

Usporedna analiza fizikalnih i senzorskih svojstava komercijalnih biljnih i mesnih burgera

Ivica Kos^{1*}, Veronika Mihovilić¹, Pavao Jančić¹, Jakov Car Predojević¹, Iva Dolenčić Špehar¹, Mateja Pećina¹, Nataša Hulak¹, Goran Kiš¹, Milna Tudor Kalit¹, Dalibor Bedeković¹, Ivan Vnučec^{1*}

Sažetak

Cilj rada bio je usporediti deklarirani nutritivni sastav, fizikalna svojstva nakon toplinske obrade i senzorski profil triju mesnih i triju biljnih burgera dostupnih na hrvatskom tržištu. Nutritivni podaci prikazani su prema deklaraciji proizvođača. Energetska vrijednost uzoraka kretala se od 196 do 320 kcal/100 g, dok je sadržaj soli varirao od 0,47 do 2,1 g/100 g. Mesni burgeri sadržavali su veći udio zasićenih masnih kiselina (4,4-10,3 g/100 g), a biljni više ugljikohidrata (4,2-6,9 g/100 g). Tijekom toplinske obrade utvrđeno je izraženije smanjenje površine kod mesnih burgera (do 25,3 %) i debljine (do 19,5 %) u odnosu na biljne burgere (11,7-14,6 % površine; 4,1-7,7 % debljine) ($p < 0,05$). Kalo toplinske obrade iznosilo je prosječno 22,63 % kod mesnih i 24,32 % kod biljnih burgera, pri čemu su razlike među pojedinim uzorcima unutar skupina također bile značajne ($p < 0,05$). Posebno se isticao jedan mesni uzorak s tek 7,3 % gubitka mase, što je značajno odstupalo od ostalih ($p < 0,05$). Udio izdvojene tekućine u kalu bilo je u rasponu od 9,62 % do 50,16 %, uz statistički značajne razlike između i unutar skupina burgera ($p < 0,05$). Senzorskom analizom uz primjenu kvantitativne opisne metode utvrđene su značajne razlike između skupina burgera u tvrdoći, elastičnosti, kohezivnosti, intenzitetu mesnog i biljnog okusa te masnom dojmu ($p < 0,05$). Mesne burgere karakterizirale su više vrijednosti tvrdoće i mesnog okusa, dok su biljni proizvodi imali izraženiji biljni okus i mekšu strukturu ($p < 0,05$). Unutar biljnih burgera zabilježena je osobito velika varijabilnost u zrnatosti, sočnosti i zagorenim notama ($p < 0,05$), dok su i među mesnim uzorcima postojale razlike u sočnosti i slanosti ($p < 0,05$). Unutar obje grupe burgera uočene su razlike među pojedinim proizvodima, što upućuje na heterogenost komercijalnih formulacija. Dobiveni rezultati ukazuju da se mesni i biljni burgeri razlikuju u ključnim fizikalnim i senzorskim svojstvima, pri čemu dio varijabilnosti proizlazi iz razlika među pojedinačnim proizvodima.

Ključne riječi: burgeri, biljne alternative, nutritivni sastav, toplinska obrada, senzorska analiza

Uvod

Mesni pripravci su heterogena skupina proizvoda dobivenih od svježeg mesa uz dodatak sastojaka, začina i/ili aditiva te primjenu tehnoloških postupaka koji ne mijenjaju bitno strukturu mišićnih vlakana niti uništavaju značajke svježeg mesa (Uredba (EZ) br. 853/2004, 2004.), pri čemu

loških postupaka koji ne mijenjaju bitno strukturu mišićnih vlakana niti uništavaju značajke svježeg mesa (Uredba (EZ) br. 853/2004, 2004.), pri čemu

¹ dr. sc. Ivica Kos, redoviti profesor; Veronika Mihovilić, univ. bacc. ing. agr., student; Pavao Jančić, univ. bacc. ing. agr., student; Jakov Car Predojević, univ. bacc. ing. agr., student; dr. sc. Iva Dolenčić Špehar, izvanredni profesor; dr. sc. Mateja Pećina, viši asistent; dr. sc. Nataša Hulak, izvanredni profesor; dr. sc. Goran Kiš, redoviti profesor; dr. sc. Milna Tudor Kalit, izvanredni profesor; dr. sc. Dalibor Bedeković, izvanredni profesor; dr. sc. Ivan Vnučec, redoviti profesor; Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet, Svetošimunska cesta 25, 10000 Zagreb

* Autor za korespondenciju: ikos@agr.hr i ivnucec@agr.hr

formulacija i proizvodni postupci značajno određuju njihova nutritivna, senzorska i funkcionalna svojstva (Gómez i sur., 2020.). Među najčešće konzumiranim mesnim pripravcima 20. i 21. stoljeća ističe se burger (Boukid i Castellari, 2021.) koji u modernom dobu predstavlja jedan od ključnih referentnih modela u razvoju biljnih analoga mesa. Iako je priprema burgera desetljećima bila bazirana na goveđem mesu, suvremena praksa pokazuje znatnu upotrebu svinjskog i peradskog mesa kao i njihove mješavine, što potvrđuju istraživanja s formulacijama goveđih, svinjskih, pilećih, janjećih i mješovitih burgera (Al-Marazeeq i sur., 2009.; Hui, 2012.; Kozačinski i sur., 2017.; Grassi i sur., 2023.). Zbog načina izrade i manjeg udjela dodataka takvi proizvodi mogu lako biti prilagođeni različitim preferencijama potrošača, nutritivnim smjernicama te tržišnim zahtjevima za smanjenim udjelom masti i povećanom probavljivošću (Kyriakopoulou i sur., 2021.)

Posljednjih godina bilježi se porast interesa potrošača za smanjenjem konzumacije mesa, ponajprije zbog okolišnih, etičkih i zdravstvenih razloga (Asgar i sur., 2010.; Szenderák i sur., 2022.). Analize životnog ciklusa pokazuju da biljni burgeri imaju znatno manji okolišni utjecaj u usporedbi s goveđim proizvodima (Tang i sur., 2024.). U tom se kontekstu burger nametnuo kao dominantna proizvodna forma biljnih analoga mesa zahvaljujući standardiziranom obliku, uobičajenom načinu konzumacije i visokoj tehnološkoj prilagodljivosti (Jang i Lee, 2024.; Mercês i sur., 2024.). Biljni burgeri su uglavnom razvijeni s ciljem oponašanja izgleda, teksture i okusa mesa, a najčešće se temelje na sirovinama poput soje, graška, pšeničnog glutena, škroba i biljnih ulja (Joshi i Kumar 2015.; Tso i Forde 2021.). Iako njihova prisutnost na tržištu raste, i dalje postoji potreba za znanstvenom analizom njihove prehrabene i tehnološke vrijednosti. Mnoge studije ističu da je deklaracija proizvoda nedostatna za ocjenu kvalitete te da je nužno detaljnije ispitati kemijska, fizikalna i senzorska svojstva (Michel i sur., 2021.).

S nutritivnog aspekta biljni burgeri često se smatraju povoljnijom alternativom mesnim proizvodima, osobito zbog mogućnosti smanjenog unosa zasićenih masnih kiselina te prisutnosti prehrabnih vlakana (Bohrer, 2019.). S druge strane, istraživanja sastava ukazuju na znatnu varijabilnost među komercijalnim proizvodima. Sadržaj i kvaliteta proteina, udio ugljikohidrata

te koncentracija natrija uvelike ovise o formulaciji proizvoda (De Marchi i sur., 2021.; Yu i sur., 2023.). Istraživanja europskog tržišta pokazuju da mnogi biljni burgeri sadrže kokosovo ulje i dodanu sol radi poboljšanja senzorskih svojstava, što može rezultirati sadržajima zasićenih masnih kiselina i natrija usporedivima s mesnim burgerima (Astiasaran i sur., 2025.). Stoga se njihova nutritivna prednost ne može unaprijed pretpostaviti.

