

Karakteristike mesa i Baranjskog kulena iz različitih lanaca proizvodnje svinja

Goran Kušec^{1*}, Ivona Djurkin Kušec¹, Kristina Gvozdanović¹, Vladimir Margeta¹, Žarko Radišić¹, Miodrag Komlenić², Marina Krvavica³

Sažetak

Cilj ovog istraživanja bio je utvrditi utjecaj triju različitih lanaca proizvodnje svinja na sastav trupa, kakvoću mesa te fizikalno-kemijska, kolorimetrijska i teksturalna svojstva Baranjskog kulena. Istraženi su sljedeći proizvodni lanci: PC1 (Crna slavonska svinja, ekstenzivni uzgoj), PC2 (križanci Durok × Large White, uzgoj na dubokoj stelji) i PC3 (moderni komercijalni hibridi, intenzivni uzgoj). PC1 svinje imale su veći udio masnog tkiva u butu, plečki i leđima, dok su PC3 svinje pokazale veći udio mišićnog tkiva i niži ukupni udio masti ($p < 0,05$). PC3 meso imalo je najviši udio bjelančevina, dok je PC1 imalo značajno viši udio masti i kolagena. U kakvoći mesa utvrđene su značajne razlike u parametrima boje i sposobnosti zadržavanja vode. Meso PC1 skupine bilo je tamnije (niže L^*) te imalo više vrijednosti a^* i b^* u odnosu na PC2 i PC3 ($p < 0,05$). Također je zabilježen niži gubitak mesnog soka i niži kalo kuhanja kod PC1, dok razlike u pH_{24} i Warner–Bratzler sili smicanja nisu bile značajne. Kulen iz PC2 i PC3 lanaca sadržavao je više bjelančevina i manje masti u odnosu na PC1, dok se udio vlage i pepela, tehnološki kalo, pH vrijednost i aktivnost vode nisu značajno razlikovali između proizvodnih lanaca. Parametri boje kulena također su se značajno razlikovali ($p < 0,05$), pri čemu je PC3 kulen imao najviše vrijednosti svih kolorimetrijskih pokazatelja, dok je PC1 pokazivao najniže vrijednosti. Analiza teksturalnog profila pokazala je značajne razlike u tvrdoći, kohezivnosti, gumovitosti i otpora žvakanju ($p < 0,05$), dok razlike u elastičnosti nisu bile značajne.

Rezultati potvrđuju da izbor lanca proizvodnje značajno utječe na tehnološki i nutritivni profil Baranjskog kulena te omogućuje diferencijaciju proizvoda ovisno o proizvodnim i tržišnim ciljevima, što proizvođačima omogućuje optimiranje odnosa između kvalitete proizvoda i ekonomske rentabilnosti.

Ključne riječi: Baranjski kulen, Crna slavonska svinja, lanac proizvodnje, kakvoća mesa, teksturalna svojstva

Uvod

Tradicionalni fermentirani mesni proizvodi predstavljaju važan segment europske gastronomske i kulturne baštine, pri čemu njihova kakvoća i

autentičnost uvelike ovise o svojstvima sirovine (Bonneau i Lebret, 2010.; Čandek-Potokar i sur., 2019.). U uvjetima globalizacije i standardizacije

¹ dr.sc. Goran Kušec, redoviti profesor u trajnom zvanju; dr.sc. Ivona Djurkin Kušec, redovita profesorica; dr.sc. Kristina Gvozdanović, docentica; dr.sc. Vladimir Margeta, redovni profesor; Žarko Radišić, dipl. ing.; Sveučilište Josip Juraj Strossmayer u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek, Vladimira Preloga 1, 31 000 Osijek

² dr.sc. Miodrag Komlenić, Belje Plus, d.o.o., Svetog Ivana Krstitelja 1a, 31326 Darda

³ dr.sc. Marina Krvavica, prof. struč. stud. u trajnom zvanju, Veleučilište „Marko Marulić“, Petra Krešimira IV 30, 22300 Knin

*autor za korespondenciju: gkusec@fazos.hr

produktivne hrane, očuvanje tradicionalnih proizvoda sa sustavima zaštite kvalitete dobiva dodatni značaj, kako u kontekstu tržišne diferencijacije, tako i u pogledu održivosti lokalnih proizvodnih sustava (Lebret i Čandek-Potokar, 2020.).

Baranjski kulen, proizvod sa zaštićenom oznakom zemljopisnog podrijetla (ZOZP), predstavlja jedan od najvrjednijih primjera tradicionalne proizvodnje fermentiranih kobasica u Hrvatskoj (Specifikacija proizvoda "Baranjski kulen", 2014.). Karakterizira ga tamnocrvena boja, izražen miris i okus fermentiranog mesa začinenog paprikom i češnjakom te čvrsta, ali ne kruta tekstura, koja omogućava pravilno i ujednačeno rezanje. Njegov tehnološki i senzorski profil rezultat je interakcije sirovine, tradicionalnog tehnološkog postupka i specifičnih okolišnih uvjeta područja Baranje.

Specifikacija proizvoda, uz definiranje zemljopisnog područja i tehnološkog postupka, propisuje osnovne zahtjeve u pogledu sirovine i kakvoće konačnog proizvoda, ali istodobno dopušta određenu fleksibilnost u izboru pasmine i sustava uzgoja svinja. U fermentiranim kobasicama, kada je tehnološki postupak relativno standardiziran, upravo svojstva sirovine postaju ključan čimbenik diferencijacije kakvoće proizvoda. Tijekom fermentacije i zrenja odvija se niz biokemijskih promjena, uključujući proteolizu i lipolizu, koje su uvelike određene početnim sastavom mesa i masnog tkiva te utječu na razvoj teksture i arome proizvoda (Toldrá i Flores, 2007.; Toldrá i Hui, 2021.). Pasma, sustav uzgoja, hranidba i dob pri klanju izravno utječu na sastav trupa, omjer mišićnog i masnog tkiva, sadržaj intramuskularne masti, pigmentaciju mišića i sposobnost zadržavanja vode, a time i na fizikalno-kemijska, kolorimetrijska i teksturalna svojstva konačnog proizvoda (Lebret, 2008.; Pugliese i Sirtori, 2012.; Čandek-Potokar i sur., 2020.).

