

Senzorska svojstva i aromatični profil dimljenih pršuta

Bralić, Sara

Master's thesis / Diplomski rad

2022

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Split, Faculty of Chemistry and Technology / Sveučilište u Splitu, Kemijsko-tehnološki fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:167:422146>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-04-01**

Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of chemistry and technology - University of Split](#)



UNIVERSITY OF SPLIT



**SVEUČILIŠTE U SPLITU
KEMIJSKO-TEHNOLOŠKI FAKULTET**

SENZORSKA SVOJSTVA I AROMATIČNI PROFIL DIMLJENIH PRŠUTA

DIPLOMSKI RAD

SARA BRALIĆ

Matični broj: 44

Split, listopad 2022.

**SVEUČILIŠTE U SPLITU
KEMIJSKO-TEHNOLOŠKI FAKULTET
DIPLOMSKI STUDIJ
PREHRAMBENA TEHNOLOGIJA**

SENZORSKA SVOJSTVA I AROMATIČNI PROFIL DIMLJENIH PRŠUTA

DIPLOMSKI RAD

SARA BRALIĆ

Matični broj: 44

Split, listopad 2022.

UNIVERSITY OF SPLIT
FACULTY OF CHEMISTRY AND TECHNOLOGY
GRADUATE STUDY
FOOD TEHNOLOGY

SENSORY AND AROMATIC PROFILE OF SMOKED HAMS

DIPLOMA THESIS

SARA BRALIĆ
Parent number: 44

Split, October 2022.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

DIPLOMSKI RAD

Sveučilište u Splitu

Kemijsko-tehnološki fakultet

Diplomski studij prehrambene tehnologije

Znanstveno područje: **Biotehničke znanosti**

Znanstveno polje: **Prehrambena tehnologija**

Tema rada je prihvaćena na 25. sjednici Fakultetskog vijeća Kemijsko-tehnološkog fakulteta

Mentor: Doc. dr. sc. Mladenka Šarolić

SENZORSKA SVOJSTVA I AROMATIČNI PROFIL DIMLJENIH PRŠUTA

Sara Bralić, 44

Sažetak:

Cilj ovog rada bio je identificirati hlapljive spojeve hrvatskih tradicionalnih dimljenih pršuta te odrediti senzorska svojstva istih. Tijekom procesa proizvodnje pršuta odvija se niz biokemijskih reakcija koje su zaslužne za formiranje boje, teksture i arome pršuta. Najvažnije biokemijske reakcije tijekom kojih nastaje niz hlapljivih spojeva odgovornih za aromu pršuta su lipoliza i proteoliza. Izolacija hlapljivih spojeva pršuta provedena je mikroekstrakcijom vršnih para na čvrstoj fazi (HS-SPME), a spojevi su identificirani vezanim sustavom plinske kromatografije-masene spektrometrije (GC-MS). Identificirani hlapljivi spojevi svrstani su u sljedeće skupine: aldehidi, fenoli, alkoholi, esteri, kiseline, ketoni, alifatski i aromatski ugljikovodici, spojevi sa dušikom, spojevi sa sumporom i terpeni. Među identificiranim spojevima najzastupljeniji su bili aldehidi, potom fenoli i ketoni. Senzorska analiza provedena je od strane 10 ocjenjivača korištenjem nestrukturirane linijske skale. Sinergijom arome, boje i teksture stvara se senzorski profil pršuta. Tijekom senzorske analize uzorak 1 je dobio najveće ocjene za većinu pozitivnih karakteristika, dok su uzorci 4 i 6 ocjenjeni nižim ocjenama. Ni u jednom od uzoraka nisu pronađeni kristali tirozina te aroma na biokemijsko, po svježem mesu i po aromatičnom bilju.

Ključne riječi: dimljeni pršut, hlapljivi spojevi, HS-SPME, GC-MS, senzorska analiza

Rad sadrži: 51 stranicu, 20 slika, 3 tablice, 47 literaturnih referenci

Jezik izvornika: hrvatski

Sastav povjerenstva za obranu:

- | | |
|--------------------------------------|-------------|
| 1. Izv.prof.dr.sc. Ani Radonić | predsjednik |
| 2. Doc. dr. sc. Zvonimir Marijanović | član |
| 3. Doc. dr. sc. Mladenka Šarolić | član-mentor |

Datum obrane: 7. listopada 2022.

Rad je u tiskanom i elektroničkom obliku (pdf formatu) pohranjen u Knjižnici Kemijsko-tehnološkog fakulteta Split, Ruđera Boškovića 35.

BASIC DOCUMENTATION CARD

DIPLOMA THESIS

University of Split

Faculty of Chemistry and Tehnology Split

Graduate study Food Tehnology

Scientific area: Biotechnical Sciences

Scientific field: Food Tehnology

Thesis subject was approved by the Council of the Faculty of Chemistry and Tehnology, session no. 25

Mentor: Mladenka Šarolić, PhD, assistant prof.

SENSORY AND AROMATIC PROFILE OF SMOKED HAMS

Sara Bralić, 44

Abstract:

The aim of this study was to identify volatile compounds of traditional Croatian smoked hams and to determine their sensory properties. Series of biochemical reactions occurs during the production process which are responsible for the formation of color, texture and aroma of smoked hams. Lipolysis and proteolysis are the most important biochemical reactions which generate a number of volatile compounds that are responsible for the formation of ham aroma. The volatile compounds were isolated by headspace-solid phase microextraction (HS-SPME), and identified by gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) technique. Identified volatile compounds are classified into the following groups: aldehydes, phenols, alcohols, esters, acids, ketones, aliphatic and aromatic hydrocarbons, compounds with nitrogen, compounds with sulfur and terpenes. Among identified compounds aldehydes were the most abundant compounds, then phenols and ketones. Sensory analysis was performed by 10 panelist using an unstructured linear scale. The sensory profile of hams is created through the synergy of aroma, color and texture. During the sensory analysis sample 1 received the highest grade for the majority of positive characteristics, while samples 4 and 6 were rated with lower grades. Tyrosine crystals, biochemical aroma, aroma of fresh meat and aromatic herbs were not found in any of the samples.

Keywords: smoked ham, volatile compounds, HS-SPME, GC-MS, sensory analysis

Thesis contains: 51 pages, 20 figures, 3 tables, 47 references

Original in: Croatian

Defense committee:

- | | |
|---|--------------|
| 1. Ani Radonić, PhD, associate prof. | chair person |
| 2. Zvonimir Marijanović, PhD, assistant prof. | member |
| 3. Mladenka Šarolić, PhD, assistant prof. | supervisor |

Defense date: October 7, 2022.

Printed and electronic (pdf format) version of thesis is deposited in Library of the Faculty of Chemistry and Technology Split, Ruđera Boškovića 35.

Završni rad je izrađen u Zavodu za prehrambenu tehnologiju i biotehnologiju, Kemijsko-tehnološkog fakulteta u Splitu pod mentorstvom doc. dr. sc. Mladenke Šarolić, u razdoblju od travnja do rujna 2022. godine.

ZAHVALA

Zahvaljujem se svojoj mentorici, doc.dr.sc. Mladenki Šarolić, na pomoći, strpljenju i vodstvu tijekom izrade diplomskog rada.

Hvala članovima Povjerenstva za obranu rada na posvećenom vremenu i prijedlozima, a doc. dr. sc. Zvonimiru Marijanoviću i na pomoći pri provedbi eksperimentalnog dijela diplomskog rada.

Najveće hvala mojoj obitelji, posebno roditeljima i dečku, na potpori i podršci tijekom studiranja.

ZADATAK DIPLOMSKOG RADA

- Izolirati hlapljive spojeve iz uzoraka hrvatskih dimljenih pršuta primjenom mikroekstrakcije vršnih para na čvrstoj fazi (HS-SPME).
- Identificirati izolirane hlapljive spojeve primjenom vezanog sustava plinske kromatografije–spektrometrije masa (GC-MS).
- Provesti senzorsku analizu na uzorcima dimljenih pršuta.

SAŽETAK

Cilj ovog rada bio je identificirati hlapljive spojeve hrvatskih tradicionalnih dimljenih pršuta te odrediti senzorska svojstva istih. Tijekom procesa proizvodnje pršuta odvija se niz biokemijskih reakcija koje su zaslužne za formiranje boje, teksture i arome pršuta. Najvažnije biokemijske reakcije tijekom kojih nastaje niz hlapljivih spojeva odgovornih za aromu pršuta su lipoliza i proteoliza. Izolacija hlapljivih spojeva pršuta provedla se mikroekstrakcijom vršnih para na čvrstoj fazi (HS-SPME), a spojevi su identificirani vezanim sustavom plinske kromatografije-masene spektrometrije (GC-MS). Identificirani hlapljivi spojevi svrstani su u sljedeće skupine: aldehidi, fenoli, alkoholi, esteri, kiseline, ketoni, alifatski i aromatski ugljikovodici, spojevi sa dušikom, spojevi sa sumporom i terpeni. Među identificiranim spojevima najzastupljeniji su bili aldehidi, potom fenoli i ketoni. Senzorska analiza provedena je od strane 10 ocjenjivača korištenjem nestrukturirane linijske skale. Sinergijom arome, boje i teksture stvara se senzorski profil pršuta. Tijekom senzorske analize uzorak 1 je dobio najveće ocjene za većinu pozitivnih karakteristika, dok su uzorci 4 i 6 ocjenjeni nižim ocjenama. Ni u jednom od uzoraka nisu pronađeni kristali tirozina te aroma na biokemijsko, po svježem mesu i po aromatičnom bilju.

Ključne riječi: dimljeni pršut, hlapljivi spojevi, HS-SPME, GC-MS, senzorska analiza

SUMMARY

The aim of this study was to identify volatile compounds of traditional Croatian smoked hams and to determine their sensory properties. Series of biochemical reactions occurs during the production process which are responsible for the formation of color, texture and aroma of smoked hams. Lipolysis and proteolysis are the most important biochemical reactions which generate a number of volatile compounds that are responsible for the formation of ham aroma. The volatile compounds were isolated by headspace-solid phase microextraction (HS-SPME), and identified by gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) technique. Identified volatile compounds are classified into the following groups: aldehydes, phenoles, alcohols, esters, acids, ketones, aliphatic and aromatic hydrocarbons, compounds with nitrogen, compounds with sulfur and terpenes. Among identified aldehydes were the most abundant compound, then phenoles and ketones. Sensory analysis was performed by 10 panelist using an unstructured linear scale. The sensory profile of hams is created through the synergy of aroma, color and texture. During the sensory analysis sample 1 received the highest grade for the majority of positive characteristics, while samples 4 and 6 were rated with lower grades. Tyrosine crystals, biochemical aroma, aroma of fresh meat and aromatic herbs were not found in any of the samples.

Keywords: smoked ham, volatile compounds, HS-SPME, GC-MS, sensory analysis

SADRŽAJ

UVOD.....	1
1. OPĆI DIO	2
1.1. Pojam i značenje pršuta.....	2
1.2. Hrvatske tradicionalne vrste pršuta.....	5
1.2.1. Dalmatinski pršut.....	7
1.2.1.1. Tehnologija proizvodnje Dalmatinskog pršuta	9
1.2.2. Drniški pršut	12
1.2.2.1. Tehnologija proizvodnje Drniškog pršuta	13
1.2.3. Opis gotovog proizvoda.....	15
1.3. Senzorska analiza pršuta.....	17
1.3.1. Boja.....	17
1.3.2. Tekstura	17
1.3.3. Aroma	18
1.3.3.1. Proteoliza.....	19
1.3.3.2. Lipoliza.....	20
1.3.4. Utjecaj izbora sirovine na senzorska svojstva	21
1.3.4.1. Pasmina i dob svinja.....	21
1.3.4.2. Hranidba	21
1.3.4.3. pH vrijednost sirovine	22
1.3.5. Greške pršuta	23
1.4. Kvarenje pršuta.....	24
1.4.1. Smrdljivo zrenje.....	24
1.4.2. Gnjljenje	25
1.4.3. Kiselo vrenje	25

1.4.4.	Užeglost	26
1.4.5.	Grinje	26
1.5.	Nutritivna vrijednost pršuta	26
1.5.1.	Redukcija soli	27
1.5.2.	Redukcija nitrata i nitrita	27
1.5.3.	Bioaktivni peptidi	28
2.	EKSPERIMENTALNI DIO	29
2.1.	Materijali.....	29
2.2.	Metode	29
2.2.1.	Analiza hlapljivih spojeva	29
2.2.1.1.	HS-SPME metoda.....	29
2.2.1.2.	Plinska kromatografija – masena spektrometrija (GC-MS)	31
2.2.2.	Senzorsko ocjenjivanje	32
3.	REZULTATI	34
3.1.	Hlapljivi spojevi.....	34
3.2.	Senzorska analiza.....	38
4.	RASPRAVA	41
4.1.	Hlapljivi spojevi.....	41
4.2.	Senzorski profil pršuta	44
5.	ZAKLJUČCI.....	46
6.	LITERATURA	48

UVOD

Suhomesnati proizvodi se dijele na trajne, polutrajne i ostale suhomesnate proizvode. Pršut pripada grupi trajnih suhomesnatih proizvoda. Trajni suhomesnati proizvodi se dobivaju od različitih vrsta mesa u komadima, sa ili bez pripadajućih kostiju, potkožnog masnog tkiva i kože, uz dodatak određenih sastojaka (1). Obradeni komadi mesa konzerviraju se kombinacijom nekih od sljedećih postupaka: soljenje, salamurenje, sušenje, dimljenje i zrenje (2). Vrijeme provođenja pojedinog postupka ovisi o vrsti samog proizvoda, a svaki trajni suhomesnati proizvod treba biti proizveden na način da je siguran za konzumaciju bez prethodne toplinske obrade. Aktivitet vode gotovog proizvoda može biti maksimalno 0,93 (1).

Tradicija proizvodnje pršuta najčešće se veže za mediteranske zemlje pa su tako najpoznatiji proizvođači Italija, Španjolska, Francuska i Hrvatska. Najprepoznatljiviji europski pršuti su talijanski Parma i San Daniele pršut, francuski Bayonne i Korzikanski pršut te španjolski Iberijski i Serrano pršut (1). Hrvatske tradicionalne vrste pršuta su Dalmatinski, Drniški, Krčki i Istarski pršut. Od svih 10 navedenih pršuta, proces dimljenja se provodi samo tijekom proizvodnji dalmatinskog i drniškog pršuta. Upravo zbog toga, ali i samog lokaliteta proizvodnje te bure kao dominantnog vjetra, ova dva pršuta se odlikuju specifičnim okusom i osebujnom aromom.

Parametri koji se ocjenjuju tijekom provođenja senzorske analize pršuta su: boja, miris, okus, tekstura i aroma. Glavne biokemijske reakcije koje formiraju aromu pršuta su proteoliza i lipoliza te je nužno identificirati hlapljive spojeve prisutne u pršutu da bi se mogla razumjeti i objasniti sama aroma pršuta.

Cilj ovog diplomskog rada je izolirati i identificirati hlapljive spojeve te provesti senzorsku analizu hrvatskih dimljenih pršuta.

1. OPĆI DIO

1.1. Pojam i značenje pršuta

Pršut je trajni suhomesnati proizvod čija tradicija proizvodnje i najveći varijetet vrsta pripadaju zemljama Mediterana kao što su: Italija, Španjolska, Francuska i Hrvatska. Podrijetlo i prvi zapisi o tehnologiji sušenja svinjskog mesa datiraju iz ranog rimskog doba pod imenom *prae exuctus* što na latinskom znači jako suho, prosušeno. Promjene jezika i govora su uzrokovale i promjenu ovog naziva preko *perexuctus*, zatim *presciutto* pa sve do talijanske forme *prosciutto*, koja pripada toskanskom narječju i govoru (1). Danas Talijani razlikuju dvije vrste *prosciutta*, a to su *prosciutto cotto*, u Hrvatskoj poznat kao kuhana šunka te *prosciutto crudo*, odnosno svima poznat kao pršut.

U svijetu su prisutna tri osnovna tipa pršuta i šunki, a to su: mediteranski, sjevernoeuropski i američki tip (2). Vrste pršuta i šunki, obzirom na zemlju proizvodnje, prikazane su u tablici 1.

