastične vrećice, a druga razlika je da se hrana kuha u kontroliranim uvjetima zagrijavanja te pri nižim temperaturama i konstantnim temperaturama (Church i Parson, 2000). Upotreba niskih do umjereno visokih temperatura omogućuje postizanje dobre kvalitete hrane (mekoća, sočnost, zadržavanje boje, antioksidacijskih svojstava i dr.), a također se smanjuju i gubici na masi što je izuzetno važno u komercijalnom smislu (Bejerholm i sur., 2014). Postupak pripreme hrane *sous vide* tehnikom prikazan je shemom na slici 2.



Slika 2. Shema osnovnih operacija pripremanja hrane metodom sous vide (Carlin, 2014)

Sastojci hrane za obradu sous vide tehnikom mogu biti sirovi ili prethodno obrađeni (marinirani, kuhani ili grilani). Nakon miješanja sastojci se pakiraju u plastične vrećice, najčešće bez dodatka aditiva ili konzervansa, a potom slijedi vakuumiranje kojim se uklanja 99,9% zraka (Carlin, 2014). Prednosti vakumiranja hrane prije obrade su višestruke: učinkovitiji je prijenos topline iz vode ili pare u hranu, povećanje vijeka trajanja namirnica zbog smanjenja mogućnosti naknadne rekontaminacije tijekom skladištenja, sprječavanje razvoja nepoželjnih aroma koje nastaju kao posljedica procesa oksidacije, manji gubitak hlapljivih komponenata i vode (Church i Parson, 2000) kao i smanjenje rasta aerobnih bakterija. Odsutstvo zraka također omogućava proces kuhanja hrane u vlastitom soku čime su smanjeni gubici arome, okusa i nutrijenata. Sve navedeno utječe na očuvanje

prehrambene vrijednosti pripremljenih namirnica (Church, 1998; Creed, 1998; Garcia-Linares i sur., 2004; Ghazala i sur., 1996; Lassen i sur., 2002; Schellekens, 1996; Stea i sur., 2006).

Nakon vakumiranja, slijedi zagrijavanje toplim zrakom (pećnice), parom ili uranjanjem u vodene kupelji. Zagrijavanje se izvodi precizno do željene temperature pri kojoj se hrana priprema. Postignuta željena temperatura cijelo se vrijeme mjeri i kontrolira zbog postizanja optimalnih organoleptičkih svojstava (Carlin, 2014). Preciznim zagrijavanjem i konstantnim održavanjem temperature također se postiže visoka i ponovljivost kvalitete pripreme odnosno proizvodnje hrane (Baldwin, 2012).

Najčešće korišteni uređaji za zagrijavanje za sous vide pripremu hrane su vodene kupelji (slika 3) i parno konveksijske pećnice. Parno konveksijske pećnice omogućuju pripremu velikih količina hrane sous vide tehnikom, ali njihov je nedostatak neravnomjerna raspodjela temperature u slučaju punjenja pećnice do maksimalnog kapaciteta (Sheard i Roger, 1995). Kod cirkulirajućih vodenih kupelji postiže se vrlo ujednačeno grijanje te imaju vrlo niska odstupanja od željene temperature (niže od 0,1 °C).



Slika 3. Vodena kupelj za sous vide (Anonymus, 2019)

Za postizanje potpune termičke obrade potrebno je osigurati da su vrećice u potpunosti potopljene, bez međusobnog preklapanja i bez pretrpavanja kupelji (Rybka-Rodgers, 1999). Ovisno o tome radi li se o pripremi hrane u domaćinstvima ili industrijskoj proizvodnji, vodene kupelji mogu se razlikovati po veličini što se vidi na slici 3. koja prikazuje kupelj koja se koristi u domaćinstvima ili restoranima (lijevo) te u industrijskoj proizvodnji (desno).

Temperature koje se koriste kod pripreme mesa prvenstveno ovise o vrsti mesa. Primjerice, za pripremanje govedine, svinjetine ili janjetine tehnikom sous vide uobičajeno se

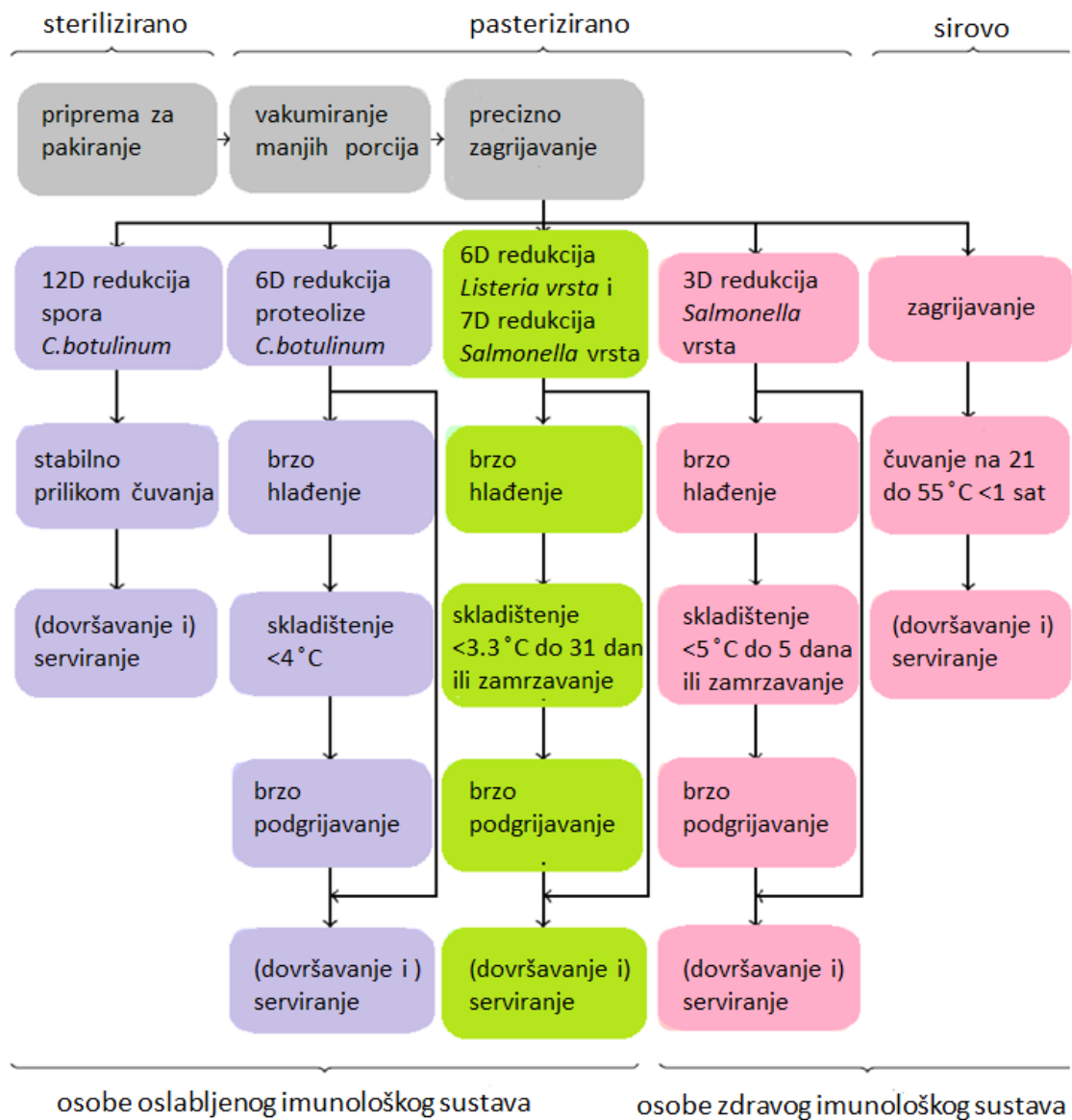
preporučuje korištenje temperatura od 58 do 63 °C, a trajanje same obrade od 10 do 48 sati (Myhrvold i sur., 2011). I za pripremu crvenog mesa, kao i mesa peradi koriste se niže temperature (uglavnom od 50 do 75 °C, rijetko preko 100 °C) nego kod tradicionalnih metoda pripreme. Prilikom pripreme kod nižih temperatura moguće je preživljavanje eventualno prisutnih mikroorganizama, ponajviše bakterija, što u kombinaciji sa produljenim vijekom trajanja može predstavljati rizik za potrošače pri konzumiranju hrane pripremljene sous vide tehnikom.

Nakon termičke obrade slijedi proces brzog hlađenja te skladištenje i distribucija proizvoda. Preporuka je da se hlađenje na temperaturu 4 °C provede u periodu kraćem od 2 sata. Brzim hlađenjem hrane nakon pripreme sprječava se rast bakterija. Hrana pripremljena tehnikom sous vide može se čuvati kroz period od tjedan dana do 3 mjeseca, ovisno o vrsti hrane, temperaturnom profilu tijekom čuvanja i zakonskim propisima (Carlin, 2014).

Najčešće se koriste dva oblika pripreme hrane sous vide tehnikom:

- 1) kuhanje-čuvanje ili kuhanje-serviranje i
- 2) kuhanje-hlađenje ili kuhanje-zamrzavanje.