Intenzivni sustavi uzgoja, dominantni u suvremenoj proizvodnji svinjskog mesa, usmjereni su na brzi rast i visoku učinkovitost konverzije hrane, što rezultira većim udjelom mišićnog tkiva i ekonomskom isplativošću. Međutim, takvi sustavi često su povezani s nižim udjelom intramuskularne masti i svjetlijom bojom mesa (Olsson i Pickova, 2005.; Lebret i sur., 2015.). Nasuprot tome, ekstenzivni i alternativni sustavi uzgoja, uključujući produljeni tov i slobodno držanje, mogu rezultirati većim udjelom intramuskularne masti, višom koncentracijom heme pigmenta i specifičnim

profilom masnih kiselina, što pridonosi intenzivnijoj boji i izraženijem senzorskom profilu proizvoda (Čandek-Potokar i sur., 2019.; Lebret i Čandek-Potokar, 2020.). Crna slavonska svinja, kao autohtona pasmina, karakterizira se višim udjelom intramuskularne masti i izraženijom pigmentacijom mišićnog tkiva, što je čini potencijalno pogodnom sirovinom za proizvodnju tradicionalnih fermentiranih proizvoda. Kušec i sur. (2022) navode da meso crne slavonske svinje može sadržavati preko 5% intramuskularne masti, što je znatno više u odnosu na komercijalne hibride (1,60 %). U europskom kontekstu opisano je više od 80 sustava proizvodnje svinjskog mesa koji se razlikuju s obzirom na genotip, sustav držanja i strategiju hranidbe (Bonneau i Lebret, 2010.). U slučaju Baranjskog kulena mogu se prepoznati tri relevantna lanca proizvodnje sirovine: (1) autohtona Crna slavonska svinja uzgajana u ekstenzivnim uvjetima, (2) križanci na bazi Duroka uzgojeni u produženom tovu te (3) moderni komercijalni hibridi uzgajani u intenzivnim uvjetima. Iako brojna istraživanja upućuju na razlike u kakvoći mesa između alternativnih i intenzivnih sustava uzgoja, sveobuhvatne komparativne analize koje istodobno obuhvaćaju sastav trupa, kakvoću mesa i svojstva fermentiranih proizvoda još su uvijek ograničene.

Unatoč jasnoj važnosti izbora sirovine za kakvoću tradicionalnih fermentiranih proizvoda, sustavna istraživanja koja integrirano uspoređuju utjecaj različitih proizvodnih lanaca na svojstva Baranjskog kulena su rijetka. Većina dostupnih radova usredotočeno je na pojedinačne aspekte kakvoće ili na usporedbu dvaju alternativnih sustava proizvodnje, dok integrirani pristup koji povezuje sastav trupa, kakvoću mesa i karakteristike konačnog proizvoda za tri relevantne proizvodne alternative nedostaje.

Stoga je cilj ovog istraživanja bio sveobuhvatno analizirati utjecaj triju različitih lanaca proizvodnje svinja na sastav trupa, kakvoću mesa te fizikalno-kemijska, kolorimetrijska i teksturalna svojstva Baranjskog kulena, uz razmatranje njihovih tehnoloških i tržišnih implikacija.

Materijali i metode

Eksperimentalni plan i lanci proizvodnje svinja

Istraživanje je provedeno kao komparativna studija koja je obuhvatila tri lanca svinjogojске

produkcije relevantna za proizvodnju Baranjskog kulena. U svakom lancu odabrano je 16 životinja (8 nazimica i 8 kastrata), koje su u pokus uključene nakon odbića ($n = 48$). Prvi lanac (PC1) obuhvaćao je tovljenike Crne slavonske svinje uzgajane u ekstenzivnom sustavu na pašnjaku do približne dobi od 18 mjeseci i prosječne žive mase od 135 kg. U drugi proizvodni lanac (PC2) bile su uključene svinje iz hrvatskog uzgojnog programa (Durok x Veliki jorkšir) uzgojene na dubokoj stelji do prosječne mase od 180 kg, odnosno dobi od 12 mjeseci. Treći lanac (PC3) činili su moderni komercijalni hibridi, uzgajani tijekom 6 mjeseci u intenzivnom proizvodnom sustavu do prosječne žive mase od 160 kg. Nakon dostizanja svojih završnih masa, svinje iz istraživanih lanaca proizvodnje prevezene su u lokalnu klaonicu, gdje su usmrćene nakon omamljivanja ugljikovim dioksidom (CO_2) i klaonički obrađene, sve u skladu s važećim propisima i zakonskom regulativom.

Analiza sastava trupa

U skladu sa specifikacijom proizvoda „Baranjski kulen“, za proizvodnju su korišteni but, leđa (slabinski dio) i plečka. Nakon hlađenja trupova (24 sata pri temperaturi 2 do 4 °C), navedeni anatomske dijelovi izdvojeni su iz obje polovice uporabom manualne EU referentne metode parcijalne disekcije (Walstra i Merkus, 1996.). Izdvojeni dijelovi potom su disecirani na mišićno, masno i koštano tkivo. Mase pojedinih tkiva određene su vaganjem, a rezultati su izraženi u apsolutnim vrijednostima (kg) i kao relativni udio (%) u masi pripadajućeg anatomske dijela. Relativni udjeli pojedinih anatomske dijelova izraženi su u odnosu na masu primarno obrađenog trupova, a udjeli pojedinih tkiva u odnosu na pripadajući anatomske dio. Naposljetku, mišićno tkivo buta, leđa i plečke korišteni su kao sirovina za proizvodnju Baranjskog kulena unutar pripadajućeg proizvodnog lanca.