Razvoj novih tehnologija prerade u prehrabnoj industriji posljednjih je godina značajno smanjio senzorske razlike između biljnih i mesnih burgera, no temeljne razlike u njihovoj strukturi i mehanizmima stabilizacije matriksa i dalje su izražene. Tijekom toplinske obrade mesnih burgera dolazi do smanjenja dimenzija uslijed denaturacije miofibrilarnih proteina, kontrakcije mišićnih vlakana te topljenja i izdvajanja masti. Strukturna stabilnost takvih proizvoda primarno ovisi o funkcionalnim svojstvima miofibrilarnih proteina i njihovoj sposobnosti vezanja vode i masti (Davis i sur., 2021.; De Marchi i sur., 2021.; Silva Barbosa Correia i sur., 2024.; Sogari i sur., 2024.). Nasuprot tomu, kod biljnih burgera stabilnost strukture ostvaruje se ponajprije geliranjem hidrokoloida te formiranjem mreže biljnih proteina i lipida, pri čemu mehanizmi vezanja vode i formiranja teksture bitno odstupaju od onih u mesnim sustavima (Dekkers i sur., 2018.; De Marchi i sur., 2021.).

Senzorska kvaliteta predstavlja jedan od ključnih čimbenika prihvaćanja proizvoda od strane potrošača. Istraživanja dosljedno pokazuju da se mesni burgeri percipiraju kao čvršći, sočniji i kohezivniji, s izraženijim mesnim okusom. Nasuprot tomu, biljni burgeri češće se opisuju kao mekši te s izraženim biljnim i karakterističnim aromatskim notama zrna leguminoza (Davis i sur., 2021.; Silva Barbosa Correia i sur., 2024.; Sogari i sur., 2024.).

Uvažavajući navedeno, cilj ovoga rada bio je provesti usporednu analizu komercijalno dostupnih mesnih i biljnih burgera na hrvatskom tržištu s obzirom na njihov nutritivni sastav, fizikalna svojstva i senzorsku kvalitetu. Poseban naglasak stavljen je na utvrđivanje ključnih razlika u tehnološkim i senzorskim obilježjima proizvoda.

Materijali i metode

Istraživanjem je obuhvaćeno šest komer-

cijalno dostupnih proizvoda s hrvatskog tržišta, uključujući tri mesna burgera (MB1, MB2, MB3) i tri burgera na biljnoj osnovi (BB1, BB2, BB3). Uzorci su odabrani prema unaprijed definiranim kriterijima koji su uključivali raznolikost formulacija, tržišnu zastupljenost te mogućnost izravne usporedbe unutar parova iste robne marke, s ciljem osiguravanja metodološki utemeljene nutritivne, fizikalne i senzorske usporedbe.

Uzorci su nabavljeni u velikim maloprodajnim lancima u Zagrebu, koji obuhvaćaju premium i masovni tržišni segment. U istraživanju je analizirano šest komercijalno dostupnih burgera, od čega tri mesna (MB1-MB3) i tri biljna (BB1-BB3). Svi biljni burgeri te burger MB1 kupljeni su u smrznutom stanju te skladišteni na $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ do provedbe analiza. Uzorci MB2 i MB3 kupljeni u rashlađenom stanju i čuvani na $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ do početka analiza, sukladno deklariranim uvjetima skladištenja. Burger MB1 proizveden je od isključivo goveđeg mesa (98,9 %, Black Angus). Burger MB2 proizveden je od mješavine svinjskog i junećeg mesa (93 %), dok je burger MB3 također sadržavao svinjsko i juneće meso, pri čemu udjeli pojedine vrste mesa nisu bili naznačeni na deklaraciji.

Biljni burger BB1 sadržavao je bjelančevine graška (15 %), ulje repice, ulje kokosa, bjelančevine riže, sušeni kvasac i krumpirov škrob. Burger BB2 sadržavao je vodu, teksturirani protein graška (17 %), biljna ulja (suncokretovo i repičino) te biljna vlakna. Burger BB3 sadržavao je vodu, bjelančevine graška, kokosovu mast, suncokretovo ulje i vlakna graška.

Energetska vrijednost analiziranih burgera kretala se od 196 do 320 kcal. Najviša je zabilježena u mesnom burgeru MB2 (320 kcal), dok je najniža bila u biljnom burgeru BB1 (196 kcal). Burger MB1 sadržavao je 256 kcal, a MB3 213 kcal, dok su biljni burgeri BB2 i BB3 sadržavali 209, odnosno 245 kcal. Sadržaj masti bio je najveći u burgeru MB2 (28 g), a najmanji u MB3 (14 g), dok je MB1 sadržavao 20 g masti. Biljni burgeri sadržavali su između 15 i 18 g masti (BB1 i BB2 15 g; BB3 18 g). Sadržaj zasićenih masnih kiselina bio je najveći u burgerima MB1 (10,3 g) i MB2 (10 g), dok je u MB3 iznosio 4,4 g. Biljni burgeri sadržavali su 0,7–5,9 g zasićenih masti (BB1 5,9 g; BB2 1,8 g; BB3 0,7 g). Sadržaj ugljikohidrata u mesnim burgerima bio je u rasponu 0,5–3 g (MB1 0,5 g; MB2 3 g; MB3 2,8 g), a u biljnim 4,2–6,9 g (BB1 6,9 g; BB2 6 g; BB3 4,2 g). Sadržaj šećera bio je nizak kod svih uzoraka: MB1

0,5 g, MB2 1 g, MB3 0 g, dok su biljni burgeri sadržavali 0,5–1,6 g šećera (BB1 0,5 g; BB2 0,7 g; BB3 1,6 g). Sadržaj bjelančevina bio je najveći u burgeru MB3 (20 g), dok su MB1 i MB2 sadržavali 17,4 g, odnosno 14 g. Biljni burgeri sadržavali su 11–17 g bjelančevina (BB1 17 g; BB2 11 g; BB3 15 g). Sadržaj soli varirao je od 0,47 do 2,1 g; MB1 je sadržavao 0,47 g, MB2 1,6 g, a MB3 2,1 g soli, dok su biljni burgeri sadržavali 0,75–1,6 g (BB1 0,75 g; BB2 1,6 g; BB3 1,1 g).

Toplinska obrada

Radi objektivne procjene tehnološkog ponašanja tijekom toplinske obrade primijenjen je strogo standardizirani protokol s ciljem minimiziranja varijabilnosti uzrokovane procesnim uvjetima. Neposredno prije toplinske obrade određena je početna masa pet uzoraka svake vrste burgera uporabom digitalne vage (Ordning, Ikea, Švedska; točnost $\pm 1\text{ g}$), čime je omogućena procjena ponovljivosti i pouzdanosti mjerenja. Geometrijski parametri (promjer u dvije okomite smjernice i debljina) izmjereni su digitalnim pomičnim mjerilom (Alpha Tools, BAHAG AG, Njemačka; točnost $\pm 0,01\text{ mm}$) radi kvantifikacije eventualnih dimenzijskih promjena tijekom pečenja. Površina je izračunata aproksimacijom elipse na temelju dvaju okomitih promjera ($A = \pi \cdot (d1/2) \cdot (d2/2)$).

Toplinska obrada provedena je na prethodno zagrijanom električnom kontaktnom roštilju pri $250\text{ }^{\circ}\text{C}$, uz kontrolu unutarnje temperature penetracijskim termometrom (TFA Dostmann, model 14.1500, Njemačka; točnost $\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$). Obrada je završena kada je u geometrijskom središtu uzorka postignuta temperatura od $71\text{ }^{\circ}\text{C}$, čime je osigurana mikrobiološka sigurnost i istovjetan završni stupanj toplinske obrade svih uzoraka radi usporedivosti rezultata. Nakon toplinske obrade uzorci su temperirani 3 minute na sobnoj temperaturi radi stabilizacije unutarnjeg tlaka i redistribucije slobodne vode, čime je smanjena mogućnost precjenjivanja gubitaka mase uslijed trenutnog istjecanja soka. Potom su ponovno izmjereni masa i dimenzije uzoraka.