Kuhanje-čuvanje ili kuhanje-serviranje obuhvaća pripremu za pakiranje, vakumiranje, grijanje ili pasterizaciju, dovršavanje jela i serviranje. Kuhanje-hlađenje ili kuhanje-zamrzavanje obuhvaćaju pripremu za pakiranje, vakumiranje, pasterizaciju, brzo hlađenje, držanje u hladnjaku ili u zamrzivaču, podgrijavanje ili retermalizaciju, dovršavanje jela i serviranje (Baldwin, 2012). Jedina razlika među procesima je što se nakon pasterizacije kod procesa kuhanje-hlađenje odnosno kuhanje-zamrzavanje hrana mora brzo ohladiti kako bi se mogla skladištiti u hladnjaku ili zamrzivaču te naknadno konzumirati. U tom slučaju prije konzumacije hrana se mora podgrijati, dovršiti i servirati.



Slika 4. Dijagram tijeka sous vide kuhanja (Baldwin, 2012)

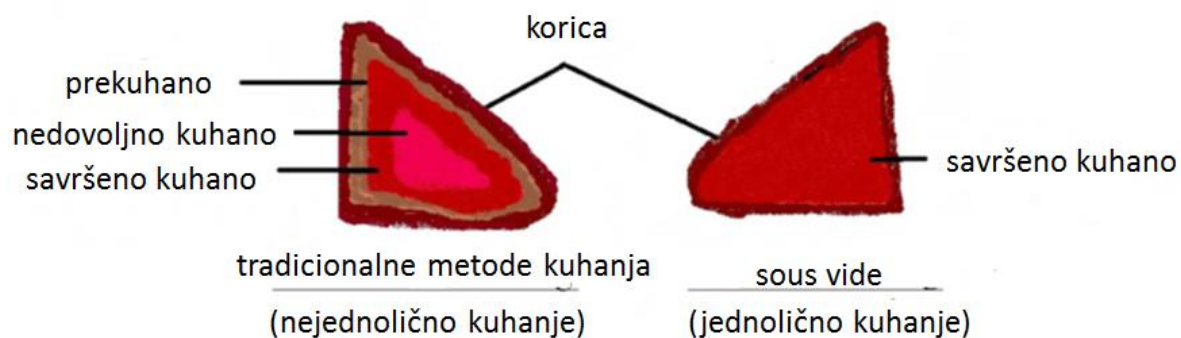
Zbog svojih prednosti, sous vide tehnika prepoznata je u industrijskoj proizvodnji hrane, cateringu i restoranima gdje se uvelike primjenjuje, ali isto tako prisutna je i u domaćinstvima. Ovisno o tome gdje se izvodi postoje i određene razlike u samom provođenju sous vide pripreme što se i vidi na slici 4. na kojoj je prikazan dijagram tijeka sous vide kuhanja (za razliku od slike 2. na kojoj su prikazani osnovni procesi u izvođenju sous vide). Iz dijagrama se također može vidjeti kako postoji i određena razlika u izvođenju tehnike radi li se o osobama dobrog ili oslabljenog imunološkog sustava, a one se najviše odnose na stupanj redukcije patogenih mikroorganizama (*Clostridium botulinum*, *Listeria monocytogenes*, *Salmonella* vrste). Razumljivo je da kod osoba oslabljenog imunološkog

sustava stupanj decimalne redukcije mora biti veći (6D redukcija za *Clostridium botulinum* i *Listeria monocytogenes* odnosno 7D za *Salmonella* vrste).

Na slici 4. stupci 3, 4 i 5 dijagrama tijekom sous vide prikazuju procese koji se koriste ili u restoranima ili u domaćinstvima, a u industrijskoj pripremi hrane koriste se procesi prikazani stupcima 1, 2 i 3. Stupac 1 dijagrama tijekom prikazuje sous vide pripremu namirnica kod koje se nakon pripreme namirnice za pakiranje i vakumiranja manjih porcija precizno kontroliranim zagrijavanjem provodi proces sterilizacije (redukcija *C.botulinum* spora) nakon čega je namirnica prikladna za čuvanje do dovršavanja jela i serviranja. Stupci 2, 3 i 4 dijagrama tijekom prikazuju sous vide pripremu namirnica kod koje se nakon pripreme namirnice za pakiranje i vakumiranja manjih porcija precizno kontroliranim zagrijavanjem provodi proces pasterizacije, nakon čega se namirnica brzo hladi, skladišti, zamrzava (stupci 3 i 4), brzo podgrijava te dovršava i servira. Provođenjem postupka pasterizacije (stupac 2) postiže se redukcija proteolitičke *C.botulinum*, redukcija vrsta *Listeria* ili *Salmonella* (stupac 3) ili redukcija *Salmonella* vrsta (stupac 4). Hrana pripremljena na prva tri opisana načina (stupci 1, 2 i 3) može se poslužiti osim zdravim osobama i osobama koje imaju oslabljen imunološki sustav. Na stupcu 5 dijagrama tijekom prikazana je sous vide priprema namirnica kod koje se nakon pripreme namirnice za pakiranje i vakumiranja manjih porcija provodi precizno kontrolirano zagrijavanje, nakon čega se namirnica zadržava do 1 sat na temperaturi između 21 °C i 55 °C te se dovršava i servira. Hrana pripremljena na ova dva opisana načina (stupci 4 i 5) može se poslužiti isključivo osobama zdravog imunološkog sustava.

Sous vide tehnika pripreme hrane, kao i svaka druga, ima određene prednosti i nedostatke.

Prednosti sous vide tehnike su: visoka reproducibilnost, smanjenje gubitaka na masi, sprječavanje rasta bakterija hlađenjem, učinkovit i prijenos topline, povećan vijek trajanja, smanjena mogućnost rekontaminacije tijekom skladištenja, spriječen gubitak vode i hlapljivih tvari, spriječen proces oksidacije i razvoj nepoželjnih aroma uslijed procesa oksidacije. Na slici 5. može se vidjeti također jedan od nedostataka tradicionalne pripreme mesa kod koje zbog nejednolične raspodjele topline dolazi do nejednakog stupnja pripremljenosti hrane (stvora se deblja korica, u vanjskim slojevima meso je prekuhano dok je u unutrašnjosti nedovoljno kuhano). Kod sous vide pripreme u svim dijelovima hrane postiže se ista temperatura koja omogućuje jednolično kuhanje u svim dijelovima, što se ističe kao velika prednost ove tehnike.



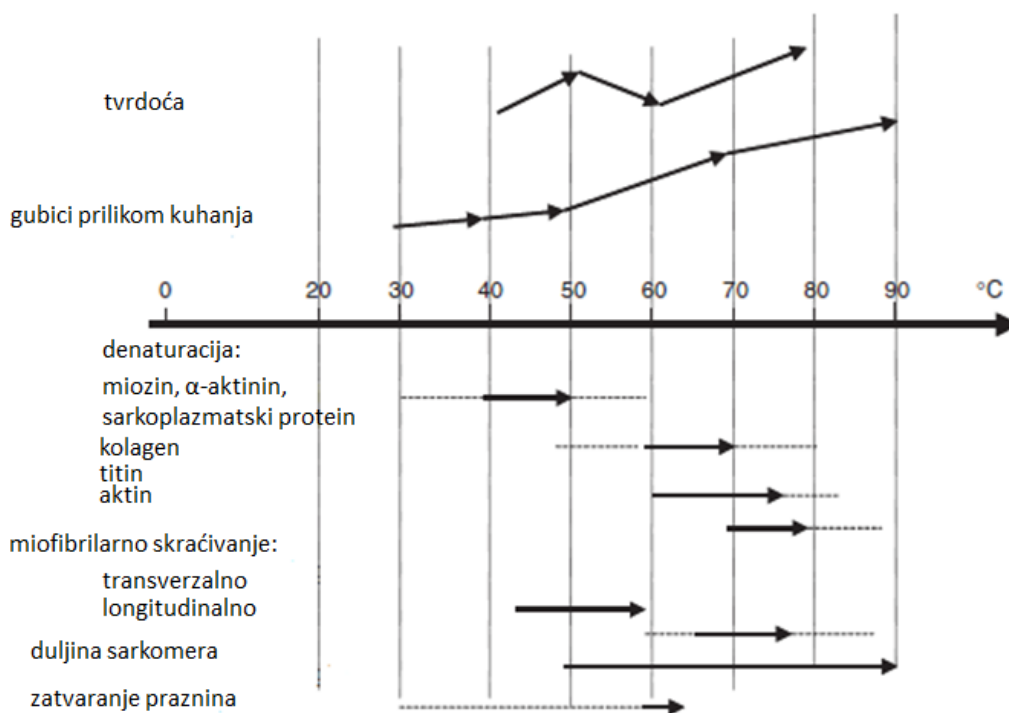
Slika 5. Meso pripremljeno tradicionalnom i sous vide tehnikom (Ayub i Ahmad, 2019)

Nedostaci sous vide tehnike su: izostanak Maillardovih reakcija na površini mesa i mogućnost preživljavanja mikroorganizama (Baldwin, 2012; Bejerholm i sur., 2014).

2.2. Utjecaj termičke obrade na neka fizikalna svojstva mesa

Svaka termička obrada mesa uzrokuje određene fizikalo-kemijske promjene na mesu. Najznačajnije fizikalne promjene su promjene strukture mesa, sočnosti (gubitak vode), boje, gubitka na masi i druge. Kemijske promjene koje se događaju prilikom termičke obrade mesa, ali i ostale hrane, najčešće se odnose na promjene u sastavu masnih kiselina te na udio minerala i vitamina.