Svojstva kakvoće mesa

Završna pH vrijednost (pH_{24}) izmjerena je 24 sata *post mortem* pomoću digitalnog pH-metra HI 99613 (Hanna Instruments, SAD) ubodom kombinirane elektrode u mišić *longissimus thoracis* (LT). Sposobnost zadržavanja vode određena je EZ-drip metodom prema Christensenu (2003). Nakon 24 sata hlađenja trupova iz mišića LT izrezani su cilindrični uzorci promjera 25 mm i debljine 2,54 cm. Uzorci su izvagani i postavljeni u standardizirane

EZ-drip spremnike te pohranjeni pri 4 °C tijekom 24 sata, nakon čega su ponovno izvagani. Sposobnost zadržavanja vode izražena je kao postotak gubitka mase u odnosu na početnu masu uzorka.

Parametri boje mesa CIE L^* , a^* i b^* (Commission Internationale de l'Eclairage, 1972) određeni su na svježem presjeku mišića LT pomoću kolorimetra Minolta CR-400 (Minolta Camera Co. Ltd., Osaka, Japan), kalibriranog na bijelu referentnu pločicu ($Y = 84,9$; $x = 0,84$; $y = 0,3381$). Mjerenja su provedena uz osvjetljenje D65 i standardno opažanje 2°, pri promjeru optičke leće od 8 mm. Zasićenost boje (C^*) izračunata je kao $\sqrt{(a^2 + b^2)}$ (American Meat Science Association, 2012), dok je kut nijanse (h°) izražen kao $\arctan(b^*/a^*) \times (180/\pi)$.

Nježnost mesa određena je Warner–Bratzler metodom. Uzorci mišića LT debljine 2,54 cm izrezani su 24 sata *post mortem*, vakuumirani i zamrznuti pri -20 °C do analize. Prije mjerenja uzorci su odmrznuti tijekom 24 sata pri 4 °C te termički obrađeni u vakuumskim vrećicama u vodenoj kupelji pri 80 °C tijekom 55 minuta. Nakon toplinske obrade uzorci su hlađeni 24 sata pri 4 °C. Iz svakog uzorka izrezano je šest poduzoraka paralelno s orijentacijom mišićnih vlakana. Otpornost na presijecanje određena je Warner–Bratzler nožem pričvršćenim na teksturometar TA.XTplus (Stable Micro Systems, Ujedinjeno Kraljevstvo). Maksimalna sila smicanja izražena je u Newtonima (N), a za svaki uzorak izračunata je srednja vrijednost šest mjerenja. Kalo kuhanja izračunat je kao postotak gubitka mase uzorka prije i nakon toplinske obrade. Sadržaj vode, intramuskularne masti, bjelančevina i kolagena u mišiću LT određen je NIR spektroskopijom prema AOAC (2007) uporabom uređaja FoodScan™ Meat Analyzer (Foss, Danska).

Proizvodnja Baranjskog kulena

Baranjski kulen proizveden je u skladu s važećom specifikacijom proizvoda zaštićene oznake zemljopisnog podrijetla (ZOZP) (Udruga proizvođača kulena „Baranjski kulen“, 2014.).

Meso je prije prerade očišćeno od vidljivog vezivnog i suvišnog masnog tkiva. Receptura je obuhvaćala 90 % mišićnog tkiva i 10 % tvrdog masnog tkiva (leđna slanina). Meso i masno tkivo usitnjeni su i homogeno izmiješani uz dodatak kuhinjske soli, mljevene crvene paprike i češnjaka, pri čemu smjesa sadrži približno 90 % mišićnog tkiva i 10 % masnog tkiva, u skladu sa specifikacijom proizvoda „Baranjski kulen“ (ZOZP). Pripre-

mljena smjesa punjena je u svinjsko slijepo crijevo (*caecum*; trad. „katica”), nakon čega su proizvodi podvrgnuti postupku cijedenja, dimljenja hladnim dimom te sušenja i zrenja u kontroliranim uvjetima. Fermentacija uz dimljenje provodila se pri temperaturi od 5 do 24 °C i relativnoj vlazi zraka od 75 do 92 % tijekom najmanje 7 dana, nakon čega je slijedilo sušenje i zrenje pri temperaturi od 10 do 15 °C i relativnoj vlazi od 60 do 85 % u trajanju od najmanje tri mjeseca. Proces zrenja odvijao se do postizanja karakterističnih fizikalno-kemijskih i senzorskih svojstava Baranjskog kulena. Završetak zrenja određen je postizanjem gubitka mase (kalo) od približno 30 do 40 %, smanjenjem aktivnosti vode na vrijednosti $\leq 0,90$ te stabilizacijom pH vrijednosti u rasponu od približno 5,0 do 5,5. Sve serije proizvedene su u istim tehnološkim uvjetima kako bi se utjecaj proizvodnog lanca na svojstva konačnog proizvoda mogao objektivno procijeniti.

Fizikalno-kemijska analiza Baranjskog kulena

Nakon završetka procesa sušenja i zrenja, proizvodi su analizirani na fizikalno-kemijska i instrumentalna svojstva. Prije analiza uklonjena je prirodna ovojnica (svinjsko slijepo crijevo), a uzorci su uzeti iz središnjeg dijela presjeka proizvoda kako bi se izbjegao periferni dio pod većim utjecajem sušenja. Uzorci su homogenizirani neposredno prije provedbe analiza.