Tablica 1. Prikaz vrsta pršuta/šunki u pojedinim državama svijeta (2)

Država	Naziv pršuta/šunke	
Italija	Prosciutto di San Daniele	Prosciutto di Norcia
	Prosciutto di Sauris	Prosciutto di Parma
	Prosciutto di Modena	Prosciutto di Carpegna
	Prosciutto Amatriciano	Prosciutto
	Toscana	
	Prosciutto Veneto Berico – Euganeo	Crudo di Cuneo
	Valle d'Aosta Jambon de Bosses	
Španjolska	Jamón serrano šunke (Jamón de Trevélez, Jamón de Serón, Jamón de Teruel)	
	Jamón ibérico šunke (Jamón de Guijuelo, Jamón de Jabugo, Dehesa de Extremadura, Los Pedroches, Jamón de Huelva)	
Francuska	Jambon de Bayonne	Jambon d' Auvergne
	Jambon de l'Ardèche	Jambon de Lacaune
	Jambon sec des Ardenne	Jambon sec de Corse
	Jambon de Vendée	

Država	Naziv pršuta/šunke	
Hrvatska	Dalmatinski pršut Istarski pršut	Drniški pršut Krčki pršut
Portugal	Presunto de Barosso Presunto de Melgaço Presunto de Santana da Serra Presunto de Barrancos	Presunto de Vinhais Presunto de Camp Maior e Elvas Presunto de Alentejo
Slovenija	Prekmurska šunka	Kraški pršut
Njemačka	Westfälischer Knochenschinken Ammerländer Dielenrauchschinken	Holsteiner Katenschinken Ammerländer schinken
Belgija	Jambon d' Ardenne	
Velika Britanija	Carmathen ham	
Luksemburg	Salaisons fumées, marque nationale grand-duché de Luxembourg	
SAD	Country-style ham	
Kina	Jinhua ham	

Sam tehnološki proces proizvodnje je zahtjevan i dugotrajan, a svako zemljopisno područje ima određenu tradiciju karakterističnu samo za to okruženje. Osnovni koraci proizvodnje su zajednički svim vrstama pršuta i šunki. Temeljni koraci tehnološkog procesa su hlađenje i obrada sirovog buta, soljenje ili salamurenje, sušenje te zrenje (2).

Nakon klanja sirove butove je potrebno hladiti, uglavnom 24 do 48 sati. Temperatura u dubini buta mora biti ispod 7 °C, a uobičajen raspon temperature unutar buta kreće se od -1 °C do 5 °C (2). Za proizvodnju tradicionalnih zaštićenih pršuta zabranjeno je korištenje prethodno zamrznutih butova zbog smanjenja kvalitete gotovog proizvoda i negativnog utjecaja na teksturu masnog i mišićnog tkiva. Zamrzavanje uzrokuje presoljenost, intenzivnu pojavu kristala tirozina ili fenilalanina te povećava rizik pojave mikrobiološke kontaminacije (3). Obrada, odnosno oblikovanje sirovog buta, karakteristično je za svaki pojedini tip pršuta što često olakšava vizualno prepoznavanje tipa pršuta te regiju ili državu proizvodnje (2).

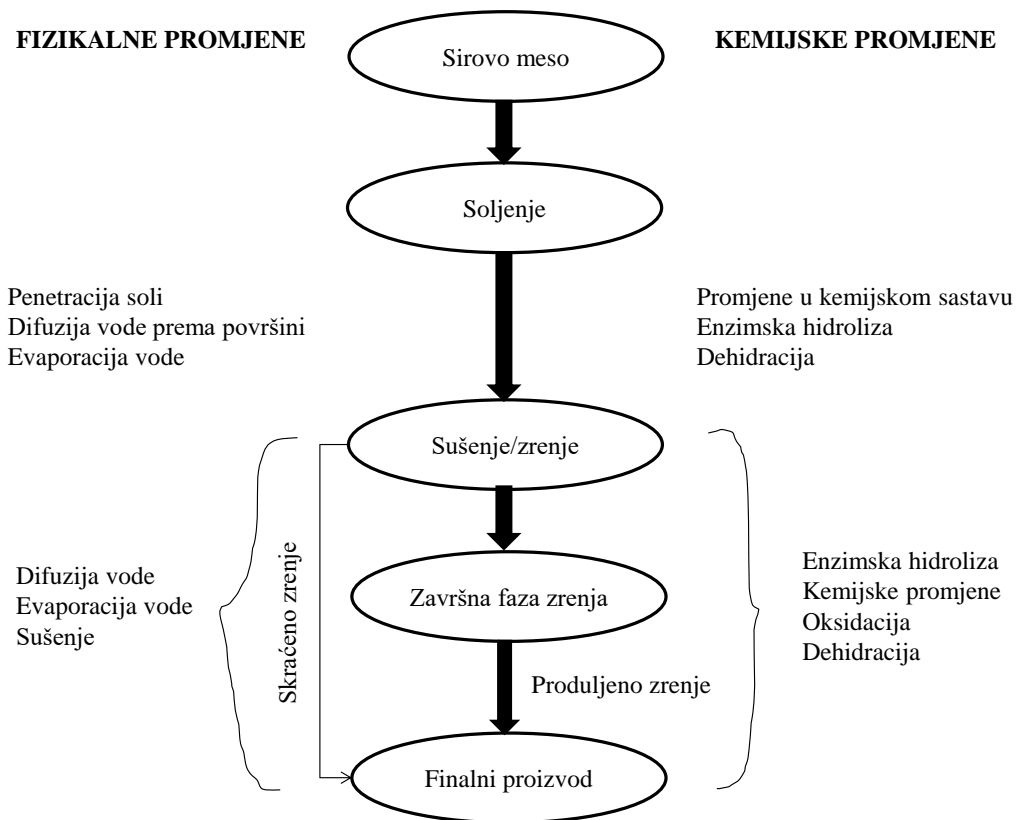
Glavne uloge soljenja i salamurenja su konzerviranje i formiranje finalnog okusa gotovog proizvoda. Sol inhibira rast i razvoj nepoželjnih mikroorganizama, potiče ili

inhibira aktivnost mišićnih enzima te daje specifičan slani okus pršuta (2). Istraživanjem je pokazano da se korištenjem 5% soli inhibira rast anaerobnih mikroorganizama, a upotrebom koncentracije soli od 10% rast većine mikroorganizama se usporava (4). Tijekom tradicionalne proizvodnje pršuta, sa zaštićenom oznakom zemljopisnog podrijetla ili izvornosti, koristi se postupak soljenja dok se salamurenje upotrebljava u industrijskoj proizvodnji (2). Salamura se sastoji od soli, mirodija te može sadržavati nitrite, nitrate, glukozu i askorbinsku kiselinu (5). Soljenje se može provoditi sa točno određenom količinom soli, ali i sa neodređenom količinom. Većinom se upotrebljava krupna morska sol ili mješavina mineralne i krupne morske soli u količini od 5 do 6% na masu sirovog buta, a sam postupak se naziva suho soljenje. U Španjolskoj, dijelu Italije i Francuske tradicionalno se koristi suho soljenje sa neodređenom količinom soli na način da se butovi u potpunosti prekriju solju i slažu jedan na drugi (2).

Sušenje, kao i soljenje, ima konzervirajuću ulogu jer smanjuje aktivitet vode, a samim time inhibira rast mikroorganizama. Tijekom sušenja potrebno je osigurati strujanje hladnog i suhog zraka, a prva dva tjedna preporuča se energičnije provođenje ovog procesa zbog smanjenja aktiviteta vode na površini proizvoda (6). Problem predstavlja povišena temperatura koja može dovesti do kvarenja pa se u industrijskoj proizvodnji upotrebljavaju automatizirane komore za sušenje i zrenje koje omogućavaju održavanje optimalnih uvjeta tijekom cijele godine, bez obzira na vremenske promjene (2).

Zrenje je postupak tijekom kojeg se unutar osušenih butova odvija niz biokemijskih reakcija što rezultira specifičnim senzorskim svojstvima gotovih proizvoda. Najvažnije reakcije su proteoliza i lipoliza tijekom kojih nastaju brojni hlapljivi spojevi koji stvaraju karakterističnu aromu pršuta (7). Zrenje može trajati i duže od 24 mjeseca.

Tijekom procesa proizvodnje pršuta odvijaju se razne fizikalne i kemijske promjene mesa koje su prikazane na slici 1.



Slika 1. Fizikalne i kemijske promjene mesa tijekom postupaka soljenja, sušenja i zrenja (7).

1.2. Hrvatske tradicionalne vrste pršuta

Pršuti iznimne kakvoće i poznatog podrijetla ostvaruju visoku cijenu i tržišnu vrijednost. Upravo zbog postojanja velikog broja različitih vrsta pršuta udruženja proizvođača su odredila kriterije za proizvodnju ovih proizvoda zbog zaštite istih. Ovi kriteriji kasnije su i zakonom definirani, a Europska Komisija formirala je registar za upis pojedinih prehrambenih proizvoda s namjerom njihove zaštite (1). Radi se o tri registra, a to su:

- Registar proizvoda izvornog podrijetla,
- Registar proizvoda zaštićenog zemljopisnog podrijetla te
- Registar proizvoda s garancijom tradicionalne kakvoće.

Simboli zaštićenih oznaka prikazani su na slici 2.



Slika 2. Simboli zaštićenih oznaka izvornosti, zemljopisnog podrijetla i tradicionalne kakvoće (8).

Sukladno tomu, Hrvatska je spoznala potencijal svojih autohtonih proizvoda pa su tako hrvatski tradicionalni pršuti Dalmatinski, Drniški i Krčki zaštićeni oznakom zemljopisnog podrijetla. Nadalje, Istarski pršut je prvi hrvatski autohtoni poljoprivredno – prehrambeni proizvod koji je 2011. godine dobio zaštićenu oznaku izvornosti prema standardima Europske unije (1). Navedene oznake, između ostalog, imaju za cilj potaknuti proizvodnju ovog visokovrijednog proizvoda.

Hrvatske tradicionalne vrste pršuta posjeduju i zajednički znak zemljopisnog podrijetla koji je karakterističan za svaku pojedinu vrstu, a primjenom sustava sljedivosti moguće je dokazati podrijetlo pršuta. Sam sustav se temelji na fizičkom označavanju butova prije soljenja i označavanju gotovog proizvoda te dokumentima koji se popunjavaju tijekom svih faza proizvodnje, a koje su dužni imati svi subjekti u lancu proizvodnje zbog ispunjenja zakonskih propisa (9).

Hrvatska je zemlja sa specifičnim klimatskim uvjetima za koje je karakteristična bura, iznimno hladan i suh vjetar koji pogoduje sušenju pršuta te ovom proizvodu osigurava autentičnu aromu. Glavna razlika u proizvodnji Dalmatinskog i Drniškog pršuta, u odnosu na Krčki i Istarski, je faza dimljenja tijekom procesa proizvodnje, koja slijedi nakon sušenja, a prije zrenja pršuta.

Prvi zapisi o trgovini Dalmatinskim pršutom datiraju iz doba Osmanskog carstva, točnije 1557. godine gdje se navodi da su se pršut i sir izvozili preko Zadra (10). Zapisi upućuju na to da se radilo o pršutu iz zadarskog zaleđa, a prvi pouzdani podaci o uzgoju svinja i procesima proizvodnje Drniškog pršuta nalaze se u Statutu grada Šibenika iz 1608. godine. Počeci konkretnije proizvodnje pršuta vežu se za osnutak Poljoprivredno industrijskog kombinata (PIK) u Petrovom polju 1966. godine. Iste godine započinje s

radom klaonica s pogonom za proizvodnju suhomesnatih proizvoda, s naglaskom na proizvodnju Drniškog pršuta (9).

Obzirom na ograničenu proizvodnju pršuta u prošlosti, isti su konzumirala isključivo imućnija seoska domaćinstva tijekom svečanih prigoda (9). Pršutom se, kao proizvodom sa titulom najvrijednijeg, trgovalo samo na lokalnom tržištu. Posebnost Dalmatinskog pršuta propoznali su brojni putnici, a kao dokaz tomu je često spominjanje Dalmatinskog pršuta u raznim putopisima (10). S druge strane, Drniški pršut je bio poslužen na engleskom dvoru tijekom krunjenja kraljice Elizabete II, dana 2. lipnja 1953. godine, te tijekom proslave pedesete godišnjice krunidbe. Nadalje, pršut iz pršutane u Drnišu je na domaćem tržištu, do rata 1990-ih, bio najpoznatiji i najznačajniji proizvod u konkurenciji svih pršuta (9).

Konzerviranje Dalmatinskog i Drniškog pršuta prvenstveno se provodilo soljenjem te sušenjem, a ne dimljenjem. Soljenje se provodilo samo od studenog do ožujka, a danas, zahvaljujući mogućnosti reguliranja mikroklimatskih uvjeta unutar proizvodnih prostorija, proizvodnja pršuta se odvija tijekom cijele godine uz uvjet da se pršuti izlažu utjecaju prirodne cirkulacije zraka kada god je to moguće (10). Dim je u prošlosti imao ulogu smanjenja vlage tijekom kišnog i vlažnog vremena, a čim bi zapuhala bura pršuti su se iznosili na svježiji zrak (9). Proizvođači su spoznali da dim ima antioksidativno i antimikrobno djelovanje pa su nastavili sa postupkom dimljenja i za vrijeme suhog vremena. Danas je poznato da dimljenje nema značajnu ulogu u postupku konzerviranja, no nastavlja se primjenjivati zbog stvaranja specifične i prepoznatljive arome Dalmatinskog i Drniškog pršuta (10). Karakteristike proizvoda te parametri samog procesa proizvodnje, primjerice relativna vlažnost, temperatura i trajanje dimljenja, znatno utječu na apsorpciju spojeva iz dima u proizvod, a samim time i na stabilnost tih spojeva te sensoriku gotovog proizvoda. Proces dimljenja je u korelaciji sa klimatskim uvjetima na području proizvodnje pršuta, kao i sa kulturom te prehranbenim navikama lokalnog stanovništva (11).

1.2.1. Dalmatinski pršut

Prema definiciji iz specifikacije „Dalmatinski pršut je trajan suhomesnati proizvod od svinjskog buta s kosti, kožom i potkožnim masnim tkivom, bez zdjeličnih kosti, suho soljen morskom soli, dimljen blagim izgaranjem tvrdog drva bukve (*Fagus sp.*), hrasta (*Quercus*

sp.) ili graba (*Carpinus sp.*) te podvrgnut procesu sušenja i zrenja u trajanju od najmanje godinu dana.“

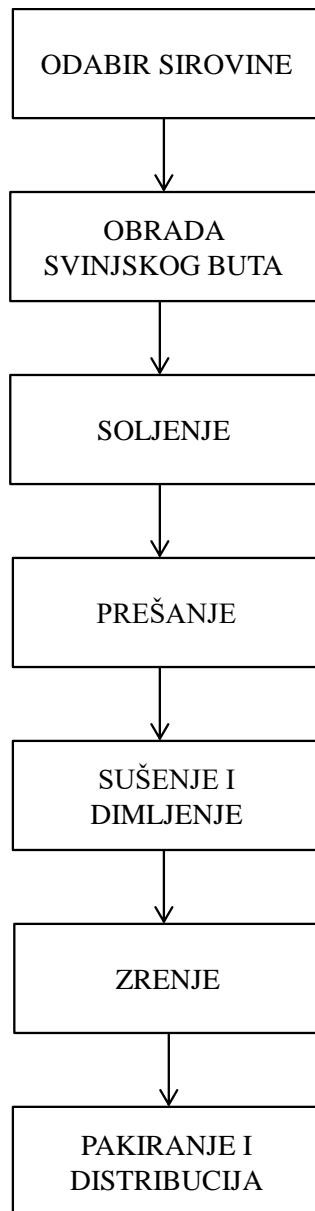
Da bi gotov proizvod dobio žig zajedničkog znaka Dalmatinskog pršuta, prikazanog na slici 3, svi koraci tehnološkog postupka, od soljenja pa do kraja zrenja, moraju se provoditi isključivo unutar administrativnih granica navedenih županija: Ličko – senjska, Zadarska, Šibensko – kninska, Splitsko – dalmatinska i Dubrovačko – neratvanska (10).



Slika 3. Grafički prikaz zajedničkog znaka Dalmatinskog pršuta (10)

Znak prikazuje tri lavlje glave unutar ovalne kružnice, a na vanjskom obodu, sa gornje strane elipse, nalazi se natpis „Dalmatinski pršut“. Zajednički znak nanosi se kao vrući žig na kožu pršuta po završetku faze zrenja nakon što ovlašteno tijelo utvrdi da su sve faze proizvodnje provedene u skladu sa Specifikacijom te da pršut sadrži sva specificirana senzorska i fizikalno – kemijska svojstva (10).

1.2.1.1. Tehnologija proizvodnje Dalmatinskog pršuta



Slika 4. Tehnološka shema proizvodnje Dalmatinskog pršuta

Za proizvodnju Dalmatinskog pršuta odabiru se svježiji svinjski butovi s kosti od plemenitih (mesnatih) pasmina kao što su jorkšir, landras i durok te njihovih križanaca (2). Tijekom skladištenja i distribucije butovi se čuvaju u temperaturnom rasponu od 1 °C do 4 °C, a unutarnja temperatura buta, u trenutku ulaska u pršutanu, mora biti u istom tom rasponu. Zamrzavanje butova je strogo zabranjeno. Tijekom odabira treba obratiti pažnju na izgled svježeg buta, odnosno izabrati sirovinu bez oštećenja i znakova traumatskih

procesa. Nadalje, meso mora biti crvenkasto – ružičaste boje, kompaktne strukture i suhe površine (engl. *red, firm, non-exudative* – *RFN*). Zabranjeno je korištenje mesa koje je blijedo, mekano i vodenasto – *BMV* (engl. *pale, soft, exudative* – *PSE*) ili tamno, suho i tvrdo – *TST* (engl. *dark, firm, dry* – *DFD*). Također, ne smije se koristiti meso koje je crvene boje, no mekano i vodenasto (engl. *red, soft, exudative* – *RSE*) kao ni meso koje je blijede boje, bez obzira što je čvrsto i nije vodenasto (engl. *pale, firm, non-exudative* – *PFN*) (10).