Meso se sastoji od 75% vode, 20% proteina i 5% masti i ostalih tvari (minerali, vitamini). Termička obrada uzrokuje promjene na proteinima ili njihovu denaturaciju (Tornberg, 2005) što za posljedicu ima značajan utjecaj na teksturu mesa i raspodjelu vode u mesu (slika 6). Do promjena mekoće mesa tijekom kuhanja, zbog visokih temperatura, dolazi do promjena na miofibrilarnim proteinima i vezivnom tkivu, jer pri temperaturama iznad 60-62°C vezivno tkivo se otapa i meso je nježnije teksture. Nasuprot tome, denaturacijom miofibrilarnih proteina meso postaje čvršće (započinje pri 60°C i intenzivnije je iznad 70°C) (Ruiz i sur., 2013). Što se tiče vode, prilikom kuhanja odnosno termičke obrade dolazi do preraspodjele vode u mesu kao i njenog gubitka. Mast, kao važan sastojak prilikom termičke obrade otapa se ili cijedi. Sve navedene promjene na glavnim sastojcima mesa utječu na promjenu teksture, boje i okusa mesa (slika 6) (Bejerholm i sur., 2014).



Slika 6. Promjene na mesu pri kuhanja (Bejerholm i sur., 2014)

Proteini se dijele u tri skupine: miofibrilarni proteini (50-55%), sarkoplazmatski proteini (30-34%) i proteini vezivnog tkiva (10-15%). Miofibrilarni proteini i proteini vezivnog tkiva skraćuju se prilikom zagrijavanja, dok se sarkoplazmatski proteini šire prilikom zagrijavanja. Tijekom zagrijavanja mišićna vlakna se skraćuju transverzalno i longitudinalno, sarkoplazmatski proteini se agregiraju i tvore gelove, a vezivno tkivo se smanjuje i otapa. Skraćivanje mišićnih vlakana brza je promjena koja započinje na temperaturama od 35°C do 40°C i taj proces se linearno ubrzava na temperaturama do 80°C. Agregacija i želatinizacija sarkoplazmatskih proteina počinje na temperaturi oko 40°C, a završava na temperaturi oko 60°C. Vezivno tkivo počinje se skupljati na temperaturi oko 60°C, a proces se intenzivira na temperaturama iznad 65°C. Kapacitet zadržavanja vode određuju miofibrili jer oni sadrže 80% vode unutar mišića. Transverzalnim skraćivanjem mišića koje se odvija na temperaturama od 40°C do 60°C proširuje se prostor između mišićnih vlakana, a longitudinalnim skraćivanjem mišića koje se odvija na temperaturama višim od 60-65°C dolazi do značajnog gubitka vode. Sarkoplazmatski proteini sastoje se uglavnom od enzima i mioglobina (Tornberg, 2005). Mioglobin se počinje denaturirati na temperaturama oko 60°C.

Zagrijavanjem se šire sarkoplazmatski proteini, no prije denaturacije tih enzima raste mekoća mesa (Tornberg, 2005). Općenito mekoća mesa raste na temperaturama između 50 °C i 60 °C, a potom se smanjuje na temperaturama od 80 °C (Powell i sur., 2000; Tornberg, 2005). Vezivno tkivo sastoji se većim dijelom od kolagena i manjim dijelom od elastičnih vlakana (elastin). Količina kolagena se smanjuje na temperaturama iznad 60 °C dok se elastin ne denaturira, već ima svojstva slična gumi. Iako nema točno određene temperature iznad koje se sav kolagen denaturira, stupanj denaturacije kolagena raste porastom temperature, a temperatura od 55 °C smatra se najnižom temperaturom pri kojoj proces počinje (Tornberg, 2005). Iznad 65 °C sažimanje kolagena je intenzivnije što uzrokuje razaranje primarne heliks strukture i nastajanja manjih dijelova koji su topivi u vodi, a nazivaju se želatina (Baldwin, 2012.)

Mioglobin je sarkoplazmatski hem protein koji je najvećim dijelom zaslužan za boju mesa. Mioglobin u svježem mesu veže na sebe molekule kisika i tako nastaje oksimioglobin koji daje crvenu boju mesu. Denaturacija mioglobina zaslužna je za promjenu iz boje sirovog mesa u boju kuhanog mesa (Bejerholm i sur., 2014). Zagrijavanjem mioglobin se počinje oksidirati, što dovodi do porasta metmioglobina koji mesu daje smeđu boju. Navedeni proces odvija se na temperaturama od 55 do 65 °C i nastavlja se do temperatura od 75 do 80 °C (King i Whyte, 2006). Meso pripremljeno sous vide tehnikom na temperaturi ispod 65 °C kroz dulji vremenski period crvenije je boje od mesa pripremljenog tradicionalnim metodama kuhanja zbog smanjene denaturacije mioglobina, bez obzira na duljinu termičke obrade (Sanches del Pulgar i sur., 2012). Kod termičke obrade, na boju mesa utječe i odvijanje Maillardovih reakcije.

Uz termičku razgradnju ili oksidaciju masti, Maillardove reakcije zaslužne su i za razvoj arome kuhanog mesa. Njihov intenzitet moguće je povećati dodatkom reducirajućih šećera (glukoza, fruktoza ili laktoza), povećanjem pH vrijednosti (dodatkom natrijevog hidrogenkarbonata) ili povećanjem temperature. Čak i malo povećanje pH vrijednosti dovodi do značajnog porasta Maillardovih reakcija koje uzrokuju pojavu slatkastih, orašastih aroma i aroma koje asociraju na pečeno meso (Meyner i Mottram, 1995).

2.2.1. Utjecaj sous vide tehnike na teksturu mesa

Tekstura mesa određuje osjećaj u ustima prilikom žvakanja i mijenja se prilikom žvakanja i miješanja zalogaja sa slinom u ustima (Bejerholm i sur., 2014). Roldan i sur.

(2012) pručavali su utjecaj (različite kombinacije temperature i vremena) sous vide tehnike pri pripremi janječeg buta na fizikalno-kemijska svojstva, mikrobiologiju, teksturu i strukturu janječeg buta (*Longissimus dorsi*). Janjeći but pripremljen je u devet različitih kombinacija vremena (6, 12 i 24 sata) i temperature (60, 70 i 80 °C) u vodenoj kupelji. Utvrdili su da se porastom duljine trajanja termičke obrade pri svim korištenim temperaturama tvrdoća mesa smanjuje. Razlog smanjenja tvrdoće je porast topljivosti kolagena tijekom duljeg vremena termičke obrade te maksimalno skraćivanje miofibrila već tijekom najkraće vremenske obrade (6 sati), pa se daljnjom obradom nisu mogli dodatno skratiti. Utvrdili su da je tvrdoća najmanja u slučajevima termičke obrade u trajanju od 24 sata pri sve tri proučavane temperature. Joung i sur. (2018) istraživali su utjecaj različite temperature, vremena termičke obrade te različitog stupnja vakuuma na strukturu i mikrobiologiju šunke (svinjetina). Istraživanje je provedeno sa komadima šunke debljine 2 centimetra koji su kuhani na temperaturama od 61 i 71 °C u vremenu od 45 i 90 minuta, a vakuum je iznosio u 96,58% i 98,81%. Kontrolni komad šunke kuhan je u vodi 45 minuta. Rezultati istraživanja pokazali su kako je šunka kuhana u vodi (kontrolni uzorak) tvrđa od šunke pripremljene tehnikom sous vide. Viši vakuum (98,81%) pozitivno djeluje na tvrdoću (smanjena je tvrdoća šunke kuhanjem pri višem stupnju vakuuma u odnosu na korištenje nižeg vakuuma). Najmekšu teksturu imao je komad šunke pripreman sous vide tehnikom 45 minuta na temperaturi od 61 °C pri vakuumu od 98,81%.

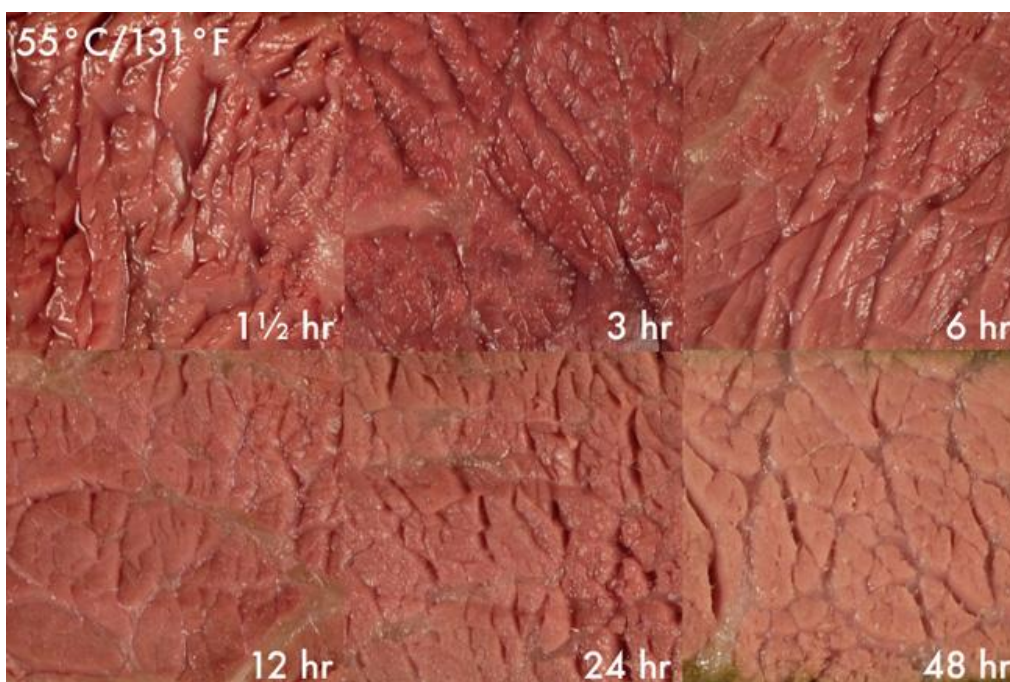
Pri kuhanju tvrdih vrsta mesa važno je otapanje kolagena i stvaranje želatine što zahtijeva ili duže vrijeme kuhanja ili visoke temperature. Dulje vrijeme kuhanja može više nego dvostruko omekšati meso otapanjem cijelog sadržaja kolagena i stvaranjem želatine. Na primjer, da bi tvrdi komadi mesa poput određenih dijelova govedine i svinjetine omekšali potrebno je 10-12 sati kuhanja na temperaturi 80°C ili 1-2 dana na nižim temperaturama (55-60°C). Za razliku od navedenih, srednje tvrdi komadi mesa, poput govede pečenice, kako bi omekšali zahtijevaju 6-8 sati termičke obrade pri temperaturi 55-60°C (Baldwin, 2012).