Gubitak mase pri pečenju (kalo toplinske obrade), promjene površine i debljine izračunati su kao relativna promjena u odnosu na početne vrijednosti. Oslobođeni sok prikupljen je i zasebno izvagan te je iskazan kao relativna mjera u odnosu na ukupni gubitak mase pri pečenju. Navedeno je omogućilo razlikovanje ocjedly gubitka od

evaporacijskog gubitka te precizniju interpretaciju mehanizama gubitka vode i masti tijekom toplinske obrade.

Senzorska analiza

Senzorska analiza burgera provedeno je u Laboratoriju za senzorske analize poljoprivredno-prehrambenih proizvoda na Sveučilištu u Zagrebu Agronomskom fakultetu, projektiranom sukladno normi ISO 8589 (2007.), uz kontrolirane uvjete (neutralno bijelo osvjetljenje 4000 K i 500 lux-a, temperatura 20-22 °C, relativna vlaga 50-55 %). Kvantitativna opisna analiza (Quantitative Descriptive Analysis – QDA) provedena je prema Meilgaard i sur. (2016.) uz pomoć educiranog panela od devet ocjenjivača odabranih i treniranih prema normama ISO 8586 (2023.). Tijekom treninga razvijena je lista atributa sa 24 senzorska svojstva. Intenzitet svojstava ocjenjivan je na kategorijskoj skali od 0 do 9, gdje je 0 označavalo potpuno odsustvo svojstva, a 9 izraženo prisutno svojstvo. Uzorci su servirani pri 45 °C u prozirnim posudama označenima nasumično generiranim troznamenkastim kodovima. Između uzoraka ispitanicima su osigurani voda i kruh za ispiranje nepca. Prikupljanje podataka provedeno je uporabom specijaliziranog softvera za senzorsku analizu (Compusense Inc., Ontario, Canada). Učinkovitost panela nadzirana je putem ponovljivosti (mjera intraocjenjivačke varijabilnosti između ponovljenih uzoraka, određena kao apsolutna razlika između ponovljenih uzoraka), točnosti (mjera uspješnosti ocjenjivača u odnosu na median panela) i preciznosti (mjera sposobnosti ocjenjivača da diskriminira među uzorcima).

Statistička analiza

Statistička obrada podataka provedena je primjenom programskog paketa SAS (SAS Institute Inc., 2013), uz prethodnu provjeru konzistentnosti i cjelovitosti podataka. Za sve mjerenne varijable izračunate su osnovne deskriptivne statistike (aritmetička sredina, standardna devijacija). U istraživanju su analizirana tri komercijalna uzorka po svakoj kategoriji (biljnih i mesnih burgera), pri čemu je za fizikalna mjerenja analizirano po pet pojedinačnih burgera za svaki uzorak. Usporedbe između uzoraka unutar biljnih burgera (BB1–BB3) i unutar mesnih burgera (MB1–MB3) provedene su odvojeno primjenom općenitih linearnih modela (PROC GLM) i jednofaktorske

ANOVA, uz Tukey post-hoc test za usporedbu parova. Usporedba biljnih i mesnih burgera na razini skupina provedena je na razini prosjeka uzoraka ($n = 3$ po skupini), te se rezultati interpretiraju kao istraživački, odnosno indikativni, a ne kao općeniti pokazatelji za cjelokupno tržište. Senzorski podaci analizirani su primjenom mješovitih linearnih modela (PROC MIXED), pri čemu je uzorak tretiran kao fiksni učinak, a ocjenjivač kao slučajni učinak. Razina statističke značajnosti postavljena je na $p < 0,05$.

Rezultati i rasprava

Fizikalna svojstva

Toplinska obrada uzrokovala je smanjenje površine, debljine i mase kod svih analiziranih burgera, no intenzitet promjena razlikovao se među uzorcima i skupinama (Tablice 1 i 2).

Biljni burgeri

Nakon toplinske obrade površina se smanjila kod svih uzoraka, ali bez statistički značajnih razlika u relativnom smanjenju (11,70-14,60 %), što upućuje na sličan obrazac lateralne kontrakcije unutar biljne matrice. Početna debljina biljnih burgera bila je u rasponu od 1,27 do 1,50 cm i također se značajno razlikovala ($p < 0,05$). Nakon obrade najveće smanjenje debljine zabilježeno je kod BB3 (7,70 %), dok su BB1 i BB2 pokazali manji i međusobno usporediv pad (4,13-4,37 %). To sugerira slabiju vertikalnu stabilnost uzorka BB3, vjerojatno zbog razlika u raspodjeli vode i funkcionalnih komponenti formulacije. Najveći kolo toplinske obrade utvrđen je kod BB1 (27,72 %), a najmanji kod BB3 (21,91 %) ($p < 0,05$). Udio tekućine u kalu značajno se razlikovao među uzorcima; najmanji je bio kod BB2 (9,70 %), a najveći kod BB3 (40,32 %). Takav obrazac upućuje na različite putove gubitka mase tijekom zagrijavanja, odnosno na razlike između ocjednih i evaporacijskih gubitaka. Stabilnost biljnih burgera tijekom toplinske obrade može se povezati s toplinski induciranim gel-mrežom biljnih proteina, lipida i hidrokoloida, pri čemu funkcionalni dodaci poput metilceluloze i prehrambenih vlakana imaju važnu ulogu u ograničavanju dimenzijskih promjena, iako ne moraju nužno smanjiti ukupni gubitak mase (Dekkers i sur., 2018.; Bohrer, 2019.; Kyriakopoulou i sur., 2021.).

Mesni burgeri

Nakon toplinske obrade burgeri MB1 i MB2 pokazali su znatno veće smanjenje površine (25,27 % i 19,78 %) nego MB3 (6,70 %) ($p < 0,05$). Sličan obrazac utvrđen je i za debljinu: najveće smanjenje zabilježeno je kod MB1 (19,48 %), najmanje kod MB3 (3,86 %), dok je MB2 imao intermedijarnu vrijednost (11,57 %). MB1 i MB2 imali su znatno veći kalo toplinske obrade (31,57 % i 29,03 %) od MB3 (7,27 %), a isti je trend zabilježen i za udio tekućine u kalu: 50,16 % kod MB1, 30,24 % kod

MB2 i 9,62 % kod MB3. Ovi nalazi potvrđuju da su kod MB1 i MB2 tijekom zagrijavanja bili izraženiji otpuštanje vode i masti te kontrakcija matrice, dok je MB3 zadržao veću strukturnu cjelovitost. Takvo ponašanje odgovara poznatim mehanizmima toplinske denaturacije miofibrilarnih proteina, kontrakcije mišićnih vlakana te istjecanja vode i otopljenе masti, koji su ključni uzroci skupljanja i gubitka mase u mesnim proizvodima (Tornberg, 2005.; Hughes i sur., 2014.).