But mora biti odvojen od svinjske polovice između zadnjeg slabinskog kralješka (v. *lumbales*) i prvog križnog kralješka (v. *sacrales*). U butu se ne smiju nalaziti zdjelične kosti koje čine bočna kost (*os ilium*), sjedna kost (*os ishii*) i preponska kost (*os pubis*), te križna kost (*os sacrum*). Repni kralješci (v. *caudales*) također moraju biti odstranjeni. But mora biti odvojen od zdjelice u bočnom zglobu (*articulus coxae*) koji povezuje glavu bedrene kosti (*caput femoris*) i zdjeličnu čašicu (*acetabulum*) na kukovlju. U mišićju buta mora ostati samo dio sjedne kosti s hrskavicom (*tuber ishii*). Muskulatura buta treba biti pravilno polukružno zaobljena na način da proksimalni rub obrađenog buta bude 8 do 10 cm udaljen od glave bedrene kosti (*caput femoris*). Nogica je od buta odvojena u skočnom zglobu (*articulus tarsi*) tako da je uklonjen proksimalni red skočnih kostiju. Petna kvrga (*tuber calcanei*) može ostati u vezi s tibiom i fibulom jer se iznad nje but veže ili vješa za sušenje (2). S medijalne i lateralne strane buta nalaze se koža i potkožno masno tkivo čija debljina mora iznositi najmanje 15 mm, a optimalno je od 20 do 25 mm. Mast treba onemogućiti odvajanje kože od mišića koji se nalaze ispod nje. Masa obrađenog buta treba iznositi minimalno 11 kg (10).

Od klanja svinja pa do početka soljenja buta ne smije proći manje od 24 ni više od 96 sati. pH vrijednost buta pri ulasku u pršutanu treba biti između 5,5 i 6,1, a mjeri se u području poluopnastog mišića (*m. semimembranosus*). Soljenje je najkritičnija faza tehnološkog procesa proizvodnje pršuta te je zbog toga nužno održavati nisku temperaturu, u rasponu od 2 do 6 °C, tijekom cijele faze soljenja, ali i prešanja jer u protivnom može doći do kvarenja koje se naziva smrdljivo zrenje pršuta. Relativna vlažnost zraka mora biti iznad 80% (10). Prije soljenja potrebno je masažom istisnuti zaostalu krv iz cijelog buta. Svi butovi trebaju imati istu temperaturu (1 – 4 °C) kako bi prodiranje soli u mišićje buta

bilo ravnomjerno i brzo (2). Hladni butovi imaju manju sposobnost apsorpcije soli, dok su nedovoljno ohlađeni butovi podložniji kvarenju (1).

Dalmatinski pršut je dozvoljeno soliti isključivo sa morskom soli, odnosno nije dopušteno dodavanje ni začina ni konzervansa, kao što su: natrijev nitrat (E 251), natrijev nitrit (E 250), kalijev sorbat (E 202), propionska kiselina (E 280) i askorbinska kiselina (E 200) (10). Butovi se obilno natrljaju solju po cijeloj površini, a sam postupak se naziva suho soljenje (2). Tijekom ovog postupka koristi se manje od 10% soli na masu buta. Upotreba suviše količine soli ima negativno djelovanje na kakvoću te senzorska i nutritivna svojstva pršuta (12). Nasoljeni butovi se poslože na način da je medijalna strana buta okrenuta prema gore. Tako odležavaju 7 do 10 dana, ovisno o masi buta, a nakon toga ih je potrebno ponovno soliti, okrenuti medijalnom stranom prema dolje i pustiti da odležavaju još 7 do 10 dana. Ako se faza prešanja ne provodi, butovi se ostavljaju još 7 do 10 dana, zatim se isperu vodom i ocijede (10).

Cilj prešanja je pravilno oblikovanje pršuta, što je od iznimne važnosti kada se na tržište stavlja cijeli pršut s kosti. Butovi se slažu između ploča i opterete masom koja je veća i do 10 puta od mase buta (2). Nakon 7 do 10 dana potrebno je butove isprati čistom vodom i ostaviti ih da se ocijede. Prešanje se odvija pod istim uvjetima temperature i vlažnosti zraka kao i soljenje ($T = 2 - 6 \text{ }^{\circ}\text{C}$, $R_h > 80\%$). Po završetku cijedenja butovi su spremni za sušenje, dimljenje i zrenje (10).

Dimljenje i sušenje butova provodi se u bespriječno čistim komorama sa prozorima na kojima se nalaze mrežice za zaštitu od kukaca (1). Nakon što se temperatura butova izjednači sa temperaturom komore započinje faza hladnog dimljenja. Dimljenje se provodi izgaranjem tvrdog drva ili piljevine hrasta (*Quercus sp.*), bukve (*Fagus sp.*) ili graba (*Carpinus sp.*) (10). Zbog bolje arome, koju dim može dati pršutu, prema starim običajima dodaje se lokalno raslinje kao što su drvo i ljuske badema (*Amygdalum communis*), suho granje smrekovine (*Juniperus*) te suho smilje (*Helichrysum arenarium*) (12). Klasičan način dimljenja podrazumijeva dimljenje sa otvorenim ložištem pa je potrebno paziti da temperatura u komori za dimljenje ne prijeđe $22 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Pri višim temperaturama dolazi do denaturacije bjelančevina na površinskom sloju pršuta što uzrokuje stvaranje nepoželjne barijere za izlazak vode iz muskulature buta, a samim time i do kvarenja. Dimljenje i sušenje pršuta se provodi maksimalno 45 dana (10).

Zrenje pršuta se odvija u komorama za zrenje koje imaju stabilnu mikroklimu i prozore za izmjenu zraka. Prozori moraju biti zaštićeni gustom mrežicom zbog sprječavanja ulaska kukaca i drugih nametnika. Temperatura u komori ne smije biti viša od 20 °C, a relativna vlažnost zraka treba biti niža od 90% jer su to uvjeti u kojima pršut pravilno zrije, postiže lijepu boju i optimalnu aromu (10). Tijekom faze zrenja dozvoljeno je popuniti („štukovati“) pukotine nastale na medijalnom dijelu pršuta mješavinom usitnjenog svinjskog sala, pšeničnog ili rižinog brašna i soli (2).

Od početka faze soljenja pa do kraja zrenja mora proći minimalno 12 mjeseci da bi Dalmatinski pršut bio zreo i spreman za konzumaciju (10). Minimalna masa pršuta koji ide na tržište je 6,5 kg (2). Dalmatinski pršut, sa zaštićenom oznakom zemljopisnog podrijetla, na tržište se može staviti kao cijeli, u komadima ili narezan (10).

1.2.2. Drniški pršut

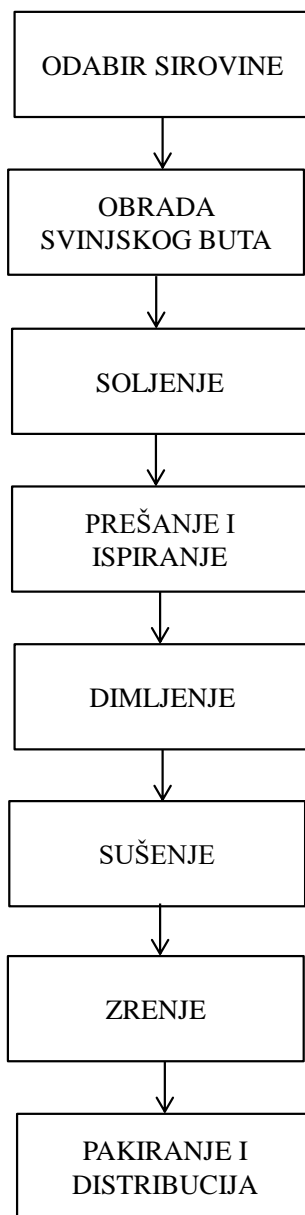
Drniški pršut je trajan suhomesnati proizvod proizveden postupcima soljenja krupnom morskom soli, prešanja, hladnog dimljenja i sušenja svinjskog buta obrađenog bez zdjeličnih kostiju i nožice. Proizvodnja traje minimalno 12 mjeseci, a da bi pršut dobio žig zajedničkog znaka Drniških pršuta svi koraci proizvodnje, osim uzgoja, tova, klanja i klaoničke obrade svinja, moraju se provoditi na području grada Drniša i susjednih općina: Promina, Unešić, Ružić i Biskupija. Navedena mjesta nalaze se u Šibensko – kninskoj županiji (9).



Slika 5. Zajednički znak Drniškog pršuta (9)

Na slici 5 se nalazi grafički prikaz žiga Drniškog pršuta. Sam znak simbolizira pršut te slovo „D“, a linije koje tvore znak potječu iz šava pletera drniške kape. Unutar znaka nalazi se natpis „Drniš“ te pet krugova pletera kape koji predstavljaju simbol drniškog kraja te vrhunsku kvalitetu proizvoda jer pet krugova simbolizira kvalitetu od pet zvjezdica (13). Po završetku faze zrenja vrući žig se nanosi na kožu, s lateralne strane, onih pršuta koji zadovoljavaju sve zahtjeve navedene u specifikaciji proizvoda (9).

1.2.2.1. Tehnologija proizvodnje Drniškog pršuta



Slika 6. Tehnološka shema proizvodnje Drniškog pršuta

Drniški pršut proizvodi se od svježih i mikrobiološki ispravnih svinjskih butova plemenitih pasmina svinja i njihovih križanaca. Butovi ne smiju biti podvrgnuti zamrzavanju niti bilo kojim drugom načinu konzerviranja prije obrade, isključivo se mogu hladiti na temperaturama od -1 °C do 4 °C (9).

Svježem butu se odstranjuju nožice, zdjelične i križne kosti te repni kralješci. Koža i masno tkivo sa unutarnje strane buta također se uklanjaju. Bedrena (*femur*) i potkoljenična kost (*tibia i fibula*) s patelom, urašteni dio sjedne kosti (sjedna kvrga) te ostaci tarzalnih kostiju se ne odstranjuju. Donji rub pršuta je udaljen 5 – 8 cm od glavice bedrene kosti. Minimalna masa obrađenog buta je 11 kilograma, a obrađeni but ne smije imati krvave podljeve, oštećenja i neravnine (2).

Prije soljenja potrebno je istisnuti zaostalu krv iz buta postupkom masiranja. Soljenje se provodi ručno krupnom morskom soli, a butovi se slažu horizontalno (9). Temperaturni raspon se, tijekom procesa soljenja, kreće od 0 °C do 5 °C te se nakon 7 dana butovi ponovno sole. Duljina soljenja ovisi o masi buta, a uz sol nije dopušteno dodavati nikakve druge konzervanse (2).

Proces prešanja traje od 7 do 10 dana, a na polovini tog perioda vrši se preslagivanje na način da gornji butovi idu na mjesta donjih i obratno (9). Ispiranje je korak koji se provodi nakon završetka prešanja s ciljem uklanjanja viška soli zbog čega je Drniški pršut manje slan jer je udio soli u gotovom proizvodu do 7% (13). Butovi se ispiru mlazom hladne vodovodne vode, zatim se vežu konopom na području skočnog zgloba te se vješaju i cijede (9).

Dimljenje se provodi u pušnicama koje su smještene okomito na smjer puhanja dominantnih vjetrova. Pušnice su povišene sušnice, a za dimljenje se koriste cjepanice graba (*Carpinus betulus L*) i bukve (*Fagus sylvatica*). Kao i kod Dalmatinskog pršuta, prema tradiciji se dodaje i lokalno raslinje, primjerice drvo i ljuske badema (*Amygdalum communis*), suho granje smrekovine (*Juniperus oxycedrus*) te suho smilje (*Helichrysum arenarium*) (2). Proces dimljenja je blag i odvija se pri dobroj cirkulaciji zraka, s izmjenom bure i juga te traje 30 do 45 dana, a provodi se na temperaturama ispod 25 °C i naziva se hladno dimljenje. Zbog svega navedenog Drniški pršut ima specifičnu blagu aromu dima koja nikada nije prenaplašena i ne prekriva samu aromu zrelog mesa. Sredinom procesa pršuti se ponovno prešaju u trajanju od 4 do 5 dana zbog postizanja finalnog oblika (9).

Sušenje Drniškog pršuta započinje u istim prostorijama u kojima se provelo dimljenje (2). Naime, tijekom hladnijeg perioda godine, većinom od studenog do ožujka, pršuti se suše na način da se izlažu svježem zraku. Glavnu ulogu u ovom dijelu procesa ima bura, hladan i svjež vjetar (9).

Dolaskom toplijeg vremena, od travnja pa nadalje, pršuti se premještaju na zrenje u tamne, mikroklimatski stabilne prostorije koje su smještene u prizemlju ili podrumu. Proces zrenja odvija se na temperaturama između 12 °C i 18 °C uz relativnu vlažnost zraka od 60 do 75%. Tijekom zrenja se na površini pršuta stvara karakteristična plijesan koja ima važnu ulogu u formiranju arome Drniškog pršuta (9).

Od početka faze soljenja pa do kraja zrenja treba proći 12 do 18 mjeseci da bi Drniški pršut bio zreo i spreman za konzumaciju. Minimalna masa pršuta koji ide na tržište je 6,5 kg. Drniški pršut sa zaštićenom oznakom zemljopisnog podrijetla na tržište se može staviti kao cijeli, u komadima ili narezan (2).

1.2.3. Opis gotovog proizvoda

Dalmatinski pršut je poznat po jednoličnoj crvenoj boji, osebujnoj aromi i okusu, blagoj slanosti i blagom mirisu na dim te mekanoj, poželjnoj konzistenciji (10). Znanstvena istraživanja dokazala su postojanje fenola odgovornih za miris i aromu dima koji su karakteristični za Dalmatinski pršut te su upravo ti hlapljivi spojevi zaslužni za prepoznatljivost i razlikovnost Dalmatinskog pršut na području Europe, ali i šire (14). Drniški pršut ne smije imati vidljiva oštećenja, a na vanjskoj površini može se nalaziti tanki sloj plijesni nastao tijekom procesa zrenja (9).

Mikroklimatski uvjeti proizvodnog područja imaju utjecaj na proces i tok enzimatskih reakcija u pršutu, odnosno na stvaranje poželjnih senzorskih svojstava gotovog proizvoda, naročito mirisa i okusa. U trenutku stavljanja na tržište, prema specifikacijama, Dalmatinski i Drniški pršut trebaju imati sljedeća senzorska svojstva:

Tablica 2. Opis gotovog proizvoda Dalmatinskog (10) i Drniškog pršuta (9)

	Dalmatinski pršut	Drniški pršut
Senzorske osobine		
Vanjski izgled	Pravilno oblikovan, bez pukotina, zarezotina i visećih dijelova mišića i kože, bez velikih nabora na koži	Bez vidljivih oštećenja; može se nalaziti tanki sloj plijesni nastao tijekom procesa zrenja
Presjek	Mišićno tkivo jednolične crvene do svijetlocrvene boje; potkožno masno tkivo bijele do ružičasto-bijele boje	Jednolična intenzivna rubin – crvena boja; masno tkivo bijele boje
Miris	Ugodne arome na fermentirano, usoljeno, suho i dimljeno svinjsko meso, bez stranih mirisa; blago izražen miris dima	Intenzivan miris zrelog, blago dimljenog sušenog svinjskog mesa, bez stranih mirisa
Okus	Blago slankast ili slan; preslan pršut, kiselkasto gorak ili nedefiniran okus nije dozvoljen	Blago slatkasti okus, umjerene slanosti; bez kiselosti, gorčine ili užeglosti
Tekstura	Mekan; tvrda konzistencija nije prihvatljiva	Lako se reže, rub pršuta ne smije biti pretvrd; laka žvačnost, sočan
Kemijska svojstva		
Aktivitet vode, aw	<0,93	<0,90
Sadržaj vlage (%)	od 40 do 55	do 40
Sadržaj soli (%)	4,5 – 7,5	do 7

Dovoljno dug period zrenja ključan je za formiranje jednolične rubin – crvene boje te za poželjnu i mekanu konzistenciju pršuta, a zbog dužeg sušenja i zrenja Drniškog pršuta karakterističan je i viši stupanj dehidracije (9).

1.3 Senzorska analiza pršuta

Parametri koji se ocjenjuju tijekom senzorske analize pršuta su izgled koji uključuje intenzitet boje mišićnog i masnog tkiva, ujednačenost boje, mramoriranost te prisustvo kristala tirozina. Nadalje, u okviru senzorske analize ocjenjuje se i miris, zatim okus, aroma, tekstura (tvrdoća i topivost) te cjelokupna dopadljivost pršuta.

1.3.1. Boja

Karakteristična crvena boja pršuta nastaje reakcijom dušikovog oksida i mioglobina pri čemu se formira spoj nitrozomioglobin (1). Povećanjem koncentracije mioglobina povećava se i intenzitet crvene boje. Mišići starijih životinja bogatiji su mioglobinom (15), a rezultat korištenja butova mlađih svinja su blijedo crveni pršuti. Nadalje, vrlo blijeda boja pršuta može biti uzrokovana stresom koji je svinja doživjela prije klanja (12). Dokazano je da sol potiče rad mišićnih enzima koji su zaslužni za stvaranje crvenog pigmenta cinkoprotoporfirina (16). Kod dimljenih pršta moguća je pojava tamnije boje kao rezultat pirolitičke razgradnje drveta (1).