2.2.2. Utjecaj sous vide tehnike na boju mesa

Boja mesa je rezultat kombinacije količine mioglobina i refleksije proteina. Svježje meso je sjajne crvene ili roze boje. Porastom temperature dolazi do promjene boje, a uz denaturaciju mioglobina za to su zaslužne i Maillardove reakcije u kojima dolazi do razvoja

smeđe boje (Bejerholm i sur., 2014). Maillardove reakcije odvijaju se pri višim temperaturama obrade (130°C), a kako se prilikom sous vide tehnike koriste temperature ispod 100°C to uzrokuje njihov izostanak, a samim time i izostanak smeđe boje mesa.

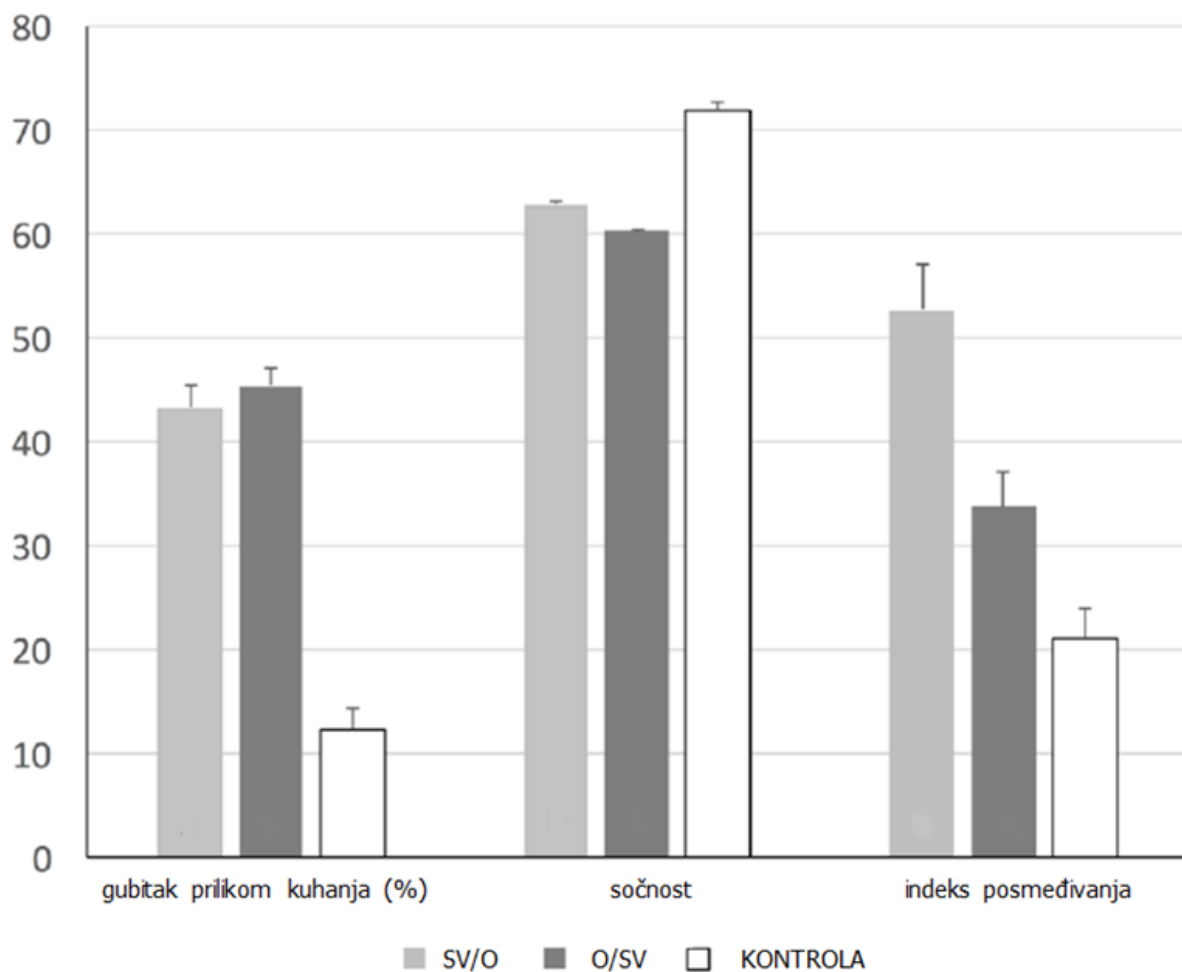
Boja mesa pripremanog na istoj temperaturi (sous vide) ovisi o brzini postizanja temperature kuhanja i o vremenu izloženosti toj temperaturi. Bržim postizanjem željene temperature u sredini mesa meso ostaje crvenije, a duljom termičkom obradom na istoj temperaturi meso gubi boju i postaje svjetlije što se može vidjeti na slici 7. (Charley i Weaver, 1998).



Slika 7. Govedina pripremana pri temperaturi 55°C u trajanju 1.5, 3, 6, 12, 24 i 48 sati (Baldwin, 2012)

Moguće rješenje za izostanak Maillardovih reakcija je naknadno pečenje ili prženje mesa pripremljenog sous vide tehnikom s ciljem formiranja ukusne korice na površini mesa (Myhrvold i sur., 2011). Otkrivanjem razlika u karakteristikama janječeg buta, odnosno stupnja posmeđivanja, kada su Maillardove reakcije izazvane prije ili nakon primjene sous vide tehnike, bavili su se Ruiz-Carrascal i sur. (2019). Za potrebe istraživanja, janjeći but pripremili su u vodenoj kupelji na 60°C u trajanju od 12 sati. Nakon kuhanja but je ohlađen na 4°C. Nakon sous vide pripreme, pet janječih buteva uzeti su kao kontrolni uzorci, a pet ih

je zapečeno u pećnici sa suhim zrakom (15 minuta/250°C). Također, pet sirovih janjećih buteva u istim je uvjetima prvo zapečeno u pećnici, a nakon toga su pripremljeni sous vide tehnikom u istim uvjetima (12 sati/60°C). Indeks posmeđivanja tako pripremljenih janjećih buteva prikazan je na slici 8. Rezultati su pokazali da se dodatnim pečenjem u pećnici vrijednosti indeksa posmeđivanja povećavaju, a najveći indeks posmeđivanja na površini mesa postignut je u slučaju kada se prvo provede sous vide tehnika, a potom dodatno pečenje u pećnici. Dva glavna razloga za pojavu posmeđivanja su dehidracija površine janjećeg buta zbog pečenja na suhom zraku i povećano nastajanje spojeva odgovornih za posmeđivanje uslijed primjene viših temperatura prilikom pečenja (Maillardove reakcije). Intenzivniju pojavu smeđe boje na površini mesa koje se peklo u pećnici nakon sous vide tehnike od smeđe boje na površini mesa kod kojeg je pečenje prethodilo sous vide tehnici autori su objasnili prethodno blago dehidriranom površinom mesa (sous vide tehnika je uzrokovala tu dehidraciju, koja je dovela do nižeg aktiviteta vode, što je pospješilo i ubrzalo Maillardove reakcije), otpuštanjem sokova iz mesa na njegovu površinu (sous vide tehnika je uzrokovala otpuštanje sokova koji u sebi sadrže prekursore za Maillardove reakcije, poput šećera, aminokiselina i proteina) i nastajanjem karbonilnih spojeva (koji su jedni od prekursora za Maillardove reakcije) (Ventanas i sur., 2007; Zamora i Hidalgo, 2005).