Kemijski sastav proizvoda određen je primjenom standardiziranih metoda prema AOAC smjernicama (AOAC, 2007.). Udio vlage utvrđen je sušenjem homogeniziranog uzorka pri 103 °C do postizanja konstantne mase. Sadržaj sirovih bjelančevina određen je Kjeldahl metodom, mjerenjem ukupnog dušika uz primjenu odgovarajućeg konverzijskog faktora za prerađevine od mesa. Udio ukupne masti određen je ekstrakcijom organskim otapalom primjenom Soxhlet postupka, dok je sadržaj pepela utvrđen mineralizacijom uzorka u mufolnoj peći pri 550 °C do konstantne mase. Svi rezultati izraženi su kao postotni udio (%) u svježoj tvari proizvoda.

Tehnološki kalo određen je kao postotak gubitka mase tijekom procesa sušenja i zrenja. Izračunat je na temelju razlike između mase proizvoda neposredno nakon punjenja i mase gotovog proizvoda po završetku zrenja, u odnosu na početnu masu, te izražen u postotcima. pH vrijednost određena je pomoću digitalnog pH-metra HI 99613 (Hanna Instruments, SAD) s kombiniranom

elektrodom, ubodom u homogenizirani uzorak proizvoda. Aktivnost vode (a_w) određena je uređajem Rotronic HygroLab (Rotronic AG, Švicarska), pri kontroliranoj temperaturi, u skladu s uputama proizvođača. Prije mjerenja uređaj je kalibriran standardnim referentnim otopinama. Parametri boje (CIE L^* , a^* i b^*) određeni su na svježem presjeku proizvoda pomoću kolorimetra Minolta CR-400 (Minolta Camera Co. Ltd., Osaka, Japan), uz osvjetljenje D65 i standardno opažanje 2°. Zasićenost boje (C^*) izračunata je kao $\sqrt{(a^2 + b^2)}$, a kut nijanse (h°) kao $\arctan(b^*/a^*) \times (180/\pi)$. Teksturalna svojstva proizvoda određena su metodom analize teksturalnog profila (Texture Profile Analysis, TPA) uporabom uređaja TA.XTplus Texture Analyzer (Stable Micro Systems, Ujedinjeno Kraljevstvo). Iz svake šarže analizirano je pet kulena, a iz svakog proizvoda izdvojeno je šest poduzoraka (tri iz unutarnjeg i tri iz perifernog dijela presjeka). Poduzorci su izrezani u obliku kocke dimenzija 10 × 10 × 10 mm. Analiza je provedena dvostrukom kompresijom uz primjenu cilindrične sonde promjera 25 mm (P/25). Brzina pomaka sonde iznosila je 3 mm/s (pred-test), 1 mm/s (test) i 3 mm/s (post-test). Stupanj kompresije bio je podešen na 50 % početne visine uzorka. Iz dobivenih krivulja sila–vrijeme izračunati su sljedeći parametri: tvrdoća, elastičnost, kohezivnost, gumovitost (ljepljivost) i otpor žvakanju. Obrada podataka provedena je programskim paketom Texture Exponent 4.0 (Stable Micro Systems, Ujedinjeno Kraljevstvo).

Statistička analiza

Podaci su analizirani uporabom softvera TIBCO Statistica® inačice 13.0 (TIBCO Software Inc., Palo Alto, CA, SAD). Razlike između proizvodnih lanaca analizirane su jednosmjernom analizom varijance (ANOVA), pri čemu je proizvodni lanac bio fiksni faktor. U slučaju značajnosti primijenjen je Tukey HSD post-hoc test. Rezultati su prikazani kao srednje vrijednosti \pm standardna devijacija, a razlike su smatrane statistički značajnima pri $p < 0,05$. Za vizualnu usporedbu odabranih kemijskih (proteini, masti, vlaga) i teksturalnih parametara (tvrdoća i kohezivnost) Baranjskog kulena proizvedenog u različitim proizvodnim lancima izrađen je radar dijagram na temelju prosječnih vrijednosti. Prije izrade dijagrama vrijednosti varijabli normalizirane su na raspon 0–1 kako bi se omogućila usporedba parametara različitih mjernih jedinica.

Rezultati i rasprava

Sastav trupa

Analiza izabranih pokazatelja kakvoće svinjskih trupova pokazala je značajne razlike između proizvodnih lanaca u većini istraživanih svojstava kao što je prikazano Tablicom 1. Masa primarno obrađenog trupa bila je najveća u skupini PC2 ($154,10 \pm 8,49$), koja se zasniva na križancima s Durokom kao terminalnim nerastom. Slijede trupovi iz lanca PC1 (Crna slavonska) ($137,38 \pm 6,99$), dok je najniža bila u komercijalnih hibrida iz skupine PC3 ($127,79 \pm 5,30$); sve su razlike bile statistički značajne ($p < 0,001$). Glede svojstava butova, tovljenici iz skupina PC2 i PC3, koji se nisu međusobno razlikovali, imali su veću masu u odnosu na svinje skupine PC1 ($p < 0,001$). Međutim, udio buta (but %) bio je značajno veći u skupini PC3 ($26,36 \pm 1,11$) u odnosu na PC1 i PC2 (koji se međusobno nisu razlikovali), što upućuje na veći relativni udio buta kod PC3 svinja ($p < 0,001$). Rasijecanjem butova na najvažnija tkiva (mišićno i masno) utvrđeno je da su svinje skupina PC2 i PC3 imale značajno veću masu mišićnog tkiva u odnosu na svinje iz PC1 ($p <$

$0,001$). S druge strane, udio mišićnog tkiva buta bio je najveći u svinja skupine PC3 ($74,11 \pm 2,59$), slijede svinje skupine PC2 ($69,53 \pm 4,33$), dok su skupinu PC1 obilježile najniže vrijednosti ovog pokazatelja ($42,75 \pm 2,43$). Razlike između svih spomenutih skupina, odnosno proizvodnih lanaca, bile su statistički značajne ($p < 0,001$). Suprotno tome, masa i udio masnog dijela buta (but-f-kg i but-f %) bili su najveći u svinja skupine PC1, a najmanji u PC3, ponovo uz statistički značajne razlike između svih skupina ($p < 0,001$).