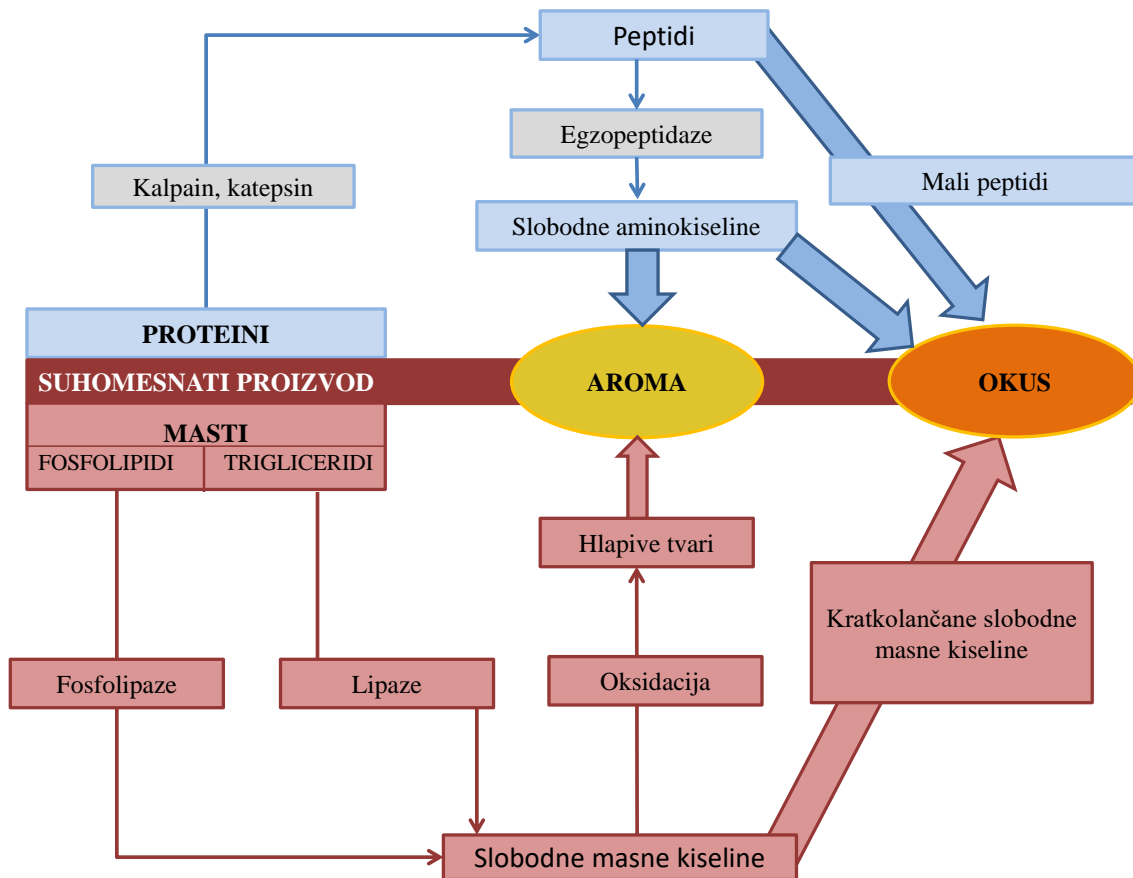
1.3.2. Tekstura

Čimbenici koji utječu na teksturu pršuta su: sadržaj intramuskularne masti i sastav masnih kiselina, oksidacija masti, proteolitički potencijal, pH mesa, koncentracija soli, intenzitet sušenja, način i duljina zrenja te postupci pakiranja i serviranja gotovog proizvoda (pakiranje u vakuumu, debljina narezaka). Tanje kriške stvaraju harmoničan osjećaj u ustima na način da povećavaju topljivost i žvakanje te smanjuju tvrdoću (12).

Parametri koji utječu na pretjeranu mekoću pršuta su: povećan sadržaj intramuskularne i intermuskularne masnoće, niska koncentracija soli, visoka temperatura tijekom procesa proizvodnje (17), uranjeno premazivanje pršuta ili premazivanje u predebelom sloju zaštitnom smjesom pri čemu se sprječava migracija vode. Da bi se izbjegla nepoželjna mekoća pršuta potrebno je odabrati svinjske butove s pH vrijednosti nižom od 6,2 te na propisan način provoditi sve procese proizvodnje (12).

1.3.3. Aroma

Aroma predstavlja ukupnu percepciju mirisa i okusa te je jedan od značajnijih parametara kvalitete, a ovisi o sirovini i procesu proizvodnje (1). Za okus su odgovorni nehlapljivi spojevi, kao što su mali peptidi i slobodne aminokiseline, dok su hlapljivi spojevi odgovorni za miris pršuta (18). Finalna aroma pršuta stvara se u kasnijim fazama proizvodnje, a dvije najznačajnije enzimske reakcije koje imaju glavnu ulogu u formiranju arome pršuta su proteoliza i lipoliza (slika 7). Tijekom navedenih reakcija nastaju hlapljivi i nehlapljivi spojevi koji doprinose aromi kroz ujednačenost i međusobne interakcije, a ne individualno (1). Pršuti koji su prošli dulji proces zrenja imaju intenzivniju aromu zbog veće koncentracije hlapljivih spojeva nastalih degradacijom aminokiselina i lipida (19).



Slika 7. Proteoliza i lipoliza (7)

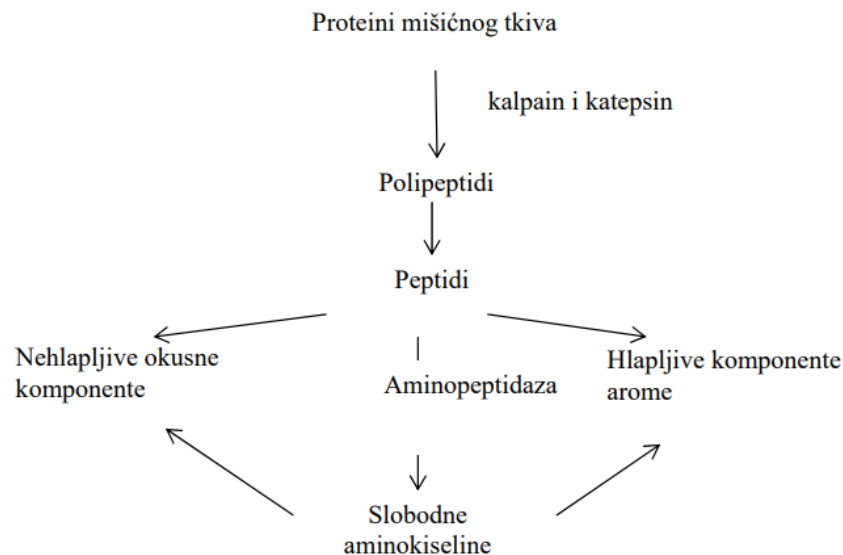
Osim hlapljivih spojeva, ulogu u formiranju arome pršuta ima i dim. Tijekom zrenja aroma pršuta se transformira od arome po masti (*fat*), preko arome po svinjetini (*pork*),

sirovom mesu (*fresh*), suhom mesu (*dry-cured*) sve do konačne arome zrelog mesa (*aged*) (1).

1.3.3.1. Proteoliza

Proteoliza (slika 8) je proces intenzivne razgradnje proteina mišića koji se, tijekom proizvodnje pršuta, intenzivira na početku faze sazrijevanja (1). Produkti proteolize su brojni mali peptidi i slobodne aminokiseline koji imaju ključnu ulogu u formiranju okusa gotovog proizvoda, a služe i kao prekursori hlapljivih spojeva odgovornih za miris i stvaranje gorkih, slatkih te kiselih nota (11).

Stupanj proteolize te vrsta i količina nastalih peptida i aminokiselina ovise o aktivnosti egzopeptidaza i endopeptidaza te o parametrima proizvodnje kao što su koncentracija soli te temperatura i duljina zrenja. Ako je u sirovom mesu aktivnost endopeptidaza visoka, tada se povećava intenzitet gorčine gotovog proizvoda zbog visokog stupnja proteolize krajem faze zrenja (12). Glavne endopeptidaze su kalpain i katepsin. Stabilnost kalpaina je vrlo slaba te je on aktivan samo prva dva tjedna tijekom procesa sušenja. Aktivnost nekih oblika katepsina je prisutna i 10 mjeseci nakon sušenja te se iznimno visokom aktivnošću katepsina narušava tekstura pršuta (20). Gorčinu koja nastaje tijekom proteolize uzrokuje pojačana aktivnost katepsina B koji se inaktivira nakon 12 mjeseci od početka procesa proizvodnje pršuta (21).



Slika 8. Dijagram toka – glavni koraci proteolize mišića *post mortem* (12)

Procesom proteolize dolazi do porasta koncentracije asparaginske i glutaminske kiseline, lizina, metionina, leucina te izoleucina (1). Istraživanja su pokazala da aroma potpuno zrelog pršuta ovisi o duljini sušenja, a proizlazi od spojeva kao što su asparaginska i glutaminska kiselina, fenilalanin, leucin, izoleucin, lizin, metionin i triptofan (3). Tijekom reakcije Streckerove degradacije aminokiselina nastaju hlapljivi spojevi kao što su metilrazgranati alkoholi, aldehidi i sulfidi, a tijekom Maillardove reakcije pirazini (22).

1.3.3.2. Lipoliza

Intenzivnom razgradnjom intramuskularnog i adipoznog tkiva, tijekom procesa lipolize, nastaju slobodne masne kiseline koje su prekursori hlapljivih spojeva, odnosno oksidacijom slobodnih masnih kiselina nastaju spojevi zaduženi za formiranje arome (1). Lipolitički enzimi su vrlo stabilni i nalaze se u masnom tkivu i mišićima. Potkožno masno tkivo i intramuskularna mast usporavaju difuziju vode te tako utječu na sposobnost prodiranja soli i otežavaju migraciju vode tijekom proces proizvodnje pršuta. Upravo time direktno utječu na senzorska svojstva gotovog proizvoda, odnosno na izgled, teksturu te intenzitet i postojanost okusa (23). Tijek lipolize u pršutu ovisi o vrsti pršuta, odnosno načinu proizvodnje, zatim o tipu masnog tkiva te o količini endogenih lipolitičkih enzima. Lipolitička aktivnost ovisi o pH vrijednosti, koncentraciji soli i aktivitetu vode te se povećava porastom količine soli i smanjenjem aktiviteta vode (12).

Koncentracija slobodnih masnih kiselina raste tijekom proces proizvodnje pršuta (24). Udio slobodnih masnih kiselina u masnom tkivu raste za 10 do 12% u prvih 10 mjeseci proizvodnje, dok je u mišićima prvih 6 mjeseci lipoliza ubrzana, a kasnije se usporava do samog kraja procesa proizvodnje pršuta (12). Produljenjem trajanja procesa proizvodnje smanjuje se udio pojedinih slobodnih masnih kiselina zbog podložnosti oksidaciji. Umjereni stadij lipidne oksidacije ima pozitivan utjecaj na razvoj specifične arome, a intenzivna oksidacija degradira kvalitetu pršuta te predstavlja jednu od najznačajnijih negativnih reakcija tijekom proizvodnje i skladištenja. Istraživanja su pokazala da dimljenje usporava porast intenziteta oksidacije masti zbog fenolnih spojeva prisutnih u dimu koji, osim pozitivnog utjecaja na okus, miris i boju gotovog proizvoda, djeluju antioksidativno (14).

Glavni sekundarni produkti oksidacije masti su aldehidi koji su ujedno i najbrojniji hlapljivi spojevi u pršutu (25). Aldehidi imaju nizak prag detekcije te kao takvi imaju bitnu ulogu u formiranju arome pršuta (1). Nadalje, ako je aldehyd heksanal prisutan u većim koncentracijama mesni proizvodi imaju ranketljivu aromu (26), dok s druge strane nonanal stvara voćnu, slatku aromu (27).

1.3.4. Utjecaj izbora sirovine na senzorska svojstva

Senzorska kvaliteta i kemijski sastav pršuta ne ovisi samo o tehnološkim procesima soljenja, sušenja, dimljenja i zrenja nego i o izboru sirovine, odnosno o pasmini, dobi, hranidbi svinja te pH vrijednosti mesa tijekom prijema sirovine.

1.3.4.1. Pasma i dob svinja

Tijekom izbora pasmine svinja za proizvodnju pršuta od iznimne je važnosti odabrati onu pasminu koja nije stresno osjetljiva te sklona razvoju blijedog, mekanog i vodenkastog mesa (BMV) te odabrati onu pasminu koja ima viši sadržaj intramuskularne masti (12). Najčešće korištene plemenite pasmine su landras, veliki jorkšir i durok (28). Pasma landras ima dobru plodnost i meso visoke kakvoće te je najbrojnija pasmina svinja u Hrvatskoj, ali i u svijetu. Veliki jorkšir je pasmina sa malom osjetljivošću na stres, a meso je dobre kakvoće. Pasma durok je podrijetlom iz Amerike, a odlikuje se dobrom otpornošću na stres te visokom kakvoćom mesa sa visokim udjelom intramuskularne masti (12).

Dob svinja utječe na boju gotovog proizvoda pa su tako pršuti dobiveni od mladih svinja blijedo crveni, dok su oni starijih svinja intenzivne crvene boje zbog višeg sadržaja mioglobina (12).

1.3.4.2. Hranidba

Hranidba svinja ima veliki utjecaj na kemijski sastav gotovog proizvoda, odnosno ima ključnu ulogu u sastavu masnih kiselina i hlapljivih spojeva arome. Cilj promjena u prehrani svinja je proizvodnja zdravijih pršuta sa manjim udjelom zasićenih masnih kiselina (engl. *saturated fatty acid*, SFA) te većim udjelom mononezasićenih (engl. *monounsaturated fatty acids*, MUFA) ili polinezasićenih (engl. *polyunsaturated fatty acids*,

PUFA) masnih kiselina, kao i bolji omjer ω -6 i ω -3 masnih kiselina te MUFA ili PUFA i SFA. Još jedan cilj promjene u prehrani je i povećanje antioksidativne aktivnosti. Osim masnih kiselina unesenih hranom, na sastav masnih kiselina u tkivu svinja utječu i masne kiseline nastale endogeno („*de novo*“ sinteza) (1). Istraživanja su pokazala da se u Iberian pršutima povećava udio linolenske kiseline i antioksidansa te da se poboljšavaju senzorska svojstva pršuta ako iberijske svinje konzumiraju hranu bogatu suncokretovim uljem i α -tokoferolom. Provedeno istraživanje ukazuje na to da konzumacija obroka sa većom količinom visoko nezasićenih ulja, kao što su primjerice suncokretovo i sojino, smanjuje udio oleinske i palmitinske masne kiseline u pršutu te povećava udio dugolančanih masnih kiselina (29), dok α -tokoferol djeluje kao antioksidans i sprječava oksidaciju masti (30). Nadalje, druga istraživanja su pokazala da bijele pasmine svinja hranjene obrocima sa udjelom oleinske kiseline iznad 6% imaju mekše potkožno masno tkivo što predstavlja problem tijekom proizvodnje pršuta od tih pasmina svinja, primjerice talijanski Serrano i Parma pršuti (31). Upravo zbog toga preporuča se smanjiti udio oleinske kiseline u hrani svinja na 2% kako bi se spriječilo formiranje nepoželjne teksture pršuta (32). Preporučeni omjer ω -6 i ω -3 masnih kiselina je ispod 4, a taj omjer u pršutima je većinom iznad 10. Da bi se taj omjer smanjio preporuča se hraniti svinje hranom bogatom polinezasićenim masnim kiselinama (PUFA), naročito ω -3 masnim kiselinama, kao što je laneno ulje (33).

1.3.4.3. pH vrijednost sirovine

Bitan čimbenik tijekom prijema sirovine je pH vrijednost jer kakvoća mesa ovisi o brzini i obujmu razgradnje mišićnog glikogena, a mjerenje pH služi kao indikator navedene reakcije. Nagli pad pH vrijednosti mesa povećava sposobnost vezanja vode i uzrokuje nastanak blijedog, mekanog i vodenkastog mesa (BMV) te takvo meso apsorbira više soli, ima veći kalorični sadržaj, a gotov proizvod je suh, slan i tvrd. S druge strane, visoki pH uzrokuje pojavu tamnog, suhog i tvrdog mesa (TST) koje je sklono bakterijskom kvarenju zbog nedovoljne acidifikacije, meso slabo apsorbira sol, a zbog visokog aktiviteta vode i slabe inhibicije proteolitičkih enzima narušava se tekstura pršuta odnosno gotov proizvod ima nepoželjno mekanu teksturu (12).

1.3.5. Greške pršuta

Greške pršuta nastaju tijekom procesa proizvodnje, a razlozi mogu biti pogrešan odabir sirovine te neadekvatna proizvodnja (*I*). Greške koje se mogu pojaviti su:

- Preslan okus
- Gorkast, „metalni“ okus
- Strani miris
- Tvrda tekstura
- Blijeda crvena boja na presjeku zrelog pršuta
- Pojava kristala tirozina

Preslan okus butova rezultat je prekomjere količine korištene soli tijekom soljenja, odnosno salamurenja, naročito manjih butova (*I*). Presoljenost se može ukloniti postupkom ispiranja butova u čistoj vodi nakon soljenja i prešanja.