SV/O –sous vide/oven (sous vide/pećnica) ; O/SV –oven/sous vide (pećnica/sous vide)

Slika 8. Razlike u promjenama na janjećem butu pripremanom na tri načina, prilagođeno prema (Ruiz-Carrascal i sur., 2019)

Roldan i sur. (2012) u svom su istraživanju pratili boju janjećih buteva pripremljenih sous vide tehnikom. Kombinacije temperature i vremena pripreme prikazane su u tablici 1., kao i rezultati mjerenja parametara boje (L^* -svjetlina uzorka, a^* -udio crvene/zelene boje u uzorku, b^* -udio žute/plave boje u uzorku). Prema dobivenim rezultatima, primjetili su da janjeći but nakon termičke obrade pri temperaturi od 60°C ima crveniju boju od janjećih buteva obrađenih na temperaturama 70 i 80°C (a^* vrijednosti su više). Razlog tome je denaturacija mioglobina, koji mesu daje crvenu boju, koja se povećava porastom temperature. Porast i vremena i temperature termičke obrade doveo je do povećanja udjela žute boje mesa (b^* -vrijednosti su više) (tablica 1). Autori su zaključili da je povećanje udjela žute boje uzrokovano nastankom metmioglobina i daljnjom denaturacijom proteina.

| | | | | | | | | | |
|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Temperatura (°C) | 60 | 60 | 60 | 70 | 70 | 70 | 80 | 80 | 80 |
| Vrijeme (sati) | 6 | 12 | 24 | 6 | 12 | 24 | 6 | 12 | 24 |
| Gubitak na masi (%) | 20,77 | 24,72 | 28,78 | 30,67 | 33,42 | 32,80 | 35,22 | 35,61 | 39,41 |
| Vlaga | 66,42 | 66,57 | 65,26 | 67,83 | 65,07 | 66,38 | 64,18 | 62,56 | 62,30 |
| L (svjetlina) | 66,18 | 67,47 | 66,95 | 67,18 | 65,82 | 64,92 | 63,96 | 65,07 | 64,95 |
| a (crvena boja) | 15,15 | 13,41 | 13,42 | 12,45 | 12,43 | 12,76 | 11,21 | 13,00 | 13,35 |
| b (žuta boja) | 8,65 | 9,20 | 10,09 | 9,89 | 10,40 | 10,96 | 11,17 | 11,64 | 13,05 |

Tablica 1. Utjecaj različitih kombinacija vremena i temperatura pripreme janječeg buta sous vide tehnikom na parametre boje (prilagođeno prema Roldan i sur., 2012)

2.2.3. Utjecaj sous vide tehnike na gubitke prilikom kuhanja

Gubici prilikom kuhanja izračunavaju se iz razlike u masi prije i nakon termičke obrade mesa (Roldan i sur., 2012). Koliki će biti gubitak prilikom kuhanja ovisi o metodi pripreme hrane i o količini vezivnog tkiva u mesu. Porast temperature u središtu mesa dovodi do povećanja gubitaka na masi. Pripremom mesa na nižim temperaturama smanjeni su gubici prilikom kuhanja, u usporedbi s tradicionalnim metodama kod kojih se koriste više temperature. Gubici na masi ovise o dijelovima mesa koje se priprema. Veći su gubici prilikom kuhanja komada mesa sa većom količinom vezivnog tkiva, nego kod komada sa manjom količinom vezivnog tkiva. Porastom temperature u središtu mesa smanjuje se razlika između različitih komada mesa. Na temperaturama preko 80°C, razlike u gubicima prilikom kuhanja između različitih metoda pripreme mesa i komada sa različitom količinom vezivnog tkiva su minimalne (Bejerholm i sur., 2014). Prema Ruiz-Carrascal i sur. (2013), gubitak prilikom kuhanja povećava se dodatnom termičkom obradom janječeg buta u pećnici, i prije i nakon sous vide, u odnosu na janjeći but koji je pripremljen samo sous vide tehnikom (slika 8). U tablici 1 vidi se porast gubitka na masi porastom temperature termičke obrade, ali i porast gubitka na masi povećanjem vremena provođenja termičke obrade pri određenoj temperaturi.

| | Vrijeme (min) | Temperatura | | |
|------------------|---------------|-------------|-------|-------|
| | | 60 °C | 70 °C | 80 °C |
| | | % | % | % |
| Atmosferski tlak | 15 | 10±2 | 24±2 | 30±3 |
| | 30 | 20±3 | 25±5 | 33±1 |
| | 45 | 18±3 | 31±4 | 38±4 |
| | 60 | 23±4 | 33±2 | 41±1 |
| Cook vide | 15 | 13±2 | 28±3 | 31±2 |
| | 30 | 15±2 | 31±2 | 38±1 |
| | 45 | 18±2 | 33±3 | 36±1 |
| | 60 | 21±2 | 33±2 | 37±1 |
| Sous vide | 15 | 10±1 | 19±2 | 28±2 |
| | 30 | 14±1 | 26±2 | 33±2 |
| | 45 | 22±2 | 29±1 | 38±1 |
| | 60 | 25±2 | 30±2 | 38±1 |

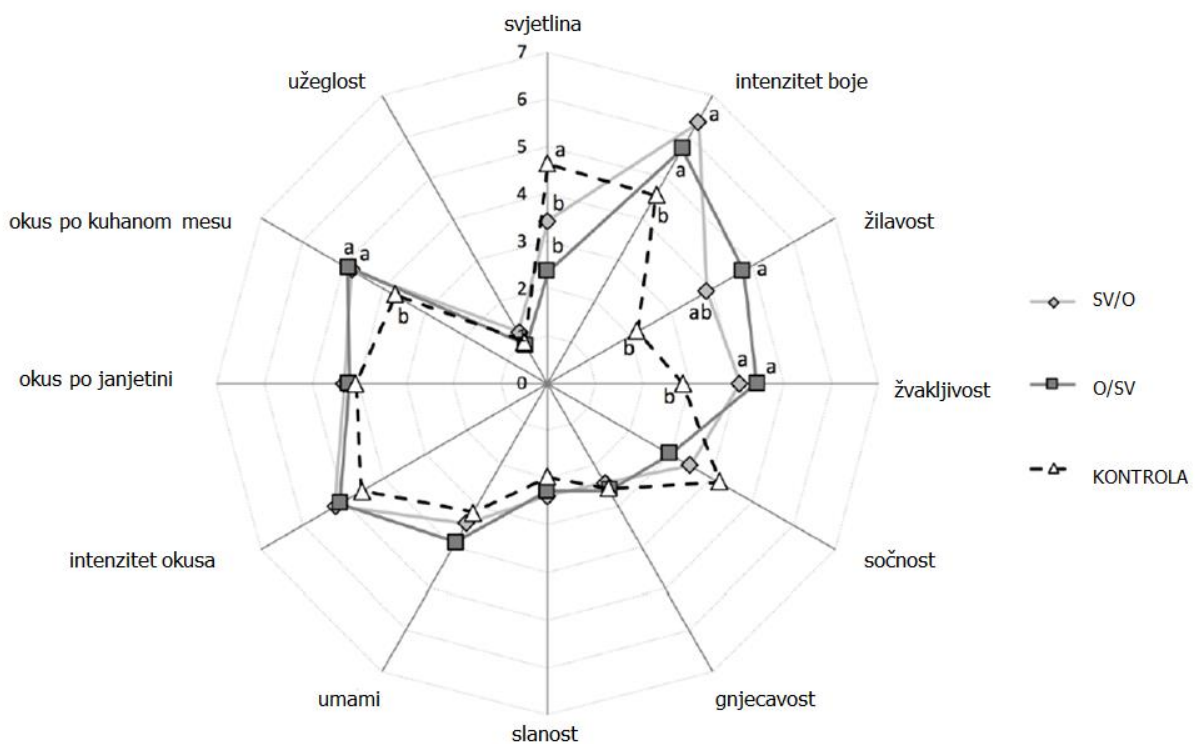
Tablica 2. Gubici (%) prilikom pripreme mesa pri različitim temperaturama, vremenu i uvjetima kuhanja (prilagođeno prema Garcia-Segovia i sur., 2007)

Garcia-Segovia i sur. (2007) također su pratili gubitak na masi prilikom pripreme goveđeg odreska u određenim uvjetima temperature i vremena za nekoliko načina obrade (tablica 2). Ustanovili su da se gubitak povećava linearno s povišenjem temperature obrade, ali njihovo istraživanje nije pokazalo da postoji značajna razlika u gubitku na masi mesa kod istraživanih metoda pripreme. Pripremom u trajanju od 60 minuta na temperaturi od 80 °C bez korištenja vakuuma (pri atmosferskom tlaku) masa goveđeg odreska smanjila se otprilike 41% u odnosu na početnu masu. Primjenom sous vide metode za pripremu goveđeg odreska u trajanju od 60 minuta na temperaturi od 80 °C masa odreska smanjila se otprilike 38% u odnosu na početnu masu.

2.3. Utjecaj sous vide tehnike na senzorske karakteristike mesa i proizvoda od mesa

Želje i zadovoljstvo potrošača ovise o senzorskim karakteristikama hrane. Organoleptička svojstva mesa i proizvoda od mesa uvelike utječu na odluku o kupovini i prihvaćanje odabranog proizvoda. Senzorska analiza služi za razumijevanje senzorskih karakteristika hrane i njihovog utjecaja na potrošače (Ventanas, 2020). U već prij

spomenutom istraživanju autora Ruiz-Carrascal i sur. (2019) provedena je i senzorska analiza janjećih buteva čija je priprema opisana u odlomku 2.2.2. Senzorska analiza provedena je od strane dvanaesteročlanog tima senzorskih analitičara. Rezultati senzorske analize (slika 9) pokazali su da pečenje janjećih buteva u pećnici izazvalo dehidraciju mesa, što je uzrokovalo i promjenu u teksturi mesa. Također, senzorskom analizom pokazali su da iako je došlo do većeg gubitka vode sočnost mesa nije bila smanjena. Kontrolni komad mesa zbog manjeg gubitka vode prilikom senzorske analize opisan je kao manje tvrd i žilav. Intenzivnije posmeđivanje kombinacijom sous vide tehnike i pečenja mesa u pećnici sa suhim zrakom potvrđeno je i senzorskom analizom. Dodatno pečenje dovelo je do smanjenja svjetline mesa, zbog čega je meso djelovalo manje sočno.