Tablica 1. Fizikalna svojstva biljnih i mesnih burgera prije i nakon toplinske obrade (TO)

Table 1 Physical properties of plant-based and meat burgers before and after thermal processing (TP)

Svojstvo Trait	Biljni burgeri Plant-based burgers			Mesni burgeri Meat burgers		
	BB1	BB2	BB3	MB1	MB2	MB3
Smanjenje površine (%) Surface area reduction (%)	14,60 ± 3,25 ^a	11,81 ± 2,60 ^a	11,70 ± 2,02 ^a	25,27 ± 4,97 ^A	19,78 ± 1,94 ^A	6,70 ± 2,28 ^B
Smanjenje debljine (%) Thickness reduction (%)	4,13 ± 0,26 ^b	4,37 ± 0,36 ^b	7,70 ± 0,35 ^a	19,48 ± 3,76 ^A	11,57 ± 3,35 ^B	3,86 ± 0,30 ^C
Kalo toplinske obrade (%) Thermal processing loss (%)	27,72 ± 1,00 ^a	23,33 ± 4,30 ^a	21,91 ± 1,95 ^b	31,57 ± 3,37 ^A	29,03 ± 1,35 ^A	7,27 ± 1,70 ^B
Udio tekućine u kalu (%) Liquid share in weight loss (%)	22,15 ± 1,12 ^b	9,70 ± 0,88 ^c	40,32 ± 2,58 ^a	50,16 ± 5,98 ^A	30,24 ± 4,52 ^B	9,62 ± 1,01 ^C

Vrijednosti su prikazane kao srednja vrijednost ± standardna devijacija.

Values are presented as mean ± standard deviation.

^{abc} Različita slova unutar istog retka označavaju statistički značajnu razliku ($p < 0,05$) unutar biljnih burgera.

^{abc} Different letters within the same row indicate statistically significant differences ($p < 0.05$) within plant-based burgers.

^{ABC} Različita slova unutar istog retka označavaju statistički značajnu razliku ($p < 0,05$) unutar mesnih burgera.

^{ABC} Different letters within the same row indicate statistically significant differences ($p < 0.05$) within meat burgers

Usporedba biljnih i mesnih burgera

Usporedbom prosječnih vrijednosti analiziranih svojstava između skupina biljnih i mesnih burgera (Tablica 2) utvrđeno je da razlika u smanjenju površine tijekom toplinske obrade nije bila statistički značajna, ali je smanjenje debljine bilo veće kod mesnih burgera (11,64 ± 7,13 %) nego kod biljnih (5,40 ± 1,72 %) ($p < 0,05$), što potvrđuje jaču kontrakciju mišićne matrice. S druge strane, relativni kalo toplinske obrade bio je veći kod biljnih burgera (24,32 ± 3,64 %) nego kod mesnih (22,63 ± 11,49 %) ($p < 0,05$), dok je udio tekućine u kalu bio veći kod mesnih (30,01 ± 5,42 %) u odnosu na biljne burgere (24,06 ± 4,84 %) ($p < 0,05$). Prethodna istraživanja pritom nisu jednoznačna u iskazivanju dimenzijske stabilnosti. Tako Vu i sur. (2022.) navode da su kod biljnih burgera smanjenje dimenzija i gubitak mase manji nego kod mesnih, dok Serdaroğlu i sur. (2018.) ističu da biljni burgeri, zbog nižeg kapaciteta veza-

nja vode mogu gubiti više vode tijekom toplinske obrade. U tom smislu, dobiveni rezultati dodatno naglašavaju da se tehnološko ponašanje ne može pripisati isključivo podrijetlu proteina (biljno/životinjsko), nego je u velikoj mjeri određeno konkretnom formulacijom i organizacijom matrice proizvoda. Takav zaključak u skladu je s navodima da tržišna varijabilnost komercijalnih proizvoda može biti jednako važna kao i sama podjela na biljne i mesne proizvode (Michel i sur., 2021.; De Marchi i sur., 2021.; Yu i sur., 2023.; Astiasaran i sur., 2025.).

Senzorska svojstva

Kvantitativna deskriptivna analiza (QDA) ukazala je na jasne i sustavne razlike unutar grupe biljnih (BB) i mesnih (MB) burgera, a u Tablici 3 prikazana su samo svojstva sa statistički značajnom razlikom između uzoraka.

Tablica 2. Fizikalna svojstva skupina biljnih i mesnih burgera prije i nakon toplinske obrade (TO)
Table 2 Physical properties of plant-based and meat burger groups before and after thermal processing (TP)

Svojstvo Trait	Biljni burgeri Plant-based burgers	Mesni burgeri Meat burgers
Smanjenje površine (%) / Surface area reduction (%)	12,71 ± 2,83	17,25 ± 8,64
Smanjenje debljine (%) / Thickness reduction (%)	5,40b ± 1,72	11,64a ± 7,13
Kalo toplinske obrade (%) / Thermal processing loss (%)	24,32a ± 3,64	22,63b ± 11,49
Udio tekućine u kalu (%) / Liquid share in weight loss (%)	24,06b ± 4,84	30,01a ± 5,42

Vrijednosti su prikazane kao srednja vrijednost ± standardna devijacija.

Values are presented as mean ± standard deviation.

^{abc} Različita slova unutar istog retka označavaju statistički značajnu razliku ($p < 0,05$).

^{abc} Different letters within the same row indicate statistically significant differences ($p < 0.05$).

Biljni burgeri

Unutar skupine biljnih burgera statistički značajne razlike utvrđene su za intenzitet mirisa, atribut "zagoreno", tvrdoću, sočnost, zrnatost i intenzitet okusa ($p < 0,05$). BB2 je imao najviši intenzitet ukupnog mirisa (7,56) i izraženiji zagoreni ton u odnosu na BB3, dok je BB1 pokazao najveću tvrdoću, sočnost i zrnatost. Posebno je izražena bila razlika u zrnatosti, gdje su se sva tri uzorka međusobno razlikovala: BB1 je imao najvišu vrijednost (6,44), BB2 intermedijarnu (4,44), a BB3 najnižu (1,67). BB1 je također imao viši intenzitet okusa od BB2 i BB3. Ovakve razlike upuću-

ju na utjecaj formulacije i procesa strukturiranja biljne matrice, osobito veličine čestica, stupnja ekstruzije i raspodjele masne faze. U literaturi se navodi da su biljni burgeri često obilježeni izraženijim "biljnim" aromatskim notama povezanima s lipidnom oksidacijom i spojevima poput heksanala (Jang i Lee, 2024.), dok začini i dimne arome najčešće samo djelomično maskiraju taj profil (Sogari i sur., 2024.).

Mesni burgeri

Kod mesnih burgera značajne razlike zabi-

Tablica 3. Senzorski profil biljnih i mesnih burgera
Table 3 Sensory profile of plant-based and meat burgers

Svojstvo Trait	Biljni burgeri Plant-based burgers			Mesni burgeri Meat burgers		
	BB1	BB2	BB3	MB1	MB2	MB3
Intenzitet mirisa / Odour intensity	7,33 ± 1,32 ^{ab}	7,56 ± 1,24 ^a	6,11 ± 1,69 ^b	5,78 ± 1,79 ^B	6,33 ± 1,50 ^{AB}	7,56 ± 1,13 ^A
Zagoreno / Burnt	4,89 ± 2,42 ^{ab}	6,11 ± 2,09 ^a	2,89 ± 2,42 ^b	3,33 ± 2,06	3,00 ± 1,87	4,00 ± 2,55
Miris začina / Spicy odour	3,78 ± 2,17	3,78 ± 1,79	4,56 ± 1,88	1,78 ± 0,97 ^C	2,67 ± 1,32 ^B	5,44 ± 1,67 ^A
Povrtni mirisi / Vegetable odours	5,11 ± 1,69	4,78 ± 2,49	5,00 ± 1,80	1,33 ± 1,22 ^B	1,56 ± 0,88 ^{AB}	2,67 ± 1,22 ^A
Tvrdoća / Hardness	2,11 ± 2,15 ^a	0,89 ± 0,78 ^b	0,67 ± 0,71 ^b	2,11 ± 1,45 ^B	3,44 ± 1,33 ^A	4,44 ± 1,33 ^A
Elastičnost / Elasticity	1,78 ± 1,99	0,78 ± 0,67	0,67 ± 0,50	2,44 ± 1,59 ^B	3,11 ± 2,26 ^{AB}	4,33 ± 2,12 ^A
Sočnost / Juiciness	6,11 ± 1,90 ^a	4,11 ± 1,76 ^b	4,89 ± 2,20 ^b	4,67 ± 1,87 ^B	6,33 ± 1,00 ^A	5,78 ± 0,83 ^{AB}
Zrnatost / Graininess	6,44 ± 2,19 ^a	4,44 ± 2,01 ^b	1,67 ± 0,87 ^c	4,33 ± 2,18	3,89 ± 1,69	4,22 ± 1,86
Slano / Salty	3,11 ± 1,62	3,67 ± 1,41	3,44 ± 1,59	2,67 ± 1,87 ^B	5,33 ± 1,32 ^A	5,33 ± 1,00 ^A
Intenzitet okusa / Flavour intensity	7,11 ± 0,78 ^a	6,56 ± 1,24 ^b	6,56 ± 1,59 ^b	6,44 ± 1,33	7,22 ± 0,97	7,56 ± 0,88

Vrijednosti su prikazane kao srednja vrijednost ± standardna devijacija.