Posljedica intenzivne proteolize tijekom zrenja pršuta je porast koncentracije dušikovih spojeva, naročito onih male molekulske mase koji stvaraju gorkast okus gotovog proizvoda (*34*).

Posljedica kvarenja mesa je strani miris, ali on može biti i greška koja nastaje zbog određenog krmiva kojim je svinja hranjena (*2*).

Rezultat prekomjernog prešanja i sušenja je nastanak tvrde teksture, a navedene greške u proizvodnji mogu uzrokovati i nastanak pukotina unutar pršuta tijekom procesa zrenja (*I*).

Blijeda boja karakteristična je za pršute dobivene od mladih svinja zbog niže količine mioglobina u njihovim mišićima, ali nastaje i korištenjem stresno osjetljivih pasmina koje su podložne stvaranju blijedog, mekanog i vodenkastog mesa (*I*).

U odnosu na ostale aminokiseline, tirozin je slabije topiv u vodi pa je zbog toga sklon formiranju precipitata kada se, tijekom sušenja pršuta, udio vlage snizi (slika 9). Prisutnost kristala tirozina poželjna je u manjoj koncentraciji, no smatra se greškom ako je na presjeku prisutan prekomjeran broj kristala. Kristali tirozina se pojavljuju u obliku sitnijih (1 do 2 milimetra) ili krupnijih (oko 5 milimetara) nepravilnih bijelo – sivih nakupina kristala, a stvaraju se tijekom produljenog sušenja i zrenja, naročito pršuta dobivenih od mesnatih i starijih svinja koje imaju manji udio masnog tkiva (*2*). Na pojavu kristala tirozina, osim smanjenja količine vode koja je rezultat produljenog zrenja, utječu i povećana količina soli

te viša temperatura tijekom procesa soljenja (iznad 20 °C) (35). Također, prethodno zamrznuti svježi butovi skloni su pojavi prekomjernog broja kristala tirozina.



Slika 9. Bijeli kristali tirozina (35)

1.4. Kvarenje pršuta

Kvarenje pršuta može nastati zbog korištenja mesa bolesnih svinja ili zbog neadekvatnog klanja svinja, transporta i obrade sirovine pri čemu dolazi do kontaminacije uzročnicima kvarenja. Nadalje, kvarenje može nastati zbog tehnoloških pogrešaka kao što su nedovoljna količina soli tijekom soljenja te nepovoljni mikroklimatski i higijenski uvjeti tijekom procesa proizvodnje (1).

1.4.1. Smrdljivo zrenje

Smrdljivo zrenje (slika 10) je kvarenje pršuta koje nastaje kao posljedica autolitičkih procesa koji se odvijaju u dubljim slojevima mesa pri uvjetima povišene temperature, naročito tijekom soljenja i prešanja ili na početku faze sušenja, te neadekvatne ventilacije (35). Primarno se odvija razgradnja proteina, a u slučaju neadekvatne aeracije odvija se i ubrzana anaerobna razgradnja ugljikohidrata (1). Produkt razgradnje aminokiselina koje u svojoj strukturi imaju sumpor je sumporovodik koji, zajedno sa amonijakom, mesu daje odbojan miris na trula jaja (35). Smrdljivo zrenje može uzrokovati i promjenu boje pršuta ukoliko dođe do razgradnje mioglobina pri čemu površina pršuta poprima bakreno – crvenu

boju, a presjek pršuta sivo – zelenu do tamnozelenu boju. Nadalje, ovo kvarenje se očituje i u vlažnom presjeku, mekano – elastičnoj teksturi te niskoj pH vrijednosti pršuta (1).



Slika 10. Smrdljivo zrenje pršuta (35)

1.4.2. Gnjljenje

Procesi soljenja i sušenja inhibiraju rast mikroorganizama pa je zbog toga pojava gnjiljenja mesa tijekom proizvodnje suhomesnatih proizvoda rijetka, no do kvarenja može doći na početku proizvodnje, naročito kada se koriste butovi bolesnih svinja (2). Do navedenog kvarenja dolazi i tijekom klanja izmorenih životinja čije meso ima pH iznad 6,3 pa je zbog toga podložno bakterijskom kvarenju kao i slabo iskrvarenje te oštećenje mišića tijekom obrade buta kao i nehigijenski uvjeti (1). Gnjljenje mesa je kvarenje koje nastaje zbog aktivnosti enzima saprofitske aerobne ili anaerobne bakterijske flore, no u reakcijama mogu sudjelovati i gnjiležne bakterije i pljesni, ali u manjoj mjeri. Proteolitičke bakterije razgrađuju proteine do slobodnih aminokiselina, a reakcijama oksidativne, reduktivne i hidrolitičke deaminacije i dekarboksilacije aminokiselina se stvaraju konačni produkti. Neki od konačnih produkata su toksični, primjerice biogeni amini, dok drugi stvaraju neugodan miris, primjerice indol i skatol (2). Zbog akumulacije štetnih produkata dolazi do promjene boje, mirisa te strukture pršuta (1).

1.4.3. Kiselo vrenje

Kiselo vrenje nastaje nepravilnom razgradnjom ugljikohidrata u mesu pri čemu se stvaraju kiseli okus i miris, a pH vrijednost se snižava. Kvarenje može nastati tijekom prijema i obrade buta te soljenja i prešanja, no ovakav tip kvarenja je vrlo rijedak kod

pršuta. Kontrola pršuta na kiselo vrenje provodi se ubadanjem drvenog ili koštanog štapića u pršut uz kost pri čemu se procjenjuju konzistencija i miris pršuta (35).

1.4.4. Užeglost

Užeglost nastaje pod utjecajem svjetla i povišene temperature u neadekvatnim prostorijama tijekom produljenog skladištenja pršuta, a uznapredovala užeglost predodređena je starijim pršutima (35). Intenzivna užeglost očituje se promjenom boje masnog tkiva iz bijele u žutu te ostrim, palećim okusom, dok slaba užeglost stvara posebnu, pikantnu i osebujnu aromu (1).

1.4.5. Grinje

Pršut najčešće napadaju brašnasta grinja (*Thyroglyphus farinae*) tijekom zrenja i skladištenja. Razvoju grinja pogoduje vlažna mikroklima, a nakupljaju se na unutrašnjoj strani površine pršuta te se zavlache u zarezotine i šupljine (35). Intenzivniji razvoj grinja prepoznaje se kao prašinasta nakupina na površini ili kao vrlo sitna zrna na presjeku pršuta. Konzumacija zaraženih pršuta uzrokuje crijevne tegobe. Višekratna fumigacija prostorija u kojima se nalaze pršuti može pojavu grinja svesti na najmanju moguću razinu (36).

1.5. Nutritivna vrijednost pršuta

Pršut je suhomesnati proizvod bogat hranjivim tvarima, posebice bjelančevinama i mastima, koje su djelomično razgrađene procesima proteolize i lipolize pa su samim time lakše probavljive i raspoložive ljudskom organizmu (37). Sastav slobodnih aminokiselina ovisi o tehnologiji proizvodnje i trajanju zrenja, ali i o genotipu svinje, dok sastav slobodnih masnih kiselina prvenstveno ovisi o hranidbi svinja, ali i o genotipu i načinu uzgoja svinja (1).

Sadržaj vode u pršutima varira ovisno o sirovini i načinu proizvodnje kao i sadržaj soli koji ovisi o vrsti pršuta, odnosno o količini korištene soli tijekom procesa soljenja (37).

Preporučena dnevna doza soli je 2000 miligrama, a pršuti sadrže i preko 6% soli. Preporučeni omjer polinezasićenih i zasićenih masnih kiselina je od 0,4 do 1, no kod pršuta je taj omjer ispod preporučene vrijednosti. S druge pak strane, vrijednost omjera ukupnih ω -6 i ω -3 masnih kiselina kod pršuta nalazi se značajno iznad preporučene vrijednosti od 4

(33). Upravo zbog navedenih činjenica, ljudi koji boluju od hipertenzije i kardiovaskularnih bolesti trebaju biti oprezni pri konzumaciji pršuta. S druge strane, konzumacija pršuta u umjerenim količinama preporuča se svim zdravim osobama zbog bogatstva hranjivih tvari u lako probavljivom i slobodnom obliku te zbog dobrog sadržaja minerala, kao što su cink, željezo i selen, te vitamina, naročito B skupine (37).

Da bi se poboljšao nutritivni sastav pršuta provode se istraživanja primjene određenih procesnih strategija kao što su redukcija soli te redukcija nitrata i nitrita, a bitna komponenta koja se nalazi u pršutu i podiže njegovu nutritivnu vrijednost su bioaktivni peptidi.

1.5.1. Redukcija soli

Udio soli u pršutima viši je ako se tijekom soljenja dodaje veća količina soli, ako se koristi sol sitnije granulacije, ako faza soljenja traje duže od propisanog vremena trajanja te ako pršut ima manju masu, viši sadržaj mišićnog tkiva, a niži sadržaj masnog tkiva i kože te ako je pršut sušen prebrzo (1).

Pozitivni učinci soli su smanjenje aktiviteta vode što rezultira mikrobiološkom stabilnošću pršuta te specifičan okus, tekstura i aroma gotovog proizvoda. Zbog navedenih značajki teško je provesti redukciju soli i dobiti odgovarajući proizvod (1).

Istraživanja su pokazala da redukcija soli uzrokuje intenzivnu proteolizu i pretjeranu mekoću pršuta zbog intenzivne aktivnosti mišićnih endopeptidaza (38). S druge pak strane pršuti soljeni sa 3% soli imali su bolji okus od onih soljenih sa 6% soli (39).

Provode se i strategije za djelomičnu zamjenu kuhinjske soli (NaCl) sa drugim solima kao što su kalijev klorid (KCl), kalcijev klorid (CaCl₂) i magnezijev klorid (MgCl₂). Svaka alternativa može utjecati na proces proizvodnje jer svaka sol ima različitu sposobnost difuzije, a može negativno utjecati i na senzorska svojstva pršuta, primjerice velika koncentracija KCl-a stvara gorak i trpki okus pršuta (1). Upravo zbog toga teško je izbalansirati redukciju soli i povećanje nutritivne vrijednosti pršuta.

1.5.2. Redukcija nitrata i nitrita

Za proizvodnju određenih vrsta pršuta tijekom faze soljenja i salamurenja dopušteno je dodavati nitrata i nitrite zbog njihovog konzervirajućeg djelovanja. Njihov negativan

učinak očituje se u formiranju N-nitrozoamina koji je kancerogen (1). Upravo zbog toga potrebno je smanjiti količinu dodanih nitrita tijekom proizvodnje ili dodati askorbinsku kiselinu koja djeluje kao antioksidans i osigurava pretvorbu nitrata u dušikov oksid te tako pospješuje kontrolu stvaranja nitrozoamina (3).

1.5.3. Bioaktivni peptidi

Antihipertenzivni, antioksidativni i prebiotski peptidi pronađeni su u mesu postmortem, ali mogu nastati i tijekom procesa proizvodnje pršuta te se zadržavaju u gotovom proizvodu. Inhibirajući peptidi enzima za konverziju angiotenzina I (engl. *angiotensin converting enzyme*, ACE) su najvažniji bioaktivni peptidi pronađeni u ekstraktima pršuta (40). Navedeni peptidi imaju bitnu ulogu u regulaciji krvnog tlaka, odnosno pretvaraju inaktivni angiotenzin I u angiotenzin II pri čemu dolazi do kontrakcije arterija, a posljedično i do povišenja krvnog tlaka (41). Zbog aktivnosti i stabilnosti enzima mišićnih dipeptidilpeptidaza tijekom procesa sušenja pršuta stvaraju se mali dipeptidi koji inhibiraju preko 50% aktivnosti ACE, a dipeptid valin-tirozin inhibira preko 90% enzimske aktivnosti (42). Kao produkt intenzivne proteolize nastaju neki bioaktivni peptidi koji mogu pozitivno utjecati na imunološki odgovor organizma.

2. EKSPERIMENTALNI DIO

2.1. Materijali

Istraživanje u ovom radu je provedeno na 8 uzoraka dimljenih pršuta različitih proizvođača prikupljenih u okviru manifestacije Nacionalnog sajma pršuta u Sinju (slika 11). Pršuti su vakumirani i čuvani na +4 °C do provedbe analiza.



Slika 11. Uzorci dimljenih pršuta korišteni za analize (vlastita fotografija)

2.2. Metode

2.2.1. Analiza hlapljivih spojeva

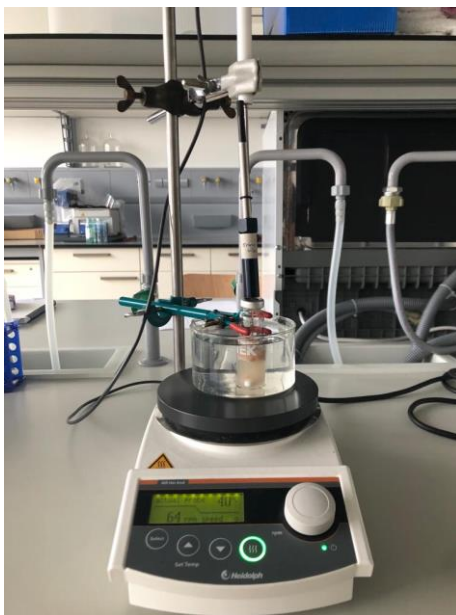
Hlapljivi spojevi su izolirani HS-SPME (engl. *headspace solid-phase microextraction*) metodom, a uvjeti provedbe izolacije hlapljivih spojeva pršuta su bili sukladno istraživanju Marušić 2013. Izolirani hlapljivi spojevi su identificirani primjenom spregnute tehnike plinske kromatografije-masene spektrometrije.

2.2.1.1. HS-SPME metoda

Mikroekstrakcija na čvrstoj fazi je metoda koja se može podijeliti na dva procesa, a to su: adsorpcija analita iz uzorka na vlakno te desorpcija analita sa vlakna na analitički instrument. Po završetku adsorpcije vlakno se uvuče u zaštitni dio te se izvlači iz viala, a

nakon toga se provodi desorpcija hlapljivih spojeva injektiranjem vlakna direktno u GC injektor.

Različiti tipovi vlakana služe za ekstrakciju različitih tipova spojeva, a u ovom istraživanju korišteno je sivo SPME vlakno koje je obloženo DVB/Carboxen/PDMS punilom (divinilbenzen/karboksen/poli-dimetilsiloksan) debljine 50/30 μ m i duljine 2 cm. Vlakno je kondicionirano 2 minute na 240 °C prije ekstrakcije te je stavljeno iznad uzorka. Od svakog pršuta izvagano je 5 g uzorka *biceps femoris* mišića te je isti homogeniziran u komercijalnom procesoru hrane sa 25 mL zasićene otopine kuhinjske soli (u 100 mL redestilirane vode otopljeno je 35,9 g NaCl-a). Nakon homogenizacije 10 mL uzorka preneseno je kvantitativno u staklenu vialu volumena 20 mL sa magnetom za miješanje. Stakleni vial zatvoren je PTFE septumom te je tako pripremljen uzorak spreman za izdvajanje hlapljivih spojeva. Homogenizirani uzorak postavljen je 10 minuta u vodenu kupelj čija je temperatura 40 °C, a zatim je SPME iglom probušen PTFE septum na vialu unutar kojeg se nalazio uzorak te je iz igle izvučeno vlakno sa punilom. U prostoru iznad uzorka odvijala se adsorpcija hlapljivih spojeva iz uzorka na vlakno, odnosno na stacionarnu polimernu fazu vlakna (slika 12). Ekstrakcija je trajala 180 minuta, a temperatura ekstrakcije je bila 40 °C uz konstantno miješanje upotrebom magneta i miješalice. Po završetku ekstrakcije vlakno je direktno premješteno u injektor plinskog kromatografa.



Slika 12. Ekstrakcija hlapljivih spojeva pomoću SPME (*vlastita fotografija*)

2.2.1.2. Plinska kromatografija – masena spektrometrija (GC-MS)

GC-MS uređaj radi na principu uvođenja hlapljivih sastojaka u kromatografsku kolonu koja je ispunjena nepokretnom fazom. Tijekom analize hlapljivi spojevi pomiješani s plinom nositeljem prolaze kroz kolonu, a smjesa hlapljivih spojeva raspodjeljuje se između pokretne (plin nositelj) i nepokretne faze temeljem različite topljivosti u nepokretnoj fazi. Komponenta koja ima najmanju topljivost u nepokretnoj fazi prva izlazi iz kolone.

Razdvojene komponente iz kolone prelaze u detektor - maseni spektrometar koji ima ulogu detektiranja struktura odijeljenih komponenti. Rezultati analize hlapljivih spojeva prikazuju se u obliku kromatograma na računalu koje je spojeno na GC-MS uređaj. Retencijsko vrijeme (RT) predstavlja x-os kromatograma, a y-os prikazuje visinu pika hlapljivog spoja.