Ukupna masa plečke (kg) nije se razlikovala među svinjskim polovicama iz istraživanih lanca proizvodnje ($p = 0,957$). Ipak, udio plečke (%) bio je najveći u svinja PC3 skupine, slijede svinje iz skupine PC1, a najmanji je bio zabilježen u skupini PC2, pri čemu su sve skupine bile međusobno značajno različite ($p < 0,001$). Masa mišićnog tkiva plečke (kg) bila je veća u skupini PC2 i PC3 u odnosu na PC1 ($p < 0,001$), dok između skupina PC2 i PC3 ta razlika nije bila statistički značajna. Slično tomu, udio mišićnog tkiva plečke (%) nije se razlikovao između PC2 i PC3 svinja, ali je u obje skupine bio značajno veći u odnosu PC1 ($p < 0,001$). Masno tkivo plečke izraženo u apsolutnim (kg) i relativnim (%) vrijednosti-

Tablica 1. Sastav trupa svinja iz različitih lanaca proizvodnje

Table 1 Composition of pig carcasses from different production chains

Parametar	PC1	PC2	PC3
Masa trupa, kg / Carcass weight	137.38 ± 6.99^b	154.10 ± 8.49^a	127.79 ± 5.30^c
Masa buta, kg / Ham weight	31.54 ± 2.02^b	34.95 ± 2.34^a	33.66 ± 1.49^a
Udio buta, % / Ham proportion	22.98 ± 1.50^b	22.68 ± 0.92^b	26.36 ± 1.11^a
Mišićno tkivo buta, kg / Ham muscle tissue	13.46 ± 0.75^b	24.26 ± 1.76^a	24.95 ± 1.54^a
Mišićno tkivo buta, % / Ham muscle tissue	42.75 ± 2.43^c	69.53 ± 4.33^b	74.11 ± 2.59^a
Masno tkivo buta, kg / Ham fat tissue	15.41 ± 1.54^a	7.92 ± 1.69^b	5.98 ± 0.95^c
Masno tkivo buta, % / Ham fat tissue	48.77 ± 2.59^a	22.57 ± 4.13^b	17.80 ± 2.90^c
Masa plečke, kg / Shoulder weight	20.63 ± 1.92	20.52 ± 1.61	20.70 ± 0.98
Udio plečke, % / Shoulder proportion	15.04 ± 1.52^b	13.33 ± 0.89^c	16.21 ± 0.78^a
Mišićno tkivo plečke, kg / Shoulder muscle tissue	9.33 ± 1.82^b	13.85 ± 1.34^a	14.52 ± 0.73^a
Mišićno tkivo plečke, % / Shoulder muscle tissue	44.93 ± 4.97^b	67.57 ± 4.98^a	70.19 ± 2.12^a
Masno tkivo plečke, kg / Shoulder fat tissue	9.51 ± 0.86^a	4.86 ± 1.16^b	3.49 ± 0.28^c
Masno tkivo plečke, % / Shoulder fat tissue	46.36 ± 4.90^a	23.61 ± 5.01^b	16.89 ± 1.51^c
Masa leđa, kg / Loin weight	25.80 ± 2.02^a	22.21 ± 1.68^b	21.74 ± 1.63^b
Udio leđa, % / Loin proportion	18.79 ± 1.31^a	14.42 ± 0.84^c	17.03 ± 1.30^b
Mišićno tkivo leđa, kg / Loin muscle tissue	6.56 ± 0.94^c	11.09 ± 1.34^b	12.45 ± 1.18^a
Mišićno tkivo leđa, % / Loin muscle tissue	25.42 ± 2.91^c	50.07 ± 5.78^b	57.27 ± 3.40^a
Masno tkivo leđa, kg / Loin fat tissue	16.97 ± 1.64^a	6.75 ± 1.34^b	5.99 ± 0.89^b
Masno tkivo leđa, % / Loin fat tissue	65.76 ± 3.07^a	30.25 ± 4.51^b	27.52 ± 3.00^b

Različita slova unutar istog reda označavaju statistički značajne razlike (Tukey HSD test, $p < 0,05$)

Different letters within the same row indicate statistically significant differences (Tukey HSD test, $p < 0,05$)

ma bilo je najveće u skupini PC1, a najmanji u PC3, a razlike su bile značajne između svih skupina ($p < 0,001$). Skupina PC1 imala je najveću masu leđa (kg) u odnosu na skupinu PC2 i PC3 ($p < 0,001$); između PC2 i PC3 razlike nisu bile statistički značajne. Udio leđa (%) bio je najveći u svinja skupine PC1, slijedi one iz skupine PC3, dok je najmanji bio u svinja skupine PC2 ($p < 0,001$). Nadalje, masa i udio mišićnog tkiva leđa (kg i %) bili su najveći u PC3 svinja, zatim svinja PC2 skupine, dok su svinje skupine PC1 imale najniže vrijednosti, pri čemu su sve razlike između skupina bile statistički značajne ($p < 0,001$). Apsolutne (kg) i relativne (%) vrijednosti za masno tkivo leđa (kg i %) bile su najveće u skupine PC1, dok su skupine PC2 i PC3 imale značajno niže i međusobno slične vrijednosti ($p < 0,001$).