Values are presented as mean ± standard deviation.

^{abc} Različita slova unutar istog retka označavaju statistički značajnu razliku ($p < 0,05$) unutar biljnih burgera.

^{abc} Different letters within the same row indicate statistically significant differences ($p < 0.05$) within plant-based burgers.

^{ABC} Različita slova unutar istog retka označavaju statistički značajnu razliku ($p < 0,05$) unutar mesnih burgera.

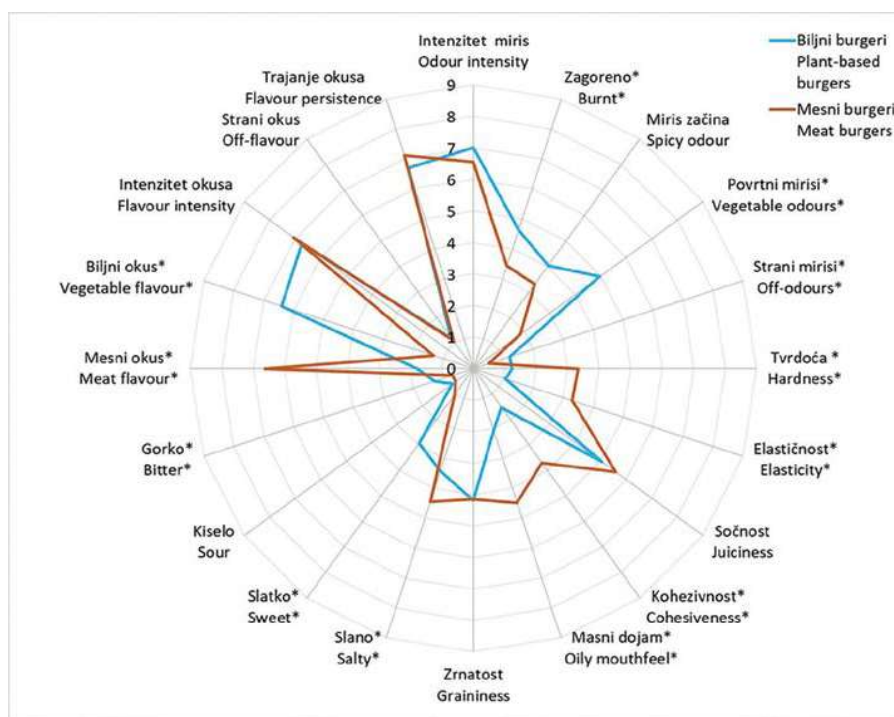
^{ABC} Different letters within the same row indicate statistically significant differences ($p < 0.05$) within meat burgers.

lježene su u intenzitetu mirisa, mirisu začina, povrtnim mirisima, tvrdoći, elastičnosti, sočnosti i slanosti ($p < 0,05$). Za atribut zagoreno, strani mirisi, kohezivnosti, masnog dojma, slatkoće, kiselosti, gorčine, mesnog okusa, biljnog okusa, ukupnog intenziteta okusa, stranog okusa i trajanja okusa unutar mesnih burgera nisu utvrđene statistički značajne razlike. MB3 je imao najizraženiji ukupni miris te najviše vrijednosti za miris začina i povrtno mirise, dok su MB2 i MB3 bili tvrdi od MB1. Elastičnost je bila najveća kod MB3, a sočnost kod MB2. Slanost je bila izraženija kod MB2 i MB3 nego kod MB1. Ovakav profil upućuje na razlike u udjelu začina, masti i sposobnosti zadržavanja vlage, ali i na različito ponašanje mesne matrice tijekom toplinske obrade. Toplinsko umrežavanje aktomiozinskih proteina i formiranje kontinuirane vlaknaste strukture poznati su čimbenici koji doprinose većoj tvrdoći, elastičnosti i kohezivnosti mesnih proizvoda (Tornberg, 2005.; Soupez i sur., 2025.).

Usporedba biljnih i mesnih burgera

Prosječne vrijednosti senzorskih atributa prikazanih na slici 1 ukazuju na jasnu diferencijaciju između biljnih i mesnih burgera u aromatskom, teksturnom i okusnom profilu.

Biljni burgeri imali su izraženije povrtno mirise (4,96) i biljni okus (6,40) nego mesni burgeri (1,85 i 1,33), kao i nešto višu percepciju slatkoće (2,93) i gorčine (1,29). Nasuprot tome, mesni burgeri imali su izraženiji mesni okus (6,63 prema 1,78), veću tvrdoću pri zagrizu (3,33 prema 1,22), elastičnost (3,29 prema 1,08), kohezivnost (3,70 prema 1,52) i masni dojam (4,48 prema 2,07). Sočnost je bila relativno slična, uz nešto višu prosječnu vrijednost kod mesnih burgera (5,59) nego kod biljnih (5,04), dok je zrnatost bila gotovo jednaka u obje skupine. Intenzitet mirisa bio je usporediv, ali su intenzitet i trajanje okusa bili blago viši kod mesnih burgera. Takvi rezultati u skladu su s prethodnim istraživanjima koja navode da se mesni burgeri percipiraju čvršćima, elastičnijima, kohezivnijima



Slika 1. Radarski dijagram senzorskih atributa dobiven kvantitativnom opisnom analizom za biljne i mesne burgere. Vrijednosti predstavljaju srednje ocjene intenziteta na skali od 0 do 9. * označava statistički značajnu razliku ($p < 0,05$) između grupa burgera.

Figure 1 Radar plot of sensory attributes obtained by quantitative descriptive analysis for plant-based and meat burgers. Values represent mean intensity scores on a 0–9 scale. * indicates a statistically significant difference ($p < 0.05$) between burger groups.

i "mesnijima", dok se biljni burgeri češće opisuju kao mekši te s izraženijim biljnim i leguminoznim aromatskim notama (Davis i sur., 2021.; Silva Barbosa Correia i sur., 2024.; Sogari i sur., 2024.).

Razlike u teksturi i sočnosti mogu se objasniti različitim mehanizmima umrežavanja i ponašanja masti tijekom konzumacije. Kod mesnih burgera postupno topljenje i redistribucija životinjske masti pridonose homogenijem masnom dojmu i duljoj percepciji okusa, dok diskontinuirana raspodjela biljnih ulja u biljnim burgerima često rezultira kraćom i manje postojanom percepcijom masnoće (Hughes i sur., 2014.; Zhang i sur., 2024.). Važno je naglasiti i da percipirana sočnost nije nužno izravno povezana s apsolutnom količinom izdvojene tekućine tijekom toplinske obrade, nego s načinom oslobađanja vlage tijekom žvakanja, što dodatno objašnjava zašto se fizikalni pokazatelji i senzorska percepcija ne podudaraju uvijek u potpunosti (Zhang i sur., 2024.; De Marchi i sur., 2021.).