Analize su izvršene na koloni s nepolarnom stacionarnom fazom (HP-5MS, 5% difenil-95% dimetilpolisilo ksan), proizvođača Agilent Technologies dimenzija 30 m x 0,25 mm, debljine stacionarne faze 0,20 μm . Plin nositelj je helij protoka 1mL/min, omjer cijepanja 1:50, temperatura injektora iznosila je 250 °C, temperatura detektora 280 °C, a energija ionizacije 70 eV. Temperatura peći je programirana kako slijedi: 3 min izotermno pri 70 °C, zatim zagrijavanje od 70 °C do 200 °C brzinom od 3 °C/min i zadržavanje od 2 min pri 200 °C. Identifikacija pojedinačnih spojeva provedena je usporedbom masenih spektara tih spojeva s masenim spektrima iz komercijalnih biblioteka masenih spektara (Wiley9 i NIST17) i/ili usporedbom s masenim spektrima iz literature.

Za svaki uzorak analiziran GC-MS sustavom dobiveni su sljedeći rezultati:

- kromatogram ukupne ionske struje
- vrijeme zadržavanja svakog sastojka (na kromatogramu predstavljeno pikom)
- relativni udio pojedinog sastojka izražen u postotcima (udio površine pika u ukupnoj površini)
- naziv spoja ili spojeva čiji je spektar najbliži spektru nepoznate komponente (sličnosti spektara koji su uspoređeni izraženi su u postotcima)

2.2.2. Senzorsko ocjenjivanje

Prema definiciji „Senzorska analiza je znanstvena disciplina koja potiče, mjeri, analizira i interpretira reakcije onih karakteristika hrane i tvari koje se zapažaju osjetilima vida, mirisa, okusa, dodira i sluha.“ Senzorsku analizu provodi panel, odnosno skupina istreniranih ocjenjivača, a tipovi testova su: testovi razlika, testovi sklonosti i deskriptivni testovi (5).

Deskriptivni testovi služe za kvantifikaciju i identifikaciju značajki po kojima se uzorci međusobno razlikuju. Ljestvice kojima se može prikazati intenzitet senzorskih svojstava tijekom deskriptivne senzorske analize su kategorijske (bodovi od 0 do 9), linijske (linija duljine 10 cm) i ljestvice procjene jačine (5).

Senzorsko ocjenjivanje provedeno je u okviru manifestacije Nacionalnog sajma pršuta u Sinju 2022. godine od strane 10 ocjenjivača koji su članovi Stručnog povjerenstva za ocjenjivanje kvalitete pršuta. Za potrebe ocjenjivanja uzorci su ocjenjivačima posluženi na sobnoj temperaturi (20-22 °C). Ocjenjivači su sukladno ocjenjivačkom Obrascu ocjenjivali sljedeća senzorska svojstva pršuta: izgled, miris, okus, aromu, teksturu te cjelokupnu dopadljivost. Između testiranja pojedinih uzoraka pršuta, panelisti su konzumirali vodu i kruh da bi obnovili i odmorili svoja osjetila.

Obrazac prikazan na slici 13 sadrži 22 svojstva, a intenzitet svakog svojstva izražava se pomoću nestrukturirane linijske ljestvice od 10 cm gdje početak linije predstavlja odsutnost percepcije, a kraj linije maksimalnu percepciju svojstva.

Ime ocjenjivača: _____ Šifra uzorka: _____

Datum: _____

IZGLED

0	BLAGO	SREDNJE	INTEZIVNO	100mm
Intenzitet boje mišićnog tkiva	Ružičasta			Tamno crvena
Intenzitet boje masnog tkiva	Žuta			Bijela
Ujednačenost boje				
Mramoriranost	Prisutnost intramuskularne masnoće			
Kristali tirozina	<3 kristala			iznad 10 kristala
<u>MIRIS</u>				
Intenzitet mirisa				
Miris po pokvarenom, užeglom				
Miris po subhomesnatom				
<u>OKUS</u>				
Slano				
Slatko				
Kiselost				
Gorko				
Pokvareno, užglo				
Subhomesnato				
<u>AROMA</u>				
Po aromatičnom bilju (papar, češnjak, lovor, ružmarin)				
Po svježem mesu				
Po dimu (dimljeno)				
Biokemijsko (zemlja-melasa-plesnjivo-užglo-fermentirano-životinjsko-metalno)				
Postojanost, trajanje arome	odmah je nestala			dugo se zadržala
<u>TEKSTURA</u>				
Tvrdoća	Mekan			Tvrđ
Topivost	Razina topivosti tijekom žvakanja			Vrlo brza
<u>CJELOKUPNA DOPADLJIVOST</u>				

Slika 13. Obrazac za senzorsku analizu pršuta (5)

3. REZULTATI

3.1. Hlapljivi spojevi

Udjeli hlapljivih spojeva svih uzoraka pršuta prikazani su u tablici 3. Spojevi su poredani po grupama spojeva. Za svaki spoj navedeno je retencijsko vrijeme i retencijski indeks te isto tako za većinu spojeva prikazan je senzorski opis.

Tablica 3. Udio hlapljivih spojeva u uzorcima pršuta

Hlapivi spoj	RT	RI	Uzorak 1 Površina (%)	Uzorak 2 Površina (%)	Uzorak 3 Površina (%)	Uzorak 4 Površina (%)	Uzorak 5 Površina (%)	Uzorak 6 Površina (%)	Uzorak 7 Površina (%)	Uzorak 8 Površina (%)	Senzorski opis arome
<i>Aldehidi</i>											
3-metilbutanal	1,521	649	3,71	2,88	1,98	0,87	4,83	4,80	2,21	4,71	slatka, orašasta, pržena (1)
2-metilbutanal	1,559	659		0,70	0,66		1,08	0,89	0,67		užegla, pržena, badem (1)
pentanal	1,696	702	4,79	0,96	1,11	3,87	0,86		1,12	2,56	orašasta, pržena, voćna (1)
heksanal	2,472	800	20,27	3,10	5,20	10,33	4,60	12,71	6,53	17,54	zeleno, travnato, masno (12)
(E)-pent-2-enal	2,578	754							0,16		zeleno, slatko, voćno, jabuka, trešnja (43)
heptanal	4,008	894	3,83	2,14	1,31	1,22	1,79	3,09	2,00	3,69	voćna, masna (1)
(Z)-hept-2-enal	5,278	958			2,45		2,44				zeleno (43)
(E)-hept-2-enal	5,502	956	3,96	2,52		2,44		9,06	7,20	4,95	badem, voćna, pržena (1)
benzaldehyd	5,665	958	1,67	1,61	0,93	1,29	1,52	3,55	3,04	2,19	prodoran, gorki badem (12)
heks-2-enal	7,410	853						0,20			jaka voćna, zelena, povrće (44)
oktanal	6,571	1004	4,65	5,00	4,28	4,77	5,10	6,00	7,61	5,88	zeleno, svježje, po mesu (12)
benzenacetalddehyd	7,951	1049	1,75	2,60	1,46	3,56	4,35	2,91	3,20	3,06	cvjetno, po voću, oštro, zeleno, po medu (12)
5-hidroksimetilfurfural	9,757			1,24	1,86						karamel, pljesnivo, po maslacu, kamilici (43)
nonanal	10,087	1102	3,27	6,29	3,10	4,05	4,18	4,30	3,21	5,87	zeleno (1)
(E)-non-2-enal	12,338	1162	0,25	0,30				0,63	0,36	0,49	masna (1)
(Z)-dec-2-enal	16,540	1258					1,16		1,14		masno (43)
(E)-dec-2-enal	16,550	1265		0,84						0,69	citrusna, voćna, grejp, naranča (44)
<i>Fenoli</i>											
fenol	6,042	981	6,31	8,02	8,29	7,04	5,43	4,16	6,11	7,74	aromatičan, sladak, oštar, po katranu (43)
2-metilfenol (o -krezol)	8,411	1073	2,11	3,65	4,61	3,14	3,67	3,63	0,60	2,83	slatko, po katranu (43)
3-metilfenol (m -krezol)	9,315	1083	1,83	4,09	6,60	3,96		1,31	0,15		slatko, po katranu (43)
4-metilfenol (p -krezol)	9,425	1086		0,70			4,30		7,24	2,35	pljesnivo (43)
2-metoksifenol (gvajakol)	9,593	1090	5,79	14,65	19,77	11,75	0,38		5,48	6,76	aromatičan, po dimu (43)
2,5-dimetilfenol	12,019	1109			0,86		0,30		0,22		pljesnivo (43)
2,3-dimetilfenol	12,098	1181		0,82	0,43	0,37					pljesnivo (43)
2,6-dimetilfenol	12,106			0,27	0,56		0,16				po ljekovitom, zagoreno (43)
3,5-dimetilfenol	12,912	1165		0,50							balzamično, kava (43)
3-etilfenol	12,943	1170					0,32				pljesnivo, zagoreno (43)
2-metoksi-3-metilfenol	13,095	1175			0,20						paljevina, dim (43)
2-metoksi-5-metilfenol	13,167	1191		0,09			2,15				paljevina, dim (43)
krezol	13,748	1199		3,99	6,35	2,64		0,24	1,22	1,28	oporan (43)
4-etil-2-metoksifenol	17,288	1280		1,48	1,84		1,38		0,04		sladak, ljut, po žiru (43)
2,6-dimetoksifenol	20,341	1367			1,36		0,56		1,08	0,07	paljevina, dim (43)

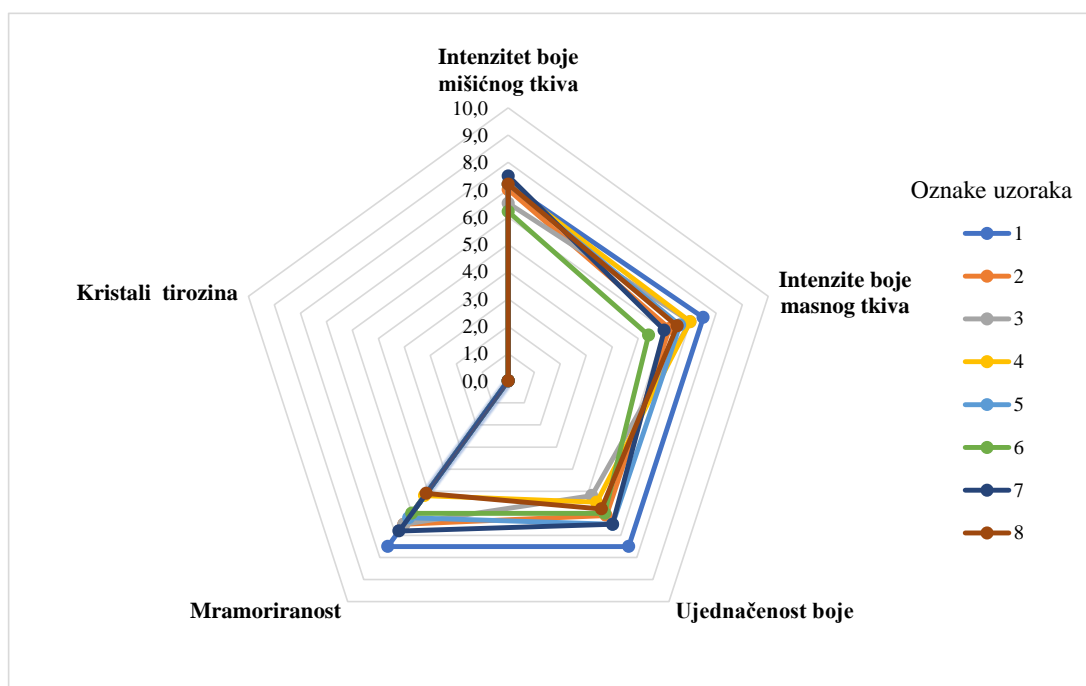
<i>Alkoholi</i>											
3-metilbutanol	2,221	730		0,40		1,55	1,17				zeleno (1)
pentan-1-ol	2,146	768	1,80		0,22	0,96	0,17			0,51	pikantna, jaka, balzamična (12)
butan-1,4-diol	2,449							0,47			gotovo bez arome (44)
2-furanmetanol	3,198	864	4,30	4,13	3,28	6,83	2,48	1,45	2,04	1,78	slatko, karamela, zagoreno (43)
heksanol	3,663	865				2,26		1,03			zeleno, vočna (43)
heptanol	5,840	969	1,18				0,61	0,94			slatko, uljasto (43)
okt-1-en-3-ol	5,895	986	1,80		0,52		1,55	4,45	2,61	3,02	gljive, hrda, zemljano (1)
benzil-alkohol	7,813	1020	1,44	0,53	0,22	1,52	0,39		2,07		slatka, kuhane trešnje (12)
oktanol	9,004	1068					0,70	0,50		0,52	masno, oštro (12)
<i>Esteri</i>											
etil-etanoat	1,639	612							0,73		slatko (43)
etil-2-metilbutanoat	3,327	842							0,23		vočna (43)
etil-3-metilbutanoat	3,369	847							0,47		vočna (43)
etil-heksanoat	6,600	996							1,86		vočna (43)
etil-oktanoat	13,889	1196							0,97		voštano (43)
<i>Kiseline</i>											
octena kiselina	1,601	602		1,41							kisela, ocat (1)
3-metilbutanska kiselina	3,145	875				2,24			0,62		znoj, ustajalo (1)
2-metilbutanska kiselina	3,281	894				1,31					znoj (43)
heksanska kiselina (kapronska kiselina)	6,019	981	1,04	0,37							kiselo, masno, po siru, znoju (43)
<i>Ketoni</i>											
pentan-2-on	1,647	686	3,40	1,03	0,55	2,10	1,03	0,99			zeleno, vočna, tropska (1)
2-metilciklopentanon	3,027				0,32	0,37					
heptan-2-on	3,791	889	5,69	3,01	0,46	2,56	9,77	3,63	1,58	0,77	začinjeno, žir, plavi sir (12)
2-metilciklopent-2-enon	4,152	896			2,20	0,66				0,51	
1-(2-furanil)-etanon	4,251	914	1,66	2,50	3,81	2,58	0,83			1,29	balzamično, orašasto (43)
3-metil-2-ciklopenten-1-on	5,529	1034	1,26	1,65	1,24	2,38	0,71		1,65	1,15	svježje, vočno, zeleno (43)
hept-1-en-3-on	5,852			1,05		0,67					zeleno (44)
okt-1-en-3-on	6,023	981							1,60		gljive, ljuto (43)
2,3-dimetilciklopent-2-en-1-on	6,456		1,24	2,31	3,41	2,60	0,95	0,60	2,07	1,46	
3,4-dimetilciklopent-2-en-1-on	7,350			1,38	0,39	0,37					
3-metilciklopentan-1,2-dion	7,528					1,33					
2,3,5-trimetilciklopenten-2-on	8,714	1047		0,49							
acetofenon	8,745	1065	0,29	0,31	0,53		0,32		0,57		slatko oporno, naranča (44)
3-etilciklopent-2-en-1-on	9,027		0,31	0,35	0,82	0,87				0,26	
nonan-2-on	9,760	1096					20,01	4,63			cvjetni, vočni, plavi sir (12)

<i>Alifatski ugljikovodici</i>											
(E)-pent-2-en	2,365		0,98								
2,2,4,6,6-pentametilheptan	6,209	984	1,87	5,91	4,87	3,16	5,49	18,35	11,45	14,39	
<i>Aromatski ugljikovodici</i>											
toluen	2,525	762						0,25			sladak, aromatičan, oštar (43)
1,3-dimetilbenzen (m -ksilen)	3,776	863						0,53			dimljeno (1)
2-acetil-5-metilfuran	7,684	1037			0,58						snažan, orašasto (43)
1,2-dimetoksibenzen	11,779	1147		0,27	0,25	1,04		0,59	0,67		ugodan (43)
3,4-dimetoksitoluen	15,642	1242							0,24		
2,3-dimetoksitoluen	15,657			0,11	0,22			0,44			
1,2,3-trimetoksibenzen	18,767	1306							0,57		
3,5-dimetoksi-4-hidroksitoluen	24,288	1448			0,24						
<i>Spojevi sa dušikom</i>											
piridin	2,354	753		0,24							prodorno, zagoreno, po ribi (44)
metoksi-fenil-oksirn	3,924	936	1,52	0,43	0,51	0,97	0,56	0,53	0,30		
2,6-dimetilpirazin	4,452	911							3,26		prženo orašasto voće (43)
<i>Spojevi sa sumporom</i>											
dimetil disulfid	2,335	740	1,00				0,54	0,26	0,34		prljave čarape (1)
metional	4,380	906	3,67	3,44		0,90	1,88	2,01	3,29	0,87	po krumpiru (1)
dimetil trisulfid	5,950	972				0,40					pokvarena jaja, zagorenost (1)
<i>Terpeni</i>											
α-pinen	4,787	917	0,97	0,13	0,18	0,58					bor, biljni (43)
limonen	7,631	1030		0,14			0,30	0,41	0,23	0,30	limun, svježe (12)

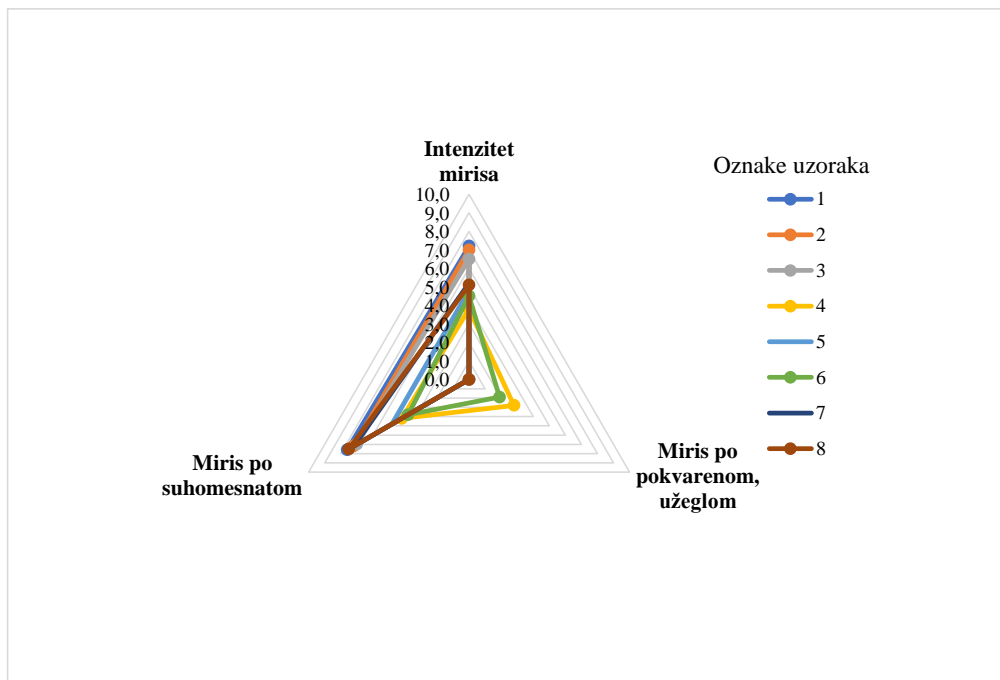
3.2. Senzorska analiza

Senzorskom analizom uzoraka dimljenih pršuta ocjenjeni su izgled (intenzitet boje mišićnog tkiva, intenzitet boje masnog tkiva, ujednačenost boje, mramoriranost, kristali tirozina), miris (intenzitet mirisa, miris po pokvarenom, užeglom, miris po suhomesnatom), okus (slano, slatko, kiselo, gorko, pokvareno, užeglo, suhomesnato), aroma, tekstura i dopadljivost (po aromatičnom bilju, po svježem mesu, po dimu, biokemijsko, postojanost, trajanje arome, tvrdoća, topivost i cjelokupna dopadljivost).