Rezultati ovog istraživanja prikazuju izražene razlike u masi i sastavu svinjskih polovica te strukturi pojedinih dijelova trupa između proizvodnih lanaca. To je posve u skladu s literaturom koja naglašava snažan utjecaj pasmine i proizvodnog sustava na raspodjelu mišićnog i masnog tkiva u svinjskim polovicama. Iz tih je rezultata razvidno da polovice svinja skupine PC1 (Crna slavonska) karakterizira veći udio masnog tkiva u svim analiziranim dijelovima (but, plećka i leđa), što je tipično obilježje autohtonih pasmina uzgajanih u ekstenzivnim proizvodnim sustavima (Karoly i sur. 2004.; Lebret i sur., 2014.; Gvozdanović i sur., 2018.). Takva svojstva svinjskih polovica mogu biti nepovoljnija s aspekta industrijske proizvodnje mesa usmjerene na maksimalni prirast mišićnog tkiva, ali predstavlja važnu prednost u proizvodnji tradicionalnih trajnih proizvoda, gdje masno tkivo ima ključnu ulogu u razvoju arome, teksture i tehnološke stabilnosti proizvoda tijekom zrenja (Karoly i sur. 2004.; Toldrá and Flores, 2007.; Čandek-Potokar i sur., 2019.). Slični odnosi glede tjelesnog sastava opisani su i u drugih autohtonih pasmina, poput Iberijske svinje u Španjolskoj i Cinta Senese u Italiji. U ovih pasmina

sporiji rast i veći udio masnog tkiva u polovicama rezultiraju proizvodima visoke senzorske kakvoće i prepoznatljive tržišne vrijednosti (Toldrá, 2006.; Font-i-Furnols and Guerero, 2014.; Pugliese and Sirtori, 2012.).

Svinje iz proizvodnog lanca PC2, temeljene na križancima s Durokom kao terminalnim nerastom, u ovom su istraživanju pokazale povoljnu kombinaciju veće mase trupa i relativno visoke mesnatosti, uz umjeren udio masnog tkiva. Takva struktura trupa čini ih osobito pogodnom sirovinom za proizvodnju tradicionalnih trajnih proizvoda od teških tovljenika, jer osigurava dovoljan udio mišićnog tkiva uz istodobno prisutnu količinu masnog tkiva potrebnu za pravilno zrenje i razvoj senzorskih svojstava proizvoda (Čandek-Potokar i sur., 2017.; Lebret i Čandek-Potokar, 2020.). Suprotno tome, svinje iz proizvodnog lanca PC3 pokazale su veću mesnatost, posebno u najvrjednijim dijelovima trupa, butu i leđima, što je u skladu s ciljevima suvremene genetske selekcije usmjerene na povećanje udjela mišićnog tkiva i proizvodne učinkovitosti (Lebret, 2008.; Font-i-Furnols and Gispert, 2009.). Ukupno gledano, rezultati ovog istraživanja potvrđuju da izbor pasmine i proizvodnog sustava ima ključnu ulogu u oblikovanju tehnološke vrijednosti trupa, pri čemu nijedan proizvodni lanac ne može biti jednoznačno ocijenjen kao „bolji“, već njegova prikladnost ovisi o krajnjoj namjeni mesa i tipu proizvoda.

Kemijski sastav svježeg mesa

U Tablici 2 prikazane se procijenjene srednje vrijednosti i standardne devijacije kemijskog sastava mesa podrijetlom iz proizvodnih lanaca PC1 (ekstenzivno držane Crne slavonske svinje), PC2 (križanci s durokom držani na dubokoj stelji) i PC3. Razlike u kemijskom sastavu mesa između istraživanih skupina odražavaju genotipske i proizvodne karakteristike tih svinja. Iz tablice je razvidno

Tablica 2. Kemijski sastav leđnog mišića svinja iz različitih lanaca proizvodnje

Table 2 Chemical composition of the longissimus dorsi muscle from different production systems

Parametar	PC1	PC2	PC3
Voda, % / Moisture	73,28 ± 1,17	73,83 ± 0,94	73,63 ± 0,89
Bjelančevine, % / Proteins	21,78 ± 0,68 ^b	22,59 ± 0,91 ^{ab}	23,63 ± 0,89 ^a
Mast, % / Fat	6,65 ± 1,16 ^a	3,24 ± 0,56 ^b	2,28 ± 0,27 ^b
Kolagen, % / Collagen	2,11 ± 0,21 ^a	1,83 ± 0,18 ^{ab}	1,71 ± 0,20 ^b

Različita slova unutar istog reda označavaju statistički značajne razlike (Tukey HSD test, $p < 0,05$).

Different letters within the same row indicate statistically significant differences (Tukey HSD test, $p < 0,05$)

da se sadržaj vode u mesu nije statistički značajno razlikovao između skupina, no sadržaj bjelančevina i masti pokazao je jasnu tendenciju povećanja udjela mišićnog tkiva i smanjenja masnog tkiva od PC1 prema PC3, što je u skladu s prethodnim izvještajima o genetski uvjetovanim razlikama u sastavu tkiva kod različitih genotipova svinja (Lebret i Čandek-Potokar, 2020.; Silva i sur., 2018.).

U pogledu intramuskularne masti, PC1 je imao znatno veće vrijednosti nego PC2 i PC3, što je tipično fenotipsko svojstvo Crne slavonske svinje i još nekih pasmina i križanaca uzgajanih u ekstenzivnim sustavima, dok suvremeni komercijalni hibridi teže prema nižem udjelu masnog tkiva i većem udjelu bjelančevina. Ovakva razlika ima implikacije i na tehnološku obradu mesa. Naime, intramuskularna mast pozitivno utječe na senzorska svojstva i teksturu trajnih proizvoda dok njezin nizak udio može sniziti sočnost mesa pri određenim vrstama obrade (Wood i sur., 2008.; Čandek-Potokar i sur., 2019.). Sadržaj kolagena bio je najviši u PC1, a najniži u PC3, što generalno ukazuje na razli-

ke u udjelu vezivnog tkiva između genotipova. Viši udio kolagena u mesu povezan je s čvršćom teksturom i većim gubicima vode tijekom kuhanja zbog denaturacije kolagenih vlakana (Tornberg, 2005.). Dobivene vrijednosti kemijskog sastava mesa u skladu su s ranijim istraživanjima koja su pokazala da tradicionalne pasmine i teški tovljenici često imaju veći udio intramuskularne masti i kolagena u odnosu na moderne hibridne genotipove, s posljedicama za tehnološku i senzorsku kvalitetu mesa (Yang i sur., 2012.; Silva i sur., 2018.).