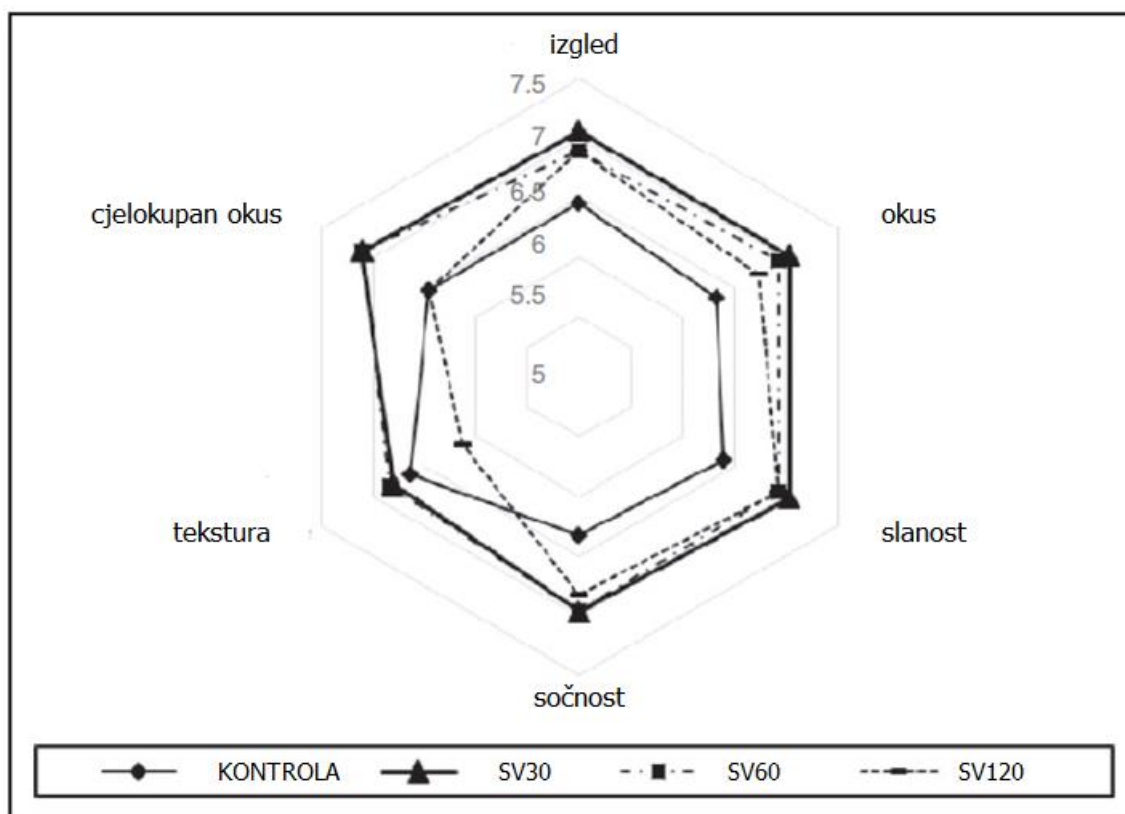


SV/O-sous vide/oven (sous vide/pećnica) , O/SV-oven/sous vide (pećnica/sous vide)

Slika 9. Rezultati senzorske analize za janjeći but pripreman na tri načina (Ruiz-Carrascal i sur., 2019)

Naveena i sur. (2016) istraživali su utjecaj sous vide tehnike na senzorska svojstva vakuumirane pileće kobasice. U istraživanju su za pripremu pileće kobasice tehnikom sous

vide koristili tri različita vremena pripreme (30, 60 i 120 minuta) pri istoj temperaturi (priprema na 100 °C). Senzorska svojstva tako pripremljenih pilećih kobasica mjerena su instrumentalno i od strane peteročlanog tima senzorskih analitičara, a kao kontrolni uzorak korištena je pileća kobasica kuhana direktno u vodi. Prema dobivenim rezultatima najdulja termička obrada rezultirala je nižim sadržajem vode u usporedbi s pripremom u trajanju od 30 minuta, što ukazuje na veći gubitak vode prilikom dulje vremenske obrade namirnica. Zabilježeni su veći gubici na masi (1%) prilikom kuhanja te niži sadržaj vode i prinos kod pripreme u trajanju od 120 minuta, što ukazuje na porast gubitka na masi porastom vremena i temperature pripreme. Kod svih kobasica pripremanih metodom sous vide boja je bila crvenija nego kod kontrolne kobasice. Autori su zaključili da do zadržavanja crvene boje dolazi zbog pakiranja u vakuumu zbog kojeg je mioglobin u formi deoksimioglobina. Deoksimioglobin relativno je otporniji na denaturaciju uzrokovanu porastom temperature od oksimioglobina koji se nalazi u kontrolnoj kobasici. Sve kobasice pripremljene tehnikom sous vide imaju više bodove u senzorkoj analizi (slika 10) za sve ispitivane parametre (izgled, okus, slanost, sočnost, tekstura i cjelokupan okus) u usporedbi s kontrolnom kobasicom kuhanom u vodi, uz iznimku nižih bodova za teksturu i cjelokupan okus kod sous vide pripreme u trajanju od 120 minuta. Produljeno vrijeme kuhanja (120 minuta) rezultira otpuštanjem metalnih iona koji uzrokuju porast oksidacije koja se prilikom senzorske analize uočila kao metalni miris. Kobasice kuhane tehnikom sous vide 30 i 60 minuta u usporedbi s kontrolnom i kobasicom kuhanom sous vide tehnikom 120 minuta imale su bolje senzorske karakteristike i instrumentalno utvrđeno bolju boju (Naveena i sur., 2016).



Slika 10. Rezultati senzorske analize pileće kobasice (prilagođeno prema Naveena i sur., 2016)

2.4. Mikrobiološka kvaliteta mesa i proizvoda od mesa pripremljenog sous vide tehnikom

Cilj je pripremiti ukusnu hranu sa minimalnim rizikom od razvoja patogena. Kriterije za sigurnost hrane postavlja HACCP sustav. Razvoj patogenih mikroorganizama kod sous vide kuhanja nadzire se kontrolom temperature (Snyder, 1995; Rybka-Rodgers, 2001). Hrana pripremljena tehnikom sous vide podliježe zakonskoj regulativi - Uredba komisije (EZ) br. 2073/2005 od 15. studenog 2005. o mikrobiološkim kriterijima za hranu. U toj uredbi stoji da hrana ne smije sadržavati mikroorganizme ili njihove toksine ili metabolite u količinama koje predstavljaju neprihvatljiv rizik za zdravlje ljudi (Carlin, 2014).

Sous vide kuhanje može se podijeliti u tri kategorije: sirovo ili nepasterizirano, pasterizirano i sterilizirano. Pasterizacija je proces kojim se uništavaju dovoljne količine patogena kako bi se hrana smatrala sigurnom za konzumaciju. Sterilizacija je proces kojim se uništavaju i aktivni mikroorganizmi i njihove spore. Samo uništavanje bakterija ovisi o više parametara: temperaturi, vrsti mesa, vrsti mišića, sadržaju masnoće, kiselosti, sadržaju soli,

sadržaju vode i nekim začinima. Broj aktivnih patogena može se smanjiti dodatkom soli, kiseline ili začina (Aran, 2001; Rybka-Rodgers, 2001). Najjednostavnije i najsigurnije metode sous vide kuhanja su kuhanje-čuvanje ili kuhanje-serviranje, kod kojih se sirova ili djelomično kuhana hrana vakumira, pasterizira i potom drži na temperaturi od 54,4 °C do serviranja. Držanje hrane na toplom sprječava razvoj patogena, ali ovisno o vremenu držanja i vrsti pripremljene hrane može doći do omekšavanja čuvane hrane. Za većinu namirnica postoji optimalno vrijeme zadržavanja na određenoj temperaturi, bez primjetnog utjecaja na okus ili teksturu (Baldwin, 2010; Myhrvold i sur., 2011). Karakteristike pojedinih patogenih bakterija prisutnih u hrani pripremljenoj sous vide tehnikom prikazane su u tablici 3. Sve navedene bakterije u tablici 3. su sporogene, osim *Listeria monocytogenes*. Navedene bakterije imaju mogućnost rasta na temperaturama ispod 12 °C.

| | Minimalni uvjeti rasta | | | | | Toplinska otpornost (kao decimalna redukcija vremena ili D vrijednost na danoj temperaturi u °C) ^a |
|--|-------------------------------|-------------------|------------------|---------|--------------------------------|---|
| Bakterije | Potrebe za O ₂ | Proizvodnja spora | Temperatura (°C) | pH | Aktivitet vode(ovlaživač NaCl) | |
| <i>Clostridium botulinum</i> grupa I (mezofilne i proteolitičke) | Strogi anaerobi | Da | 10-12 | 4,6 | 0,94 | D ₁₂₁ =0,21 min |
| <i>Clostridium botulinum</i> grupa II (psihrotrofne i neproteolitičke) | Strogi anaerobi | Da | 2,5-3,0 | 5,0 | 0,97 | D _{82,2} =2,4/231 min ^b |
| <i>Clostridium perfringens</i> | Strogi anaerobi | Da | 15 | 5,5-5,8 | 0,93 | D ₁₀₀ =1-30 min |
| <i>Bacillus cereus</i> , psihrotrofne filogenetičke grupe | Aerobi, fakultativni anaerobi | Da | 5 | 4,3-4,6 | >0,94 | D ₉₀ =1-30 min ^c |
| <i>Bacillus cereus</i> , mezofilne filogenetičke grupe | Aerobi, fakultativni anaerobi | Da | 10 | 4,3-4,6 | <0,93 | D ₁₀₀ =5-50 min |
| <i>Listeria monocytogenes</i> | Aerobi, fakultativni anaerobi | Ne | 0 | 4,4 | 0,92 | D ₇₀ =0,01-0,3 min |