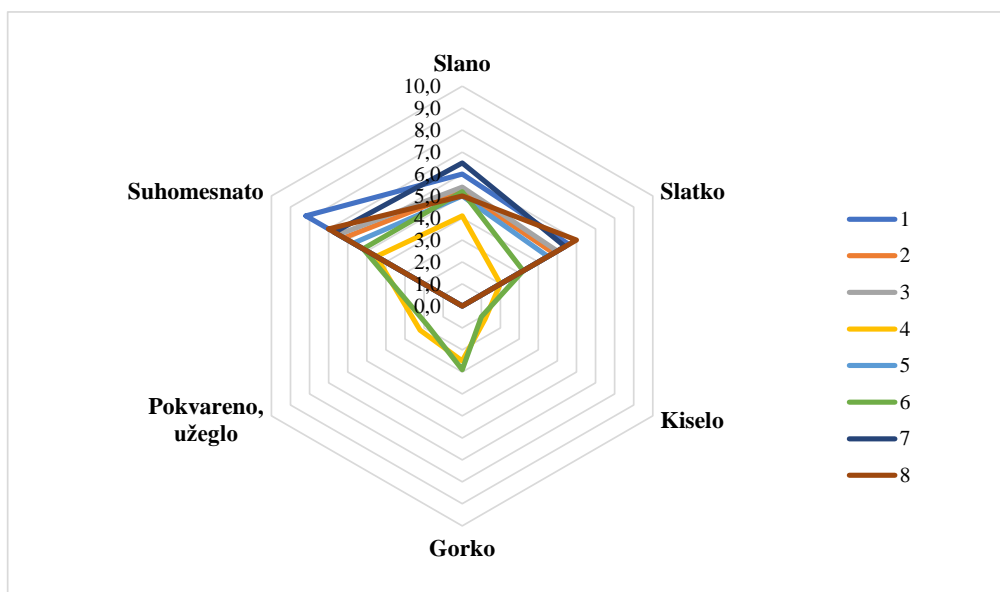
Rezultati senzorske analize uzoraka pršuta prikazani su grafičkim prikazom „paukove mreže“ (engl. *spider web*) na slikama 14-17.



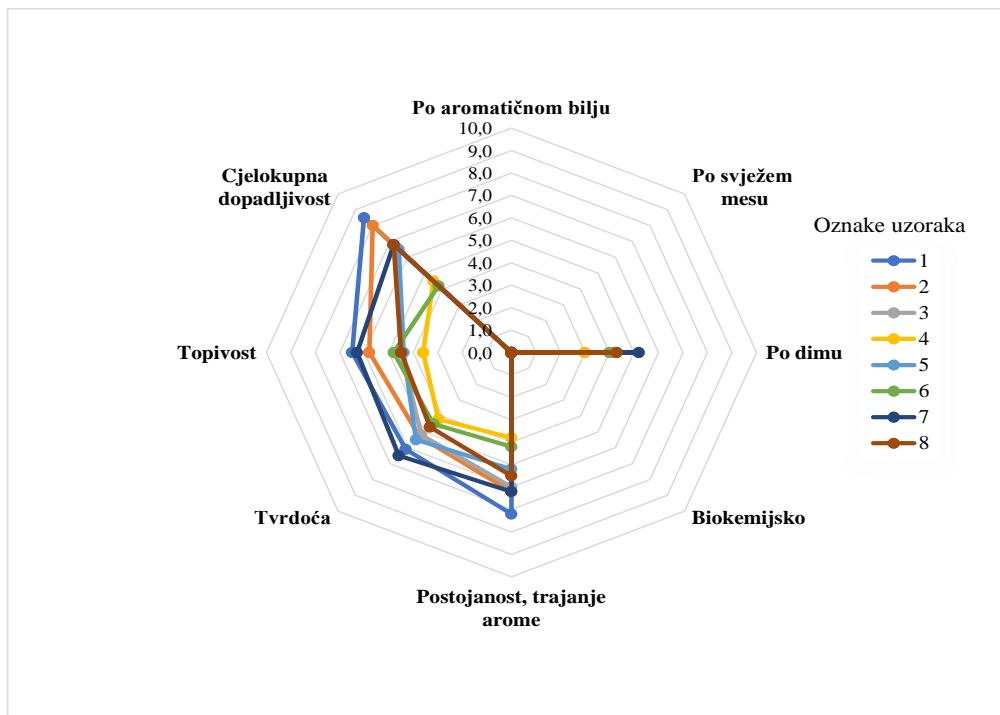
Slika 14. Rezultati senzorske analize izgleda pršuta



Slika 15. Rezultati senzorske analize mirisa pršuta



Slika 16. Rezultati senzorske analize okusa pršuta



Slika 17. Rezultati senzorske analize arome, teksture i cjelokupne dopadljivosti pršuta

4. RASPRAVA

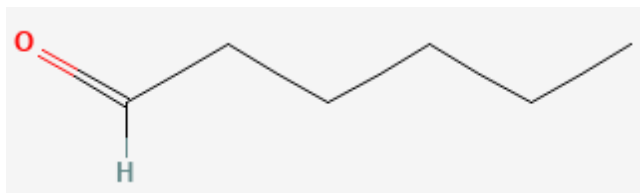
4.1. Hlapljivi spojevi

U provedenom istraživanju identificirano je 83 hlapljivih spojeva prikazanih u tablici 3. Među identificiranim spojevima pronađeno je 17 aldehida, 15 fenola, 9 alkohola, 5 estera, 4 kiseline, 15 ketona, 2 alifatska ugljikovodika, 8 aromatskih ugljikovodika, 3 spoja sa dušikom, 3 spoja sa sumporom te 2 terpena.

Najzastupljeniju grupu spojeva čine aldehidi, što je i očekivano obzirom na dosadašnja istraživanja nekolicine autora na pršutima s područja Mediterana. Aldehidi imaju bitnu ulogu u stvaranju arome i cjelokupne dopadljivosti pršuta jer imaju nizak prag detekcije (12). Linearni aldehidi, kao što su pentanal, (*E*)-pent-2-enal, heksanal, heptanal, (*Z*)-hept-2-enal, (-)-hept-2-enal, oktanal, nonanal, (*E*)-non-2-enal, (*E*)-dec-2-enal, (*Z*)-dec-2-enal, nastali su oksidacijom lipida, a razgranati aldehidi, odnosno 3-metilbutanal, 2-metilbutanal, benzaldehid, benzenacetaldehid, heks-2-enal te 5-hidroksimetilfurfural, nastali su degradacijom aminokiselina (1). Benzaldehid, aromatski aldehid, može nastati i oksidacijom lipida, a njegova koncentracija se povećava tijekom dozrijevanja (12).

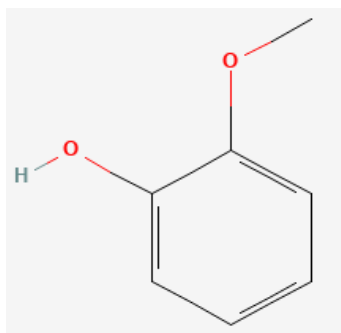
Udio aldehida u uzorcima kretao se od 24,34 do 51,63%. Razlog varijacija u udjelu aldehida vjerojatno je i varijacija u udjelu fenola jer su uzorci sa višim sadržajem aldehida imali niži udio fenola. Odnosno, udio aldehida je obrnuto proporcionalan udjelu fenola, što se također slaže sa prijašnjim istraživanjima drugih autora. Najniži udio aldehida imao je uzorak 3 (24,34%), te je isti taj uzorak imao najviši udio fenola (50,89%).

Heksanal (slika 18) je bio najzastupljeniji identificirani aldehid te je dobar pokazatelj razine oksidacije. Marušić i sur. (2014) su ga opisali kao glavni oksidacijski produkt u suhomesnatim proizvodima te kod niže koncentracije ima aromu po travi, no ako je prisutan u visokim koncentracijama stvara užeglu aromu (45). Nadalje, uzorci sa nižim udjelom fenola imali su viši sadržaj heksanala, primjerice uzorak 1, što se povezuje sa antioksidacijskim i antimikrobnim učinkom fenolnih spojeva.



Slika 18. Strukturna formula heksanala (44)

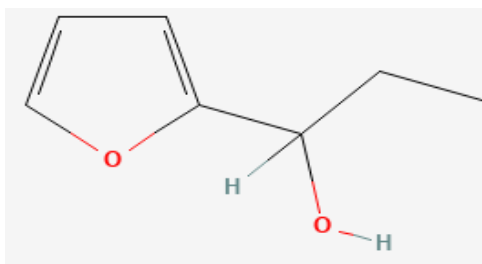
Tijekom ovog istraživanja identificirano je 16 spojeva iz skupine fenola. Fenoli i metoksifenoli odgovorni su za jedinstven okus i aromu dimljenih pršuta (46). Metoksifenoli koji potječu iz dima imaju strukturu lignina drva (25). Kao i aldehidi, fenoli imaju nizak prag detekcije te bitnu ulogu u stvaranju arome i cjelokupne dopadljivosti pršuta (12). Udio fenola u uzorcima kretao se od 9,34% pa sve do 50,89% te je uzorak sa najvećim udjelom fenola, uzorak 3, imao najniži udio aldehida. Najzastupljeniji spojevi u ovoj grupi su fenol i 2-metoksifenol (slika 19).



Slika 19. Strukturalna formula 2-metoksifenola (44)

Jerković i sur. (2007) su u Dalmatinskom pršutu također identificirali 2-metoksifenol, fenol, 2,6-dimetoksifenol, 2-metilfenol i 3-metilfenol (25). Najzastupljeniji fenoli u istraživanju Marušić Radovčić (2013) bili su 4-metilfenol, 3-metilfenol, 2-metilfenol, 2,6-dimetilfenol i 4-etil-2-metoksifenol što je u skladu s rezultatima ovog istraživanja (46).

Alkoholi su reakcijski produkti oksidacije lipida, imaju nizak prag detekcije i značajno doprinose aromi mesnih proizvoda. Alkoholi daju pršutu okus na začinjeno, miris po drvetu te maslačne note arome (12). Udio alkohola u ispitivanim uzorcima kretao se od 4,24 do 13,12%, a najzastupljeniji alkohol je 2-furanmetanol (slika 20) koji nastaje reakcijom šećera i aminokiselina, odnosno Maillardovom reakcijom. Ujedno je jedini alkohol zabilježen u svim ispitanim uzorcima, a njegova prisutnost je karakteristična za dimljene pršute.



Slika 20. Strukturalna formula 2-furanmetanola (44)

Derivati furana stvaraju aromu po slatkom, zagorenom te daju note karamela (1). Tijekom istraživanja Marušić i sur. (2014) u Dalmatinskom pršutu zabilježen je udio okt-1-en-3-ola u iznosu od 8,42%, a udio benzil-alkohola 2,05% (45). Ovim istraživanjem zabilježen je udio okt-1-en-3-ola u rasponu od 0,52 do 4,45%, a benzil-alkohola od 0,22 do 2,07% što znači da su rezultati dobiveni ovim istraživanjem u korelaciji sa prethodnim istraživanjem.

Esteri su spojevi koji nastaju esterifikacijom karboksilnih kiselina i alkohola, a njihova koncentracija se povećava dužim procesom zrenja. Utjecaj estera na aromu pršuta ovisi o duljini lanca tako da esteri kratkog lanca stvaraju voćnu, dok oni dugog lanca masnu aromu (12). Udio estera u ispitanim uzorcima je izrazito malen, odnosno esteri su identificirani samo u uzorku 7 sa ukupnim udjelom od 4,26%.

Udio kiselina u ispitanim uzorcima pršuta je vrlo nizak te su kiseline zabilježene samo u 4 od 8 uzoraka. Lorenzo i sur. (2013) su utvrdili da kiseline sa manje od 6 ugljikovih atoma (kratkolančane kiseline) imaju bitan učinak u formiranju arome zbog niskog praga detekcije te karakterističnog mirisa po octu, siru ili krastavcu (47). Od 4 identificirane kiseline u ovom istraživanju, 3 kiseline su kratkolančane, a samo heksanska kiselina ima 6 ugljikovih atoma.

Ovim istraživanjem u uzorcima pršuta identificirano je 16 ketona, a njihov udio u uzorcima se kreće od 5,44 do 14,75%, s iznimkom kod uzorka 5 gdje je udio ketona 33,62% zbog visokog sadržaja nonan-2-ona koji pridonosi aromi zrelog mesa s cvjetnim i voćnim notama te se njegova aroma opisuje i kao aroma plavog sira. Ketoni nastaju lipidnom autooksidacijom i metabolizmom mikroorganizama (41). Ketoni koji su zastupljeni u svim uzorcima su heptan-2-on i 2,3-dimetilciklopent-2-enon. Spoj heptan-2-on doprinosi aromi na ljuto, začinjeno, žir te plavi sir. Spoj pentan-2-on nastaje β -oksidacijskom aktivnošću plijesni koje se nalaze na površini pršuta.

U okviru ovog istraživanja u uzorcima pršuta identificirana su dva alifatska ugljikovodika, (*E*)-pent-2-en i 2,2,4,6,6-pentametilheptan. Spoj (*E*)-pent-2-en prisutan je samo u uzorku 1, dok je 2,2,4,6,6-pentametilheptan zabilježen u svim uzorcima, a uzorak 6 ima najveći udio navedenog spoja u iznosu od 18,35%. Niža količina alifatskih ugljikovodika u uzorcima razlog je visokog sadržaja fenola te upravo uzorak 6 ima najniži udio fenola, a najviši udio alifatskih ugljikovodika. Ova grupa spojeva nastaje

oksidativnom razgradnjom lipida te ima relativno visok prag detekcije što znači da nema značajan utjecaj na aromu pršuta (12).

Utvrđen je nizak udio aromatskih ugljikovodika u ispitanim uzorcima, a uzorci 1, 5 i 8 nemaju zabilježen ni jedan spoj iz ove skupine.

Udio identificiranih spojeva sa dušikom je vrlo nizak i kreće se od 0,51 do 1,52%. Spoj metoksi-fenil-oksim je jedini spoj sa dušikom pronađen u svim uzorcima, osim u uzorku 8. Uzorak 8 nema zabilježenih spojeva iz ove skupine.

Spojevi sa sumporom nastaju procesom Streckerove degradacije aminokiselina koje sadrže sumpor, kao što su metionin, cistein i cistin. Ova skupina spojeva ima intenzivan miris te su u ovom istraživanju identificirana tri takva spoja, od kojih je najzastupljeniji metional čija aroma podsjeća na krumpir. Ukupan udio sumpornih spojeva u ispitanim uzorcima kreće se od 0,87 do 4,67%, uz iznimku uzorka 3 u kojemu nije zabilježen ni jedan spoj sa sumporom. Dimetil-disulfid nastaje oksidacijom metantiola te pršutu daje aromu po prljavim čarapama, a njegova koncentracija se smanjuje uslijed duljeg salamurenja (1).

Terpeni se općenito pojavljuju u pršutima kojima se uz sol dodaju i začini, no neki terpeni, kao što je limonen, potječu iz hrane kojom je životinja hranjena (12). Tijekom faze soljenja Dalmatinskog i Drniškog pršuta nije dozvoljeno dodavati nikakve začine pa je to možebitni razlog zbog kojega su identificirana samo dva terpena u svim ispitivanim uzorcima ovih pršuta.