Kakvoća svježeg mesa

Većina istraživanih parametara kakvoće svježeg mesa pokazala je značajne razlike između lanaca proizvodnje (Tablica 3). Između prosječnih pH_{24} vrijednosti nije bilo statistički značajnih razlika, a nalazile su se u rasponu od 5,48 do 5,62. To ukazuje da je meso svih istraživanih skupina bilo unutar normalnog raspona za svinjsko meso, što je važno s aspekta stabilnosti procesa fermentacije i zrenja trajnih proizvoda.

Tablica 3. Pokazatelji kvalitete svinjskog mesa iz različitih lanaca proizvodnje
Table 3 Quality parameters of pork from different production systems

Parametar	PC1	PC2	PC3
pH_{24}	5,53 ± 0,15	5,62 ± 0,18	5,48 ± 0,14
CIE L*	46,8 ± 2,3 ^c	49,5 ± 2,1 ^b	51,7 ± 2,5 ^a
CIE a*	13,2 ± 1,5 ^a	11,3 ± 1,2 ^b	9,8 ± 1,1 ^c
CIE b*	9,4 ± 1,1 ^a	8,1 ± 0,9 ^b	7,2 ± 0,8 ^c
Gubitak mesnog soka (%) / Drip loss	2,95 ± 0,68 ^c	4,12 ± 0,82 ^b	5,03 ± 0,95 ^a
Kalo kuhanja (%) / Cooking loss	29,8 ± 2,4 ^b	32,1 ± 2,8 ^{ab}	33,9 ± 3,1 ^a
WB sila smicanja (N) / Warner-Bratzler shear force	41,3 ± 5,8	43,7 ± 6,2	45,2 ± 6,9

Različita slova unutar istog reda označavaju statistički značajne razlike (Tukey HSD test, $p < 0,05$).

Different letters within the same row indicate statistically significant differences (Tukey HSD test, $p < 0,05$)

Parametri boje mesa pokazali su jasne i konzistentne razlike između lanaca proizvodnje. Meso svinja skupine PC1 (Crna slavonska) bilo je značajno tamnije (niža CIE L*) i crvenije (viša CIE a*) u usporedbi s PC2 i PC3, dok su PC3 svinje imale najsvjetlije meso ($p < 0,001$). Ove razlike mogu se povezati s višim sadržajem mioglobina u mišićima PC1 svinja, što je svojstvo povezano s ekstenzivnim sustavima uzgoja, većom fizičkom aktivnošću i višom dobi pri klanju (Gvozdanović i sur. 2018.; Lebret i Čandek-Potokar, 2020.). Tamnije i crvenije meso općenito se smatra poželjnijim za proizvodnju tradicionalnih fermentiranih proizvoda jer doprinosi intenzivnijoj i stabilnijoj boji konačnog

proizvoda te se često povezuje s povoljnijim senzorskim svojstvima (Karoly i sur., 2004.; Olivares i sur., 2010.; Toldrá i Flores, 2014.). Slična svojstva mesa opisana su i u drugih autohtonih pasmina poput Iberijske svinje, gdje uzgoj na otvorenom rezultira mesom s izraženijim oksidativnim metabolizmom i intenzivnijom bojom (Pugliese i Sirtori, 2012.).

Sposobnost zadržavanja vode, izražena kao udio otpuštene vode iz uzorka (%), značajno se razlikovala između skupina, pri čemu je najniža bila u mesu svinja skupine PC1, a najviša u PC3 svinja ($p < 0,05$). Vrijednosti za udio otpuštene vode veće od 5 % smatraju se prediktorom smanjene kakvoće mesa, što negativno utječe na njegovu

preradbenu sposobnost (Kušec i sur, 2005.; Huff-Lonergan i Lonergan, 2005.). Veća vrijednost sposobnosti zadržavanja vode u mesu PC1 svinja može se povezati s višim sadržajem intramuskularne masti te povoljnijom strukturom mišićnog tkiva, što je posljedica sporijeg rasta i većeg udjela oksidativnih mišićnih vlakana (Lebret i sur., 2015.). Ova svojstva osobito su važna u proizvodnji fermentiranih kobasica, jer utječu na dinamiku otpuštanja vode tijekom fermentacije i sušenja te na konačnu teksturu i sočnost proizvoda (Karoly i sur. 2004.; Toldrá, 2006.; Pugliese i Sirtori, 2012.). Kalo kuhanja bio je najniži u PC1, a najviši u PC3 skupini ($p = 0,012$), što je u skladu s utvrđenim razlikama u sposobnosti zadržavanja vode i kemijskom sastavu mesa istraživanih svinja. Smanjeni gubitak vode tijekom toplinske obrade dodatno potvrđuje povoljniju tehnološku kakvoću mesa PC1 svinja za preradu u trajne proizvode. Za Warner–Bratzler silu smicanja nisu utvrđene statistički značajne razlike između lanaca proizvodnje, što upućuje na sličnu instrumentalnu nježnost mesa. Međutim, poznato je da

instrumentalna nježnost ne mora u potpunosti odražavati senzorsku percepciju nježnosti, osobito kod fermentiranih proizvoda, gdje ukupni doživljaj teksture i nježnosti u velikoj mjeri ovisi o sadržaju masti, sposobnosti zadržavanja vode te razvoju arome i okusa tijekom zrenja (Bonneau i Lebret, 2010.; Toldrá i Flores, 2014.).