^a za navedene vrste D vrijednost prikazana je kao raspon

^b bez/sa lizozimom

^c toplinska otpornost sojeva *B.cereus* visoko je varijabilna; visoka toplinska osjetljivost uglavnom se odnosi na psihrotrofne spojeve; visoka toplinska osjetljivost uglavnom se odnosi na mezofilne sojeve

Tablica 3. Karakteristike patogenih bakterija koje mogu biti prisutne u hrani pripremljenoj sous vide tehnikom (Carlin, 2014)

Mikroorganizmi na koje se posebno treba obratiti pažnja kod pripremanja mesa sous vide tehnikom su: *Clostridium botulinum*, *Clostridium species*, *Bacillus cereus*, *Salmonella*, *E.coli*, *Clostridium perfringens* i *Listeria monocitogenes*.

Mogućnost rasta ***Clostridium botulinum*** tijekom čuvanja smatra se glavnim rizikom vezanim za sous vide. Čuvanje u hladnjaku značajno smanjuje rast, zbog čega je iznimno važno da hrana od pakiranja do konzumacije bude neprekidno u hladnjaku, a čuvanje na temperaturi ispod 3 °C u potpunosti sprječava rast *C.botulinum*. Sprječavanje rasta može se postići smanjenjem pH vrijednosti ispod 5 ili smanjenjem aktiviteta vode na 0.97 (ili povećanjem koncentracije soli na 3,5 %). Takve promjene pH vrijednosti i vrijednosti aktiviteta vode značajno utječu na organoleptička svojstva (Carlin, 2014). Kako bi se postiglo smanjenje spora *Clostridium botulinum* sterilizacijom, sirova hrana niže kiselosti u vakumskim vrećicama mora se zagrijavati na način da je najhladniji dio namirnice izložen temperaturi od 121 °C barem 3 minute (Aran, 2001; Rybka-Rodgers, 2001). Držanje hrane u vakumiranim vrećicama prevenira rekontaminaciju nakon kuhanja, ali spore *C.botulinum* mogu preživjeti temperature provođenja pasterizacije. Iz toga razloga hrana nakon brzog hlađenja mora biti zamrznuta ili se mora držati na temperaturi ispod 2,5 °C do 90 dana, na temperaturi ispod 3,3 °C do 31 dan, na temperaturi ispod 5 °C do 10 dana ili na temperaturi ispod 7 °C do 5 dana, kako bi se spriječio razvoj spora *C.botulinum* i stvaranje smrtonosnog neurotoksina (Gould, 1999; Peck, 1997). Do sada nije zabilježeno obolijevanje od botulizma uzrokovano konzumacijom ispravno skladištene hrane čuvane u hladnjacima (Carlin, 2014).

Clostridium species patogen je koji tvori spore. Kako bi se smanjio rizik od kontaminacije tom vrstom patogena u prehrambenoj industriji često se dodaju kemijski aditivi poput natrijevog laktata i kalcijevog laktata.

Dodatak natrijevog laktata i kalcijevog laktata služi i suzbijanju ***Bacillus cereus***, još jedne sporogene bakterije (Aran, 2001; Rybka-Rodgers, 2001). Držanje hrane u vakumiranim vrećicama prevenira rekontaminaciju nakon kuhanja, ali spore *B.cereus* mogu preživjeti temperature provođenja pasterizacije (Gould, 1999; Peck, 1997).

Kod metode kuhanje-čuvanje patogeni na koje se posebno obraća pažnja su ***Salmonella*** i ***E.coli***. Razlog tome je visoka termičke otpornosti i činjenica da je izuzetno mali broj vegetativnih bakterija po gramu dovoljan za uzrokovanje bolesti kod osoba s oslabljenim imunim sustavom (Snyder, 1995).

Najpopularnije metode sous vide kuhanja su kuhanje-hlađenje i kuhanje-zamrzavanje. Kod tih metoda se sirova ili djelomično kuhana hrana vakumira, pasterizira i brzo hladi, kako bi se izbjegao razvoj spora ***Clostridium perfringens*** (Andersson i sur., 1995), drži u hladnjaku ili u zamrzivaču te podgrijava za serviranje. Vrećice se nakon

pasterizacije hlade u vodenim kupeljima kroz određeni vremenski period (Nyati, 2000; Rybka-Rodgers 2001). Držanje hrane u vakumiranim vrećicama prevenira rekontaminaciju nakon kuhanja, ali spore *C.perfringens* mogu preživjeti temperature provođenja pasterizacije. (Gould, 1999; Peck, 1997). Zabilježena je mogućnost rasta *C.perfringens* na temperaturama od 54 °C (Li i McClane, 2006).

Listeria monocitogenes može rasti na temperaturama koje se koriste u hladnjaku. Termički je otporna bakterija koja ne tvori spore te je stoga opasna kod pripreme hrane metodom kuhanje-hlađenje (Nyati, 2000; Rybka-Rodgers 2001). Za redukciju kontaminacije dovoljne su dvije minute na temperaturi od 70 °C (tablica 4). Podizanjem temperature na 80 °C postiže se jednako smanjenje broja bakterija za pet sekundi (Carlin, 2014).

| temperatura (°C) | vrijeme zagrijavanja potrebno za redukciju 10 ⁶ <i>Listeria monocytogenes</i> (min) |
|-------------------|--|
| 60 | 43.5 |
| 65 | 9.3 |
| 70 | 2.0 |
| 75 | 0.43 |
| 80 | 0.083 |
| 85 | 0.017 |

Tablica 4. Vrijeme potrebno za redukciju bakterija *Listeria monocytogenes* pri zadanim temperaturama (Carlin, 2014)

Mikrobiološka kvaliteta mesa nakon termičke obrade sous vide tehnikom predmet je istraživanja brojnih autora. Rezultati istraživanja od grupe autora (Roldan i sur., 2012) koji su pripremili janjeći but termičkom obradom u vremenu od 6, 12 i 24 sata na temperaturama 60, 70 i 80 °C pokazali su da su sve kombinacije obrade (vrijeme/temperatura) uzrokovale značajnu redukciju mikrobni populacija. Rezultati mikrobiološke obrade janječih buteva prikazani su u tablici 5. Primjena najniže vrijednosti temperature (60 °C) i najkraćeg vremena pripreme (6 sati) bila je dovoljna za provođenje pasterizacije, što objašnjava izostanak međusobnih razlika u broju mikrobni organizama između različitih kombinacija temperatura i vremena primjene sous vide tehnike (Baldwin, 2012).

| grupe mikroba | inicijalne vrijednosti | vrijednosti nakon termičke obrade | | | | | | | | |
|---------------------------|------------------------|-----------------------------------|------|------|-------|------|------|-------|------|------|
| | | 60 °C | | | 70 °C | | | 80 °C | | |
| | | 6 h | 12 h | 24 h | 6 h | 12 h | 24 h | 6 h | 12 h | 24 h |
| broj mezofilnih bakt | 4.6 | 1.3 | 1.7 | 1.7 | 0.9 | 2.7 | 1.4 | 1.4 | 1.2 | 1.6 |
| broj psihrotrofnih bakt | 4.2 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 |
| bakt mliječne kis | 3.3 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 |
| <i>Enterobacteriaceae</i> | 3.6 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 |
| Koliformne bakt | 3.3 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 |
| Gram poz cocci | 3.2 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 |
| <i>Enterococci</i> | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 |
| <i>Clostridium sp.</i> | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 |
| <i>Bacillus sp.</i> | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 |
| <i>B. thermospacta</i> | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 |
| <i>S. typhimurium</i> | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 |
| <i>L. monocytogenes</i> | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 |

Tablica 5. Broj mikrobnih organizama u sirovom janjećem butu (inicijalne vrijednosti) i nakon termičke pripreme sous vide tehnikom (Roldan i sur., 2012)

Botinestean i sur. (2016) istraživali su utjecaj sous vide, brzog zamrzavanja i njihove kombinacije na mekoću govedih odrezaka pripremljenih sous vide tehnikom na temperaturi od 60 °C u vremenu od 270 minuta te su odredili i ukupan broj živih mezofilnih i psihrotrofnih bakterija u odrescima. Sve dobivene vrijednosti bile su u dopuštenim granicama.

U već spomenutom istraživanju šunke, čija je priprema opisana u odlomku 2.2.1., autora Joung i sur. (2018) proučavana je i mikrobiološka kvaliteta. Nije zabilježen nikakav rast mikrobnih organizama. Korištene kombinacije vremena, temperature i stupnja vakuuma pokazale su se dovoljnim za pasterizaciju šunke.