Ukupno gledano, rezultati potvrđuju da aktualne formulacije biljnih burgera mogu uspješno imitirati pojedine senzorske karakteristike mesa, ali i dalje ne postižu potpunu senzorsku ekvivalenciju s mesnim proizvodima. Usporedno s literaturom, to podupire stajalište da se biljni burgeri ne trebaju promatrati isključivo kao zamjena za meso, nego i kao zasebna kategorija proizvoda s vlastitim tehnološkim i senzorskim identitetom (Abdullah i sur., 2024.; Ettinger i sur., 2022.; Mercês i sur., 2024.).

Zaključci

Rezultati ovog istraživanja potvrđuju da se u analiziranim komercijalnim uzorcima razlike

između mesnih i biljnih burgera ne mogu objasniti isključivo podrijetlom proteina, već proizlaze iz različite organizacije proteinsko-lipidne matrice i primijenjenih tehnoloških rješenja. Navedene se razlike odražavaju na promjene u proizvodima tijekom toplinske obrade, osobito u pogledu dimenzijske stabilnosti i zadržavanja mase, pri čemu važnu ulogu imaju udio i vrsta masti, struktura proteina te primjena stabilizatora.

Senzorska svojstva dodatno potvrđuju razdvajanje istraživanih proizvoda u dvije prepoznatljive skupine s različitim tehnološkim i organoleptičkim obilježjima. Mesne burgere pritom obilježava izraženiji "mesni" identitet, čvršća i kohezivnija struktura te naglašeniji masni dojam, dok su biljni burgeri karakterizirani specifičnijim biljnim aromatskim profilom i mekšom teksturom. Istodobno, unutar obje skupine uočena je znatna varijabilnost, koja u pojedinim svojstvima doseže razinu razlika između samih skupina, što upućuje na heterogenost komercijalnih formulacija i potrebu za opreznim generaliziranjem zaključaka.

Dobiveni rezultati upućuju na to da se biljni burgeri ne mogu promatrati kao izravna senzorska replika mesnih proizvoda, već kao zasebna kategorija s vlastitim tehnološkim i senzorskim identitetom.

Zahvala

Ovaj rad je izveden iz diplomskog rada Veronike Mihovilić, mag. ing. agr., naziva „Usporedna analiza nutritivnog sastava, fizikalnih svojstava i senzorskog profila mesnih i biljnih burgera“.

Provedba istraživanja potpomognuta je projektom „Centar za sigurnost i kvalitetu hrane“ (KK.01.1.1.02.0004) financiranog iz Europskog fonda za regionalni razvoj.

Literatura

- [1] Abdullah, F. A. A., M. Pospiech, D. Dordevic, E. Kabourkova (2024): Comparison of physical, sensorial, and microstructural properties to assess the similarity between plant- and animal-based meat products. *Appl. Sci.*, 14(24), 11513. doi:10.3390/app142411513
- [2] Al-Marazeeq, K., M. Angor, H. Abu-Tarboush (2009): Evaluation of some chemical properties of different burger formulations. *J. Food Agric. Environ.*, 7(3–4), 50–54.
- [3] Asgar, M. A., A. Fazilah, N. Huda, R. Bhat, A. A. Karim (2010): Nonmeat protein alternatives as meat extenders and meat analogs. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.*, 9(5), 513–529. doi:10.1111/j.1541-4337.2010.00124.x
- [4] Astiasaran, I., Flores, S., Ariz-Hernandez, I., Ansorena, D. (2025): Plant-Based Burgers Commercialized in the Spanish Market: Ingredients and Nutritional Assessment Based on Their Labels. *Foods*, 14, 3286. doi: 10.3390/foods14193286

- [5] Bohrer, B. M. (2019): An investigation of the formulation and nutritional composition of modern meat analogue products. *Food Sci. Hum. Wellness*, 8(4), 320–329. doi: 10.1016/j.fshw.2019.11.006
- [6] Boukid, F., Castellari, M. (2021): Veggie burgers in the EU market: a nutritional challenge? *Eur. Food Res. Technol.*, 247(10), 2445–2453. doi: 10.1007/s00217-021-03808-9
- [7] Davis, S. G., K. M. Harr, S. B. Bigger, D. U. Thomson, M. D. Chao, J. L. Vipham, M. Apley, D. Blasi, S. Ensley, M. Haub, M. Miesner, A. Tarpoff, K. Olson, T. G. O'Quinn (2021): Consumer sensory evaluation of plant-based ground beef alternatives in comparison to ground beef of various fat percentages. *Kansas Agric. Exp. Stn. Res. Rep.*, 7(1). doi:10.4148/2378-5977.8036
- [8] Dekkers, B. L., R. M. Boom, A. J. van der Goot (2018): Structuring processes for meat analogues. *Trends Food Sci. Technol.*, 81, 25–36. doi: 10.1016/j.tifs.2018.08.011
- [9] De Marchi, M., A. Costa, M. Pozza, A. Goi, C. L. Manuelian (2021): Detailed characterization of plant-based burgers. *Sci. Rep.*, 11, 2049. doi:10.1038/s41598-021-81684-9
- [10] Ettinger, L., A. Falkeisen, S. Knowles, M. Gorman, S. Barker, R. Moss, M. B. McSweeney (2022): Consumer perception and acceptability of plant-based alternatives to chicken. *Foods*, 11(15), 2271. doi:10.3390/foods11152271
- [11] Gómez, I., R. Janardhanan, F. C. Ibañez, M. J. Beriain (2020): The effects of processing and preservation technologies on meat quality: sensory and nutritional aspects. *Foods*, 9(10), 1416. doi:10.3390/foods9101416
- [12] Grassi, G., G. Capasso, A. Rando, A. M. Perna (2023): Antioxidant activity of beef, pork and chicken burgers before and after cooking and after in vitro intestinal digestion. *Foods*, 12(22), 4100. doi:10.3390/foods12224100
- [13] Hughes, J. M., S. K. Oiseth, P. P. Purslow, R. D. Warner (2014): A structural approach to understanding the interactions between colour, water-holding capacity and tenderness. *Meat Sci.*, 98(3), 520–532. doi: 10.1016/j.meatsci.2014.05.022
- [14] Hui, Y. H. (2012): Hamburger. In: *Handbook of Meat and Meat Processing*, 2nd ed., CRC Press, Boca Raton, 475–482. doi:10.1201/b11479
- [15] ISO 8589: Sensory Analysis—General Guidance for the Design of Test Rooms; International Organization for Standardization: Geneva, Switzerland, 2007.
- [16] ISO 8586: Sensory Analysis — Selection and Training of Sensory Assessors; International Organization for Standardization: Geneva, Switzerland, 2023.
- [17] Jang, J., Lee, D.-W. (2024): Advancements in plant-based meat analogs enhancing sensory and nutritional attributes. *npj Sci. Food*, 8, 50. doi: 10.1038/s41538-024-00292-9
- [18] Joshi, V. K., S. Kumar (2015): Meat analogues: Plant based alternatives to meat products – A review. *Int. J. Food Ferment. Technol.*, 5(2), 107–119. doi:10.5958/2277-9396.2016.00001.5
- [19] Kozačinski, L., M. Šimpraga, A. Shek Vugrovečki, B. Njari, Ž. Cvrtila (2017): Kvaliteta mesnih pripravaka od janječeg mesa. *Meso*, 19(6), 508–512. doi:10.31727/m.19.6.3
- [20] Kyriakopoulou, K., J. K. Keppler, A. J. van der Goot (2021): Functionality of ingredients and additives in plant-based meat analogues. *Foods*, 10(3), 600. doi:10.3390/foods10030600
- [21] Meilgaard, M. C.; Civille, G.V.; Carr, B.T. *Sensory Evaluation Techniques*, 5th ed.; CRC Press, Taylor & Francis Group: Boca Raton, FL, USA, 2016. doi: 10.1201/b19493
- [22] Mercês, Z. d. C. d., Salvadori, N. M., Evangelista, S. M., Cochlar, T. B., Rios, A. d. O., Oliveira, V. R. d. (2024): Hybrid and plant-based burgers: Trends, challenges, and physicochemical and sensory qualities. *Foods*, 13, 3855. doi: 10.3390/foods13233855
- [23] Michel, F., C. Hartmann, M. Siegrist (2021): Consumers' associations, perceptions and acceptance of meat and plant-based meat alternatives. *Food Qual. Prefer.*, 87, 104063. doi: 10.1016/j.foodqual.2020.104063
- [24] SAS Institute Inc. *SAS Software*, Release 3.82 (Enterprise Edition); SAS Institute Inc.: Cary, NC, SAD, 2013.
- [25] Serdaroğlu, M., Kavuşan, H. S., İpek, G., Öztürk, B. (2018): Evaluation of the Quality of Beef Patties Formulated with Dried Pumpkin Pulp and Seed. *Korean J. Food Sci. Anim. Resour.*, 38(1), 1–13. doi: 10.5851/kosfa.2018.38.1.001
- [26] Szenderák, J., Fróna, D., Rákos, M. (2022): Consumer Acceptance of Plant-Based Meat Substitutes: A Narrative Review. *Foods*, 11(9), 1274. doi: 10.3390/foods11091274
- [27] Silva Barbosa Correia, B., S. D.-H. Nielsen, J. Jorkowski, L. M. A. Jakobsen, C. Zacherl, H. C. S. Bertram (2024): Maillard reaction products and metabolite profile of plant-based meat burgers compared with traditional meat burgers and cooking-induced alterations. *Food Chem.*, 445, 138705. doi: 10.1016/j.foodchem.2024.138705
- [28] Sogari, G., S. Grasso, V. Caputo, M. I. Gómez, C. Mora, J. J. Schouteten (2024): Sensory, emotional, and appropriateness of plant- and meat-based burgers. *J. Food Sci.*, 89(5), 2974–2990. doi:10.1111/1750-3841.17033
- [29] Souppiez, J. B. R. G., B. A. S. Dages, G. S. Pavar, J. Fabian, J. M. Thomas, E. Theodosiou (2025): Mechanical properties and texture profile analysis of beef burgers and plant-based analogues. *J. Food Eng.*, 385, 112259. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2024.112259
- [30] Uredba (EZ) br. 853/2004 Europskog parlamenta i Vijeća od 29. travnja 2004. o utvrđivanju određenih higijenskih pravila za hranu životinjskog podrijetla (2004). *Official Journal L 139*, <http://data.europa.eu/eli/reg/2004/853/oj>.
- [31] Tang, M., Miri, T., Soltani, F., Onyeaka, H., Al-Sharify, Z. T. (2024): Life cycle assessment of plant-based vs beef burgers: A case study in the UK. *Sustainability*, 16(11), 4417. doi: 10.3390/su16114417
- [32] Tornberg, E. (2005): Effects of heat on meat proteins – Implications on structure and quality of meat products. *Meat Sci.*, 70(3), 493–508. doi: 10.1016/j.meatsci.2004.11.021
- [33] Tso, R., C. G. Forde (2021): Unintended consequences: Nutritional impact and potential pitfalls of switching from animal- to plant-based foods. *Nutrients*, 13(8), 2527. doi:10.3390/nu13082527
- [34] Vu, G., H. Zhou, D. J. McClements (2022): Impact of cooking method on properties of beef and plant-based burgers: Appearance, texture, thermal properties, and shrinkage. *J. Agric. Food Res.*, 9, 100355. doi: 10.1016/j.jafr.2022.100355
- [35] Yu, J., Wang, L., Zhang, Z. (2023): Plant-Based Meat Proteins: Processing, Nutrition Composition, and Future Prospects. *Foods*, 12(22), 4180. doi: 10.3390/foods12224180
- [36] Zhang, Y., G. Sala, E. Scholten, M. Stieger (2024): Role of bolus properties in dynamic texture perception of meat analogue and beef patties. *Food Hydrocoll.*, 157, 110450. doi: 10.1016/j.foodhyd.2024.110450