4.2. Senzorski profil pršuta

Intenzitet boje mišićnog tkiva svih uzoraka nalazio se u rasponu od 6 do 8, dok je intenzitet boje masnog tkiva bio od 5,5 do 8. Nadalje, uzorci 4 i 8 dobili su nešto niže ocjene za ujednačenost boje od ostalih pršuta, odnosno njihova ujednačenost ocjenjena je ocjenom 5, dok su ostali uzorci dobili ocjene od 6 do 8. Kristali tirozina nisu pronađeni ni u jednom ispitivanom uzorku. Uzorak 1 je dobio najveće ocjene za intenzitet boje masnog tkiva, ujednačenost boje te mramoriranost.

Najniža ocjena za intenzitet mirisa bila je 4, a dobio ju je uzorak 4, dok je najvišu ocjenu 7,5 dobio uzorak 1. Miris po pokvarenom, užeglom imali su uzorci 4 i 6, a miris po suhomesnatom je za sve uzorke pršuta ocjenjen ocjenama od 7 do 8, osim za uzorke 4, 5 i 6 čije su ocjene bile od 4 do 5.

Slani okus pršuta ocjenjen je ocjenama od 5 do 7, s iznimkom uzorka 4 koji je dobio ocjenu 3. Ocjene za slatkoću pršuta bile su od 5 do 6, s iznimkom uzorka 4 koji je dobio ocjenu 2 te uzorka 6 sa ocjenom 3. Nadalje, uzorci 4 i 6 imali su kiseo, gorak, pokvaren i užegao okus kao i najniže ocjene za okus po suhomesnatom koji je ocijenjen ocjenama od 4 do 5. Najvišu ocjenu po suhomesnatom dobio je uzorak 1 koji je ocjenjen sa 8, dok su ostali uzorci dobili ocjene od 6 do 7.

Aroma na biokemijsko, po svježem mesu i po aromatičnom bilju nije zabilježena ni u jednom od uzoraka. Aromatično bilje se ne koristi tijekom proizvodnje Dalmatinskog i Drniškog pršuta pa je bilo i za očekivati da će navedna aroma izostati u ovim uzorcima. Svi ostali parametri, aroma po dimu, postojanost i trajanje arome, tvrdoća, topivost te cjelokupna dopadljivost najlošije su ocjenjeni kod uzoraka 4 i 6, dok je uzorak 1 dobio najviše ocjene za postojanost i trajanje arome, topivost te cjelokupnu dopadljivost, a uzorak 7 za aromu po dimu i tvrdoću. Obzirom da mramoriranost pozitivno utječe na topivost, sočnost i tvrdoću bilo je i za očekivati da će uzorci 1 i 7 dobiti najviše ocjene za ta senzorska obilježja upravo zbog najviših ocjena za mramoriranost.

Uzorak 4 ima najveći sadržaj 3-metilbutanola, 2-furanmetanola, heksanola i 1,2-dimetoksibenzena, a spojevi kao što su 3-metilbutanska i 2-metilbutanska kiselina te 3-metilciklopentan-1,2-dion se pojavljuju samo u ovom uzorku. 2-furanmetanol je spoj koji je u uzorku 4 pronađen u znatno višim koncentracijama u odnosu na ostale uzorke, a upravo on pršutu daje aromu po zagorenom, dok 3-metilbutanska i 2-metilbutanska kiselina stvaraju aromu ustajalog i po znoju te to objašnjava rezultate senzorske analize navedenog uzorka.

S druge pak strane, butan-1,4-diol, toluen i 1,3-dimetilbenzen su spojevi izolirani samo iz uzorka 6. Spojevi kojih ima znatno više u uzorku 6 u odnosu na druge uzorke su (*E*)-hept-2-enal koji ima aromu po prženom i bademima, zatim okt-1-en-3-ol kojeg karakteriziraju zemljane note te aroma po hrđi i gljivama te spoj 2,2,4,6,6-pentametilheptan. Prisustvo ovih spojeva kao i njihova interakcija s drugim spojevima su možebitni razlog nižih ocjena senzorske analize ovog pršuta.

5. ZAKLJUČCI

Na temelju rezultata dobivenih istraživanjem koje je provedeno u svrhu ovog rada mogu se donijeti sljedeći zaključci:

- Postavljeni zadatak ovog istraživanja (određivanje aromatičnog profila i senzorska analiza dimljenih pršuta) je ostvaren.
- Vežanim sustavom plinske kromatografije-masene spektrometrije (GC-MS) identificirana su 83 hlapljiva spoja iz uzoraka pršuta. Među identificiranim spojevima identificirano je 17 aldehida, 15 fenola, 9 alkohola, 5 estera, 4 kiseline, 15 ketona, 2 alifatska ugljikovodika, 8 aromatskih ugljikovodika, 3 spoja sa dušikom, 3 sa sumporom te 2 terpena.
- Aldehidi su najzastupljenija skupina spojeva u ispitanim uzorcima dimljenih pršuta, a obzirom da su svi uzorci pršuta dimljeni prisutan je i veliki broj fenola.
- Navedeni hlapljivi spojevi nastali su procesima lipolize, odnosno oksidacije masti, i proteolize, odnosno razgradnje aminokiselina.
- Hlapljivi spojevi imaju bitnu ulogu u formiranju arome gotovog proizvoda, a u sinergiji sa bojom i teksturom definiraju senzorski profil pršuta.
- Senzorskom analizom uzorak 1 je dobio najveće ocjene za većinu pozitivnih karakteristika, dok su uzorci 4 i 6 ocijenjeni nižim ocjenama.
- Ni u jednom od uzoraka nisu pronađeni kristali tirozina te aroma na biokemijsko, po svježem mesu i po aromatičnom bilju.
- Miris na pokvareno i užeglo te kiseo, gorak, pokvaren i užegao okus uzoraka 4 i 6 može se objasniti prisutnošću određenih spojeva u višim koncentracijama u odnosu na druge uzorke.
- Uzorak 4 ima znatnu količinu 2-furanmetanola koji daje aromu po zagorenom. U ovom uzorku identificirane su 3-metilbutanska i 2-metilbutanska kiselina . Navedene kiseline imaju aromu po znoju što objašnjava užegao miris te kiseo i užegao okus ovog uzorka.
- (*E*)-hept-2-enal sa aromom na prženo i okt-1-en-3-ol sa zemljanim notama i aromom po gljivama i hrđi u interakciji sa 2,2,4,6,6-pentametilheptanom moguće da doprinose pokvarenom i užeglom mirisu i okusu uzorka 6.

- Upravo zbog prisutnosti navedenih spojeva u uzorcima 4 i 6 te njihove interakcije sa drugim spojevima prisutnim u uzorcima senzorska obilježja ovih pršuta su ocijenjena nižim ocjenama.
- Obzirom na kompleksnost reakcija i samog sastava pršuta potrebno je provoditi daljnja višegodišnja istraživanja na većem broju uzoraka pršuta, koristeći različite metode ekstrakcije hlapljivih spojeva kako bi se senzorski i aromatični profil pršuta mogao u potpunosti objasniti.

6. LITERATURA

1. Marušić Radovčić, N.; 2013: Karakterizacija hlapivih spojeva i parametara kvalitete tradicionalnoga istarskoga i dalmatinskoga pršuta. Prehrambeno-biotehnološki fakultet Zagreb. *Doktorski rad*.
2. Kovačević, D.; 2017: Kemija i tehnologija šunki i pršuta. Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek..
3. Toldrá, F.; 2002: Dry-cured meat products. *Wiley- Blackwell*. Ames, Iowa.
4. Girard, J.P.; 1992: Technology of meat products. *Technology of meat and meat products*.
5. Žilić, I.; 2016: Usporedba senzorskih i fizikalno-kemijskih svojstava različitih vrsta pršuta. Prehrambeno-biotehnološki fakultet Zagreb. *Diplomski rad*.
6. Arnau Arboix, J.; 2014: Dry-cured ham. Girona, Španjolska. Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries (IRTA). *Encyclopedia of Meat Sciences*, Vol. 2, 87-91.
7. Krvavica M.; Mioč B.; Friganovid E.; Kegalj A.; Ljubičić, I.; 2012: Sušenje i zrenje – temeljni tehnološki procesi u proizvodnji trajnih suhomesnatih proizvoda. *Meso*, Vol. 14, 138-144.
8. <https://eur-lex.europa.eu/> (Pristupljeno 16.6.2022.)
9. Karolyi, D.; Gaurina, D.; Marin, Z.; 2015: Drniški pršut – oznaka zemljopisnog podrijetla (OZP) – Specifikacija proizvoda. Udruga proizvođača drniškog pršuta, Drniš.
10. Kos, I.; Madir, A.; Toić, U.; 2015: Dalmatinski pršut – oznaka zemljopisnog podrijetla (OZP) – Specifikacija proizvoda. Udruga dalmatinski pršut.
11. Martuscelli, M.; Pittia, P.; Casamassima, L.M.; Manetta, A.C.; Lupieri, L.; Neri, L.; 2009: Effect of intensity of smoking treatment on the free amino acids and biogenic amines occurrence in dry cured ham. *Food Chemistry*, 955-962.
12. Petričević, S.; 2018: Karakterizacija Dalmatinskog, Drniškog, Istarskog i Krčkog pršuta. Prehrambeno-biotehnološki fakultet Zagreb. *Doktorski rad*.
13. Karolyi, D.; Đikić, M.; 2013: Drniški pršut – osobine sirovine i finalnog proizvoda. *Meso*, Vol. 15, No. 2, 132-138.

14. Poljanec, I.; Marušić Radovčić, N.; Katavić, J.; Medić, H.; 2021: Utjecaj tehnološkog procesa proizvodnje na udio masti, sastav masnih kiselina i stupanj oksidacije masti u dimljenom pršutu. *Meso*, Vol. 23, No. 4, 310-318.
15. Rosell, C. M.; Toldrá, F.: 1998: Comparison of muscle proteolytic and lipolytic enzyme levels in hams from Iberian and White pigs. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. Vol. 76, 117– 122.
16. Benedini, R.; Parolari, G.; Toscani, T.; Virgili, R.; 2012: Sensory and texture properties of Italian typical dry-cured hams as related to maturation time and salt content. *Meat Science*, Vol. 90, 431-437.
17. Arnau, J.; Guerrero, L.; Gou, P.; 1997: Effects of temperature during the last month of ageing and of salting time on dry cured ham aged for six months. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, Vol. 74, No.2, 193-198.
18. Toldrá, F.; 2006: Biochemical proteolysis basis for improved processing of drycured meats. *Advanced Technologies for Meat Processing*.
19. Ruiz, J.; Ventanas, J.; Cava, R.; Andres, A.; Garcia, C.; 1999: Volatile compounds of dry-cured Iberian ham as affected by the length of the curing process, *Meat Science*, Vol. 52, 19–27.
20. Mora, L.; Fraser, P.D.; Toldrá, F.; 2013: Proteolysis follow-up in dry-cured meat products through proteomic approaches. *Food Research International*, 1292-1297.
21. Petrova, I.; Tolstorebrov, I.; Mora, L.; Toldrá, F.; Magne Eikevik, T.; 2016: Evolution of proteolytic and physico-chemical characteristics of Norwegian dry-cured ham during its processing. *Meat Science*, 243-249.
22. Flores, M.; Sanz, Y.; Spanier, A.M.; Aristoy, M.C.; Toldrá, F.; 1998: Contribution of muscle and microbial aminopeptidases to flavor development in dry-cured meat products. *Developments in Food Science*, Vol. 40, 547-557.
23. Marušić, N.; Petrović, M.; Vidaček, S.; Janči, T.; Petrak, T.; Medić, H.; 2013: Udio masti i sastav masnih kiselina u istarskom i dalmatinskom pršutu. *Meso*, 279-284.
24. Coutron-Gambotti, C.; Gandemer, G.; Rousset, S.; Maestrini, O.; Casabianca, F.; 1999: Reducing salt content of dry-cured ham: effect on lipid composition and sensory attributes. *Food Chemistry*, Vol. 64, No. 1, 13-19.

25. Jerković, I.; Matelić, J.; Tartaglia, S.; 2007: A study of volatile flavour substances in Dalmatian traditional smoked ham: Impact of dry-curing and frying. *Food Chemistry*, Vol. 104, No. 3, 1030- 1039.
26. Sabio, E.; Vidal-Aragon, M.C.; Bernalte, M.J.; Gata, J.L.; 1998: Volatile compounds present in six types of dry-cured ham from south European countries. *Food Chemistry*, Vol. 61, 493–503.
27. Nunes, C.; Coimbra, M.A.; Saraiva, J.; Rocha, M.S.; 2008: Study of the volatile components of a candied plum and estimation of their contribution to the aroma. *Food Chemistry*, Vol. 111, No. 4, 897- 905.
28. Luković, Z.; Škorput, D.; 2012: Landras pasmine svinja u Hrvatskoj. VIII. Savjetovanje uzgajivača svinja Republici Hrvatskoj. Agronomski fakultet Zagreb. 21- 23.
29. Ventanas, S.; Ruiz, J.; Garcia, C.; Ventanas, J.; 2007: Preference and juiciness of Iberian dry-cured loin as affected by intramuscular fat content, crossbreeding and rearing system. *Meat Science*. Vol. 77, No. 3, 324–330.
30. Jiménez-Colmenero, F.; Ventanas, J.; Toldrá, F.; 2010; Nutritional composition of drycured ham and its role in a healthy diet. *Meat Science*, Vol. 84, 585–593.
31. Isabel, B.; López-Bote, C.J.; de la Hoz, L.; Timón, M.; Garcia, C.; Ruiz, J.; 2003: Effects of feeding elevated concentrations of monounsaturated fatty acids and vitamin E to swine on characteristics of dry cured hams. *Meat Science*, Vol. 64, 475–482.
32. Bosi, P.; Cacciavillani, J.A.; Casini, L.; Lo Fiego, D.P.; Marchetti, M.; Mattuzzi, S.; 2000: Effects of dietary high-oleic acid sunflower oil, copper and vitamin E levels on the fatty acid composition and the quality of dry cured Parma ham. *Meat Science*, Vol. 54, 119–126.
33. Pleadin, J.; Vahčić, N.; Malenica Staver, M.; Krešić, G.; Bogdanović, T.; Lešić, T.; Raspović, I.; Kovačević, D.; 2015: Sezonske varijacije u sastavu masnih kiselina Istarskog i Dalmatinskog pršuta. *Meso*, Vol. 17, No. 5, 428-434.
34. Toldrá, F.; 1998: Proteolysis and lipolysis in flavour development of dry-cured meat products. *Meat Science*, Vol. 49, 101–110.
35. Karolyi, D.; 2009: Najčešći problemi u proizvodnji pršuta. *Meso*, Vol. 11, 134-141.

36. Mašić, M.; 2005: Greške suhomesnatih proizvoda. *Meso*, Vol. 7, 48-51.
37. Senčić, Đ.; Samac, D.; 2018: Nutritivna vrijednost suhih šunki i pršuta. *Meso*, Vol. 20, No. 2, 138- 144.
38. Virgili, R.; Prolari, G.; Schivazzappa, C.; Soresi, C.; Borri, M.; 1995: Sensory and texture quality of dry-cured ham as affected by endogenous cathepsin B activity and muscle composition. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Vol. 60, 1183–1186.
39. Andrés, A.I.; Cava, R.; Ventanas, J.; Thovar, V.; Ruiz, J.; 2004: Sensory characteristics of Iberian ham: Influence of salt content and processing conditions. *Meat Science*, Vol. 68, No. 1, 45–51.
40. Arhiara, K.; Ohata, M.; 2008: Bioactive compounds in meat. *Meat biotechnology*.
41. Lorenzo, J.M.; Munekata, E.S.P.; Gómez, B.; Barba, F.J.; Mora, L.; Pérez-Santaescolástica, C.; Toldrá, F.; 2018: Bioactive peptides as natural antioxidants in food products. *Trends in Food Science & Technology*.
42. Escudero, E.; Sentandreu, M.A.; Arihara, K.; Toldrá, F.; 2010: Angiotensin I-converting enzyme inhibitory peptides generated from in vitro gastrointestinal digestion of pork meat. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Vol. 58, No. 5, 2895-2901.
43. <http://www.thegoodscentscompany.com/> (Pristupljeno 11.8.2022.)
44. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/> (Pristupljeno 11.8.2022.)
45. Marušić, N.; Vidaček, S.; Janči, T.; Petrak, T.; Medić, H.; 2014: Determination of volatile compounds and quality parameters of traditional Istrian dry-cured ham. *Meat Science*, Vol. 96, 1409–1416.
46. Marušić Radovčić, N.; Vidaček, S.; Janči, T.; Medić, H.; 2016: Characterization of volatile compounds, physico-chemical and sensory characteristics of smoked drycured ham. *Journal of Food Science and Technology*, Vol. 53, 4093-4105.
47. Lorenzo, J. M.; Carballo, J.; Franco, D.; 2013: Effect of the inclusion of chestnut in the finishing diet on volatile compounds of dry-cured ham from Celta pig breed. *Journal of Integrative Agriculture*, Vol. 12, 2002–2012.