3. ZAKLJUČCI:

- Sous vide tehnika zbog korištenja precizno kontroliranog zagrijavanja omogućava visoku reproducibilnost i postizanje potrošačima poželjnih karakteristika kod mesa.
- Sous vide priprema mesa poboljšava teksturu mesa te zadržava sočnost i crvenu boju mesa.
- Vakuumiranje pospješuje prijenos topline, smanjuje pojavu nepoželjnih aroma koje se razvijaju prilikom oksidacije, smanjuje gubitke nutrijenata te produljuje vijek trajanja pripremljenog mesa, pri čemu je eliminiran rizik od rekontaminacije.
- Primjenom sous vide tehnike smanjeni su gubici prilikom kuhanja.
- Do sada provedena istraživanja potvrđuju kako su temperature korištene u sous vide tehnici, iako niže nego kod tradicionalnih metoda pripreme hrane, dovoljne za postizanje mikrobiološke ispravnosti hrane pripremane na ovaj način.

4.POPIS LITERATURE

Andersson A., Rönner U., Granum P.E. (1995) What problems does the food industry have with the spore-forming pathogens *Bacillus cereus* and *Clostridium perfringens*?. *International Journal of Food Microbiology* **28**: 145-155.

Aran N. (2001) The effect of calcium and sodium lactates on growth from spores of *Bacillus cereus* and *Clostridium perfringens* in a 'sous-vide' beef goulash under temperature abuse. *International Journal of Food Microbiology* **63**: 117-123.

Ayub A., Ahmad A. (2019) Physiochemical changes in sous-vide and conventionally cooked meat. *International Journal of Gastronomy and Food Science* **17**: 12-17.

Baldwin D.E. (2010) *Sous Vide for the Home Cook*. Paradox Press, Belitz H.-D., Grosch W., Schieberle P. *Food Chemistry*, 3. izd., Springer.

Baldwin D. E. (2012) Sous vide cooking: A review. *International Journal of Gastronomy and Food Science* **1** **80**: 15-30.

Bejerholm C., Tørngren M.A., Aaslyng M.D. (2014) *Cooking of Meat*. Encyclopedia of Meat Sciences, Volume 1, 2.izd., Academic Press.

Botinestean C., Keenan D.F., Kerry J.P., Hamill R.M. (2016) The effect of thermal treatments including sous-vide, blast freezing and their combination on beef tenderness of *M.semitendinosus* steaks targeted at elderly consumers. *Food Science and Technology* **74**: 154-159.

Carlin F. (2014) *Microbiology of Sous-vide Products*. Encyclopedia of Food Microbiology, Volume 2, Academic Press. str. 621-626.

Charley H., Weaver C. (1998) *Foods: A scientific Approach*, 3. izd., Prentice-Hall, Inc.

Church I. (1998) The sensory quality, microbiological safety and shelf life of packaged foods. Ghzala S., (Ed.), *Sous Vide and Cook-Chill Processing for the Food Industry*. Aspen Publishers, Gaithersburg, Maryland, str. 190-205.

Church I.J., Parsons A.L. (2000) The sensory quality of chicken and potato products prepared using cook-chill and sous vide methods. *International Journal of Food Science and Technology* **35**: 155-162.

- Creed P.G. (1995) The sensory and nutritional quality of sous vide foods. *Food Control* **6**: 45-52.
- Creed P.G. (1998) Sensory and nutritional aspects of sous vide processed foods. Ghazala S. (Ed.), *Sous vide and Cook-Chill Processing for the Food Industry*. Aspen Publishers, Gaithersburg, Maryland, str. 57-88.
- Garcia-Linares M.C., Gonzales-Fandos E., Garcia-Fernández M.C., Garcia-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.
- Garcia-Segovia P., Andrés-Bello A., Martínez-Monzó J. (2007) Effect of cooking method on mechanical properties, color and structure of beef muscle (*M. pectoralis*). *Journal of Food Engineering* **80**: 813-821.
- Ghazala S., Aucoin J., Alkanani T. (1996) Pasteurization effect on fatty acid stability in a sous vide product containing seal meat (*Phoca groenlandica*). *Journal of Food Science* **61**: 520-523.
- Gould G.W. (1999) Sous vide food: conclusion of an ECFF botulinum working party. *Food Control* **10**: 47-51.
- Joung K.Y., Hyeonbin O., Shin S.Y., Kim Y.-S. (2018) Effects of sous-vide method at different temperatures, times and vacuum degrees on the quality, structural and microbiological properties of pork ham. *Meat Science* **143**: 1-7
- King N.J., Whyte R. (2006) Does it look cooked?. A review of factors that influence cooked meat color. *Journal of Food Science* **71**: 31-40.
- Lassen A., Kall M., Hansen K., Ivesen L. (2002) A comparison of the retention of vitamins B1, B2 and B6, and cooking yield in pork loin with conventional and enhanced meal-service systems. *European Food Research and Technology* **215**: 194-199.
- Lelas V. (2008) Procesi pripreme hrane, Golden-marketing-Tehnička knjiga.str. 16-18.
- Li J., McClane B.A. (2006) further comparison of temperature effects on growth and survival of *Clostridium perfringens* Type A isolates carrying a chromosomal or plasmid-borne enterotoxin gene. *Applied and Environmental Microbiology* **72**: 4561-4568.

- Meyner A., Mottram D.S. (1995) The effect of pH on the formation of volatile compounds in meat-related model systems. *Food Chemistry* **52**: 361-366.
- Mottram D.S. (1998) Flavour formation in meat and meat products: a review. *Food Chemistry* **62**: 415-424.
- Myhrvold N., Young C., Bilet M. (2011) *Modernist Cuisine: The art and science*. The Cooking Lab.
- Naveena B.M., Khansole P.S., Sashi Kumar M., Krishnaiah N., Kulkarni V.V., Deepak S.J. (2016) Effects of sous vide processing on physicochemical ultrastructural, microbial and sensory changes in vacuum packaged chicken sausages. *Food Science and Technology International* **23**: 75-85.
- Nyati H. (2000) Survival characteristics and the applicability of predictive mathematical modelling to *Listeria monocytogenes* growth in sous vide products. *International Journal of Food Microbiology* **56**: 123-132.
- Peck M.W. (1997) *Clostridium botulinum* and the safety of refrigerated processed food of extended durability. *Trends in Food Science & Technology* **8**: 186-192.
- Powell T.H., Dikeman M.E., Hunt M.C. (2000) Tenderness and collagen composition of beef semitendinosus roasts cooked by conventional connective cooking and modeled, multi-stage, convective cooking. *Meat Science* **55**: 421-425.
- Roldan M., Antequera T., Martin A., Mayoral A.I., Ruiz J. (2012) Effects of different temperature-time combinations on physicochemical, microbiological, textural and structural features of sous-vide cooked lamb loins. *Meat Science* **93**: 572-578.
- Roldan M., Loebner J., Degen J., Henle T., Antequera T., Ruiz-Carrascal J. (2015) Advanced glycation end products, physico-chemical and sensory characteristics of cooked lamb loins affected by cooking method and addition of flavour precursors. *Food Chemistry* **168**: 487-495.
- Ruiz J., Calvarro J., Sánchez del Pulgar J., Roldan M. (2013) Science and technology for new culinary techniques. *Journal of Culinary Science & Technology* **11**: 66-79.
- Ruiz-Carrascal J., Roldan M., Refolio F., Perez-Palacios T., Antequera T. (2019) Sous-vide cooking of meat: a Maillardized approach. *International Journal of Gastronomy and Food Science* **16**: 1-5.

- Rybka-Rodgers S. (1999) Developing a HACCP plan for extended shelf-life cook-chill ready-to-eat meals. *Food Australia* **51**: 430-433.
- Rybka-Rodgers S. (2001) Improvement of food safety design of cook-chill foods. *Food Research International* **34**: 449-455.
- Sanches del Pulgar J., Gazquez A., Ruiz-Carrascal J. (2012) Physico-chemical, textural and structural characteristics of sous-vide cooked pork cheeks as affected by vacuum, cooking temperature and cooking time. *Meat Science* **90**: 828-835.
- Schellekens M. (1996) New research issues in sous-vide cooking. *Trends in Food Science and Technology* **7**: 256-262.
- Sheard M.A., Rodger C. (1995) Optimum heat treatments for 'sous vide' cook-chill products. *Food Control* **6**: 53-56.
- Snyder O.P. (1995) The application of HACCP for MAP and sous vide products. Faber J.M., Dodds K.L., (Eds.). *Principals of Modified-Atmosphere and Sous Vide Product Packaging*. Technomic Publishing Co, Inc. str.325-383.
- Stea T.H., Johansson M., Jägerstad M., Frølich W. (2006) Retention of folates in cooked, stored and reheated peas, broccoli and potatoes for use in modern large-scale service systems. *Food Chemistry* **101**: 1095-1107.
- Tornberg E. (2005) Effect of heat on meat proteins-implication on structure and quality of meat products. *Meat Science* **70**: 493-508.
- Ventanas S., Estévez M., Delgado C.L., Ruiz J. (2007) Phospholipid oxidation, non-enzymatic browning development and volatile compounds generation in model systems containing liposomes from porcine Longissimus dorsi and selected amino acids. *European Food Research and Technology* **225**: 665-675.
- Ventanas S., González-Mohino A., Estévez M., Carvalho L. (2020) Chapter 21-Innovation in sensory assessment of meat and meat products. *Meat Quality Analysis*, Academic Press. str. 393-418.
- Zamora R., Hidalgo F.J. (2005) Coordinate Contribution of Lipid Oxidation and Maillard Reaction to the Nonenzymatic Food Browning. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* **45**: 49-59.

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.

Dirdarić D.

ime i prezime studenta