Comparative analysis of the physical and sensory properties of commercial plant-based and meat burgers

Abstract

The aim of the study was to compare the declared nutritional composition, physical properties after thermal processing, and sensory profile of three meat and three plant-based burgers available on the Croatian market. Nutritional data were presented according to the manufacturer's declaration. The energy value of the samples ranged from 196 to 320 kcal/100 g, while the salt content varied from 0.47 to 2.1 g/100 g. Meat burgers contained a higher proportion of saturated fatty acids (4.4-10.3 g/100 g), and plant-based burgers contained more carbohydrates (4.2-6.9 g/100 g). During thermal processing, a more pronounced decrease in surface area in meat burgers (up to 25.3%) and thickness (up to 19.5%) was determined compared with plant-based burgers (11.7-14.6% surface area; 4.1-7.7% thickness) ($p < 0.05$). Cooking loss averaged 22.63% in meat burgers and 24.32% in plant-based burgers, with differences among individual samples within the groups also being significant ($p < 0.05$). One meat sample was particularly notable with only 7.3% weight loss, which significantly differed from the others ($p < 0.05$). The share of released fluid in the weight loss ranged from 9.62% to 50.16%, with statistically significant differences between and within the burger groups ($p < 0.05$). Sensory analysis using the quantitative descriptive method determined significant differences between burger groups in hardness, elasticity, cohesiveness, intensity of meat and plant flavour, and fatty impression ($p < 0.05$). Meat burgers were characterised by higher hardness values and meat flavour, while plant-based products had a more pronounced plant flavour and a softer structure ($p < 0.05$). Within plant-based burgers, particularly high variability was recorded in graininess, juiciness, and burnt notes ($p < 0.05$), while differences in juiciness and saltiness also existed among meat samples ($p < 0.05$). Within both burger groups, differences among individual products were observed, indicating heterogeneity of commercial formulations. The obtained results indicate that meat and plant-based burgers differ in key physical and sensory properties, with part of the variability arising from differences among individual products.

Keywords: burgers, plant-based alternatives, nutritional composition, thermal processing, sensory analysis

Vergleichende Analyse der physikalischen und sensorischen Eigenschaften von handelsüblichen pflanzlichen Burgern und Fleischburgern

Zusammenfassung

Ziel der Studie war es, die angegebene Nährstoffzusammensetzung, die physikalischen Eigenschaften nach der thermischen Verarbeitung und das sensorische Profil von drei Fleisch- und drei pflanzlichen Burgern zu vergleichen, die auf dem kroatischen Markt erhältlich sind. Die Nährwertangaben wurden gemäß den Angaben des Herstellers dargestellt. Der Energiewert der Proben lag zwischen 196 und 320 kcal/100 g, während der Salzgehalt zwischen 0,47 und 2,1 g/100 g variierte. Fleischburger enthielten einen höheren Anteil an gesättigten Fettsäuren (4,4–10,3 g/100 g), während pflanzliche Burger mehr Kohlenhydrate (4,2–6,9 g/100 g) enthielten. Während der thermischen Verarbeitung wurde bei Fleischburgern ein stärkerer Rückgang der Oberfläche (bis zu 25,3 %) und der Dicke (bis zu 19,5 %) festgestellt als bei pflanzlichen Burgern (11,7–14,6 % Oberfläche; 4,1–7,7 % Dicke) ($p < 0,05$). Der Verlust durch die thermische Verarbeitung betrug durchschnittlich 22,63 % bei Fleischburgern und 24,32 % bei pflanzlichen Burgern, wobei auch die Unterschiede zwischen den einzelnen Proben innerhalb der Gruppen signifikant waren ($p < 0,05$). Eine Fleischprobe war mit ei-

nem Gewichtsverlust von nur 7,3 % besonders auffällig und unterschied sich signifikant von den anderen ($p < 0,05$). Der Anteil der freigesetzten Flüssigkeit am Gewichtsverlust lag zwischen 9,62 % und 50,16 %, wobei statistisch signifikante Unterschiede zwischen und innerhalb der Burgergruppen festgestellt wurden ($p < 0,05$). Die sensorische Analyse unter Verwendung der quantitativen deskriptiven Methode ergab signifikante Unterschiede zwischen den Burgergruppen hinsichtlich Härte, Elastizität, Kohäsivität, Intensität des Fleisch- und Pflanzenaromas sowie des Fettgehalts ($p < 0,05$). Fleischburger zeichneten sich durch höhere Härtewerte und einen stärkeren Fleischgeschmack aus, während pflanzliche Produkte einen ausgeprägteren Pflanzen-Geschmack und eine weichere Struktur aufwiesen ($p < 0,05$). Innerhalb der pflanzlichen Burger wurde eine besonders hohe Variabilität in Bezug auf Körnigkeit, Saftigkeit und Röstnoten festgestellt ($p < 0,05$), während auch zwischen den Fleischproben Unterschiede in Bezug auf Saftigkeit und Salzgehalt bestanden ($p < 0,05$). In beiden Burgergruppen wurden Unterschiede zwischen den einzelnen Produkten festgestellt, was auf eine Heterogenität der kommerziellen Rezepturen hindeutet. Die erzielten Ergebnisse zeigen, dass sich Fleischburger und pflanzliche Burger in wichtigen physikalischen und sensorischen Eigenschaften unterscheiden, wobei ein Teil der Variabilität auf Unterschiede zwischen den einzelnen Produkten zurückzuführen ist.

Schlüsselwörter: Burger, pflanzliche Alternativen, Nährstoffzusammensetzung, thermische Verarbeitung, sensorische Analyse

Análisis comparativo de las propiedades físicas y sensoriales de hamburguesas comerciales de carne y de origen vegetal

Resumen

El objetivo del estudio fue comparar la composición nutricional declarada, las propiedades físicas tras el tratamiento térmico y el perfil sensorial de tres hamburguesas de carne y tres hamburguesas de origen vegetal disponibles en el mercado croata. Los datos nutricionales se presentaron de acuerdo con la declaración del fabricante. El valor energético de las muestras osciló entre 196 y 320 kcal/100 g, mientras que el contenido de sal varió entre 0,47 y 2,1 g/100 g. Las hamburguesas de carne presentaron una mayor proporción de ácidos grasos saturados (4,4–10,3 g/100 g), mientras que las hamburguesas de origen vegetal contenían más hidratos de carbono (4,2–6,9 g/100 g). Durante el tratamiento térmico se determinó una disminución más pronunciada de la superficie en las hamburguesas de carne (hasta un 25,3 %) y del espesor (hasta un 19,5 %) en comparación con las hamburguesas de origen vegetal (11,7–14,6 % de superficie; 4,1–7,7 % de espesor) ($p < 0,05$). La pérdida por tratamiento térmico fue, en promedio, del 22,63 % en las hamburguesas de carne y del 24,32 % en las hamburguesas de origen vegetal, siendo también significativas las diferencias entre las muestras individuales dentro de cada grupo ($p < 0,05$). Una muestra de carne destacó particularmente con una pérdida de peso de solo el 7,3 %, lo que difirió significativamente de las demás ($p < 0,05$). La proporción de líquido liberado dentro de la pérdida de peso osciló entre el 9,62 % y el 50,16 %, con diferencias estadísticamente significativas tanto entre los grupos de hamburguesas como dentro de ellos ($p < 0,05$). El análisis sensorial mediante el método descriptivo cuantitativo determinó diferencias significativas entre los grupos de hamburguesas en la dureza, elasticidad, cohesividad, intensidad del sabor cárnico y vegetal, y la sensación grasa ($p < 0,05$). Las hamburguesas de carne se caracterizaron por valores más elevados de dureza y por un sabor cárnico más intenso, mientras que los productos de origen vegetal presentaron un sabor vegetal más pronunciado y una estructura más blanda ($p < 0,05$). Dentro de las hamburguesas de origen vegetal se registró una variabilidad particularmente alta en la granulosis, jugosidad y notas a quemado ($p < 0,05$), mientras que entre las muestras de carne también se observaron diferencias en jugosidad y salinidad ($p < 0,05$). En ambos grupos de hamburguesas se observaron diferencias entre productos individuales, lo que indica la heterogeneidad de las formulaciones comerciales. Los resultados obtenidos indican

que las hamburguesas de carne y las de origen vegetal difieren en propiedades físicas y sensoriales clave, y que parte de la variabilidad se debe a diferencias entre productos individuales.

Palabras claves: hamburguesas, alternativas vegetales, composición nutricional, tratamiento térmico, análisis sensorial

Analisi comparativa delle proprietà fisiche e sensoriali dei burger vegetali e di carne commerciali

Riassunto

L'obiettivo del lavoro è stato confrontare la composizione nutrizionale dichiarata, le proprietà fisiche dopo il trattamento termico e il profilo sensoriale di tre burger di carne e tre burger vegetali disponibili sul mercato croato. I dati nutrizionali sono stati presentati secondo le dichiarazioni dei produttori. Il valore energetico dei campioni variava da 196 a 320 kcal/100 g, mentre il contenuto di sale oscillava tra 0,47 e 2,1 g/100 g. I burger di carne contenevano una quota maggiore di acidi grassi saturi (4,4–10,3 g/100 g), mentre quelli vegetali presentavano un contenuto più elevato di carboidrati (4,2–6,9 g/100 g). Durante il trattamento termico è stata osservata una riduzione più marcata della superficie nei burger di carne (fino al 25,3%) e dello spessore (fino al 19,5%) rispetto ai burger vegetali (11,7–14,6% della superficie; 4,1–7,7% dello spessore) ($p < 0,05$). La perdita di massa dovuta alla cottura è stata in media del 22,63% nei burger di carne e del 24,32% in quelli vegetali, con differenze significative anche tra i singoli campioni all'interno dei gruppi ($p < 0,05$). In particolare, un campione di burger di carne si distingueva per una perdita di massa di appena il 7,3%, significativamente diversa dagli altri ($p < 0,05$). La quota di liquido separato nella perdita di massa variava dal 9,62% al 50,16%, con differenze statisticamente significative sia tra i gruppi sia all'interno degli stessi ($p < 0,05$). L'analisi sensoriale, condotta mediante metodo descrittivo-quantitativo, ha evidenziato differenze significative tra i gruppi di burger per quanto riguarda durezza, elasticità, coesività, intensità del gusto di carne e vegetale e percezione di grassezza ($p < 0,05$). I burger di carne erano caratterizzati da valori più elevati di durezza e intensità del gusto di carne, mentre i prodotti vegetali presentavano un gusto vegetale più pronunciato e una struttura più morbida ($p < 0,05$). Tra i burger vegetali è stata osservata una variabilità particolarmente elevata nella granulosità, succosità e nelle note di bruciato ($p < 0,05$), mentre tra i campioni di carne sono emerse differenze anche nella succosità e nella sapidità ($p < 0,05$). In entrambi i gruppi di burger sono state osservate differenze tra i singoli prodotti, indicando un'elevata eterogeneità delle formulazioni commerciali. I risultati ottenuti indicano che i burger di carne e quelli vegetali differiscono in diverse proprietà fisiche e sensoriali chiave, e che parte della variabilità deriva dalle differenze tra i singoli prodotti.

Parole chiave: burger, alternative vegetali, composizione nutrizionale, trattamento termico, analisi sensoriale.

**12.DANI HRVATSKOG PRŠUTA
DUBROVNIK - 24. i 25.travnja 2026**