Fizikalno-kemijske karakteristike Baranjskog kulena

Analiza konačnog proizvoda pokazala je statistički značajne razlike u kemijskom sastavu Baranjskog kulena između lanaca proizvodnje (Tablica 4). Kulen proizveden od sirovine iz lanaca PC2 i PC3 imao je značajno viši sadržaj proteina ($34,6 \pm 1,7\%$ i $35,9 \pm 2,1\%$) u usporedbi s proizvodima iz PC1 lanca ($32,8 \pm 1,9\%$; $p = 0,008$). Suprotno tomu, kulen iz PC1 lanca karakterizirao se značajno višim sadržajem masti ($36,5 \pm 2,7\%$) u odnosu na PC2 ($31,8 \pm 2,3\%$) i PC3 proizvode ($29,2 \pm 2,5\%$; $p < 0,001$).

Tablica 4. Kemijski sastav i osnovni pokazatelji kakvoće Baranjskog kulena iz različitih lanaca proizvodnje
Table 4 Chemical composition and basic quality parameters of Baranja kulen from different production systems

Parametar	PC1	PC2	PC3
Vlaga (%) / Moisture	$30,2 \pm 2,8$	$32,4 \pm 2,5$	$33,8 \pm 3,1$
Bjelančevine (%) / Proteins	$32,8 \pm 1,9^b$	$34,6 \pm 1,7^a$	$35,9 \pm 2,1^a$
Masti (%) / Fat	$36,5 \pm 2,7^a$	$31,8 \pm 2,3^b$	$29,2 \pm 2,5^b$
Pepeo (%) / Ash	$4,8 \pm 0,4$	$4,9 \pm 0,3$	$5,1 \pm 0,5$
Tehnološki kalo (%) / Processing loss	$39,5 \pm 3,2$	$37,8 \pm 2,9$	$36,3 \pm 3,5$
pH vrijednosti / pH value	$5,28 \pm 0,18$	$5,35 \pm 0,16$	$5,31 \pm 0,19$
Aktivnost vode (a_w) / Water activity	$0,905 \pm 0,025$	$0,912 \pm 0,022$	$0,918 \pm 0,028$

Različita slova unutar istog reda označavaju statistički značajne razlike (Tukey HSD test, $p < 0,05$)

Different letters within the same row indicate statistically significant differences (Tukey HSD test, $p < 0,05$)

Udio vlage, pepela, tehnološki kalo, pH vrijednost i aktivnost vode istraživanih kulena nisu se statistički značajno razlikovali između lanaca proizvodnje, što upućuje na ujednačene uvjete fermentacije i zrenja te na dobru tehnološku kontrolu proizvodnog procesa. Prosječne pH vrijednosti ($5,28$ – $5,35$) nalazile su se unutar optimalnog raspona za fermentirane kobasice, dok su vrijednosti aktivnosti vode ($0,905$ – $0,918$) bile u skladu s kriterijima mikrobiološke stabilnosti trajnih fermentiranih proizvoda. Utvrđene razlike u sadržaju proteina i masti u konačnom proizvodu mogu se povezati s razlikama u kemijskom sastavu korištenog mesa. U svim istraživanim skupina-

ma primijenjena je identična receptura u skladu sa Specifikacijom proizvoda Baranjski kulen (ZOZP), koja propisuje dodatak 10 % tvrdog masnog tkiva (najčešće leđne slanine), dok preostalih 90 % sirovine čini mišićno tkivo (Specifikacija proizvoda “Baranjski kulen”, 2014”).

Stoga su razlike u sadržaju masti u konačnom proizvodu u najvećoj mjeri posljedica razlika u intramuskularnom udjelu masti mesa korištenog za proizvodnju kulena. Poznato je da Crna slavonska svinja ima viši sadržaj intramuskularne masti u odnosu na suvremene komercijalne genotipove, što je povezano sa sporijim rastom i drugačijom strukturom mišićnog tkiva (Lebret i sur., 2015.; Gvozda-

nović i sur., 2018.; Čandek-Potokar i sur., 2019.). S nutritivnog aspekta, kulen proizveden iz lanaca PC2 i PC3 pokazuje povoljniji omjer proteina i masti, što može biti prihvatljivije za potrošače usmjerene prema proizvodima s nižim udjelom masti. Međutim, s aspekta tradicionalnih senzorskih svojstava, viši sadržaj intramuskularne masti u kulenu iz PC1 lanca može pozitivno utjecati na teksturu, sočnost i intenzitet okusa proizvoda. Istraživanja na fermentiranim kobasicama potvrđuju da intramuskularna mast ima ključnu ulogu u razvoju i percepciji arome te doprinosi kompleksnosti okusa tijekom konzumacije (Pugliese i Sirtori, 2012.; Olivares i sur., 2010.; Karoly i sur. 2011.; Toldrá i Flores, 2014.). Dodatno, masti podrijetlom od svinja uzgajanih u ekstenzivnijim sustavima često imaju povoljniji profil masnih kiselina, što može dodatno pridonijeti senzorskoj i nutritivnoj vrijednosti konačnog proizvoda (Bonne-

au i Lebret, 2010.; Pleadin i sur., 2014.; Čandek-Potokar i sur., 2020.).

Boja Baranjskog kulena iz različitih lanaca proizvodnje

Analiza boje konačnog proizvoda pokazala je statistički značajne razlike između lanaca proizvodnje (Tablica 5), koje djelomično odražavaju razlike u boji sirovog mesa, ali su ujedno rezultat složenih biokemijskih i fizikalnih promjena tijekom fermentacije i zrenja. Kulen proizveden u okviru lanca PC3 pokazao je najviše vrijednosti svjetline (CIE L*) i crvenila (CIE a*), dok je kulen iz lanca PC1 bio tamniji i manje zasićene boje. Vrijednosti zasićenosti boje (C*) također su bile najviše u PC3, a najniže u PC1 kulenu, što upućuje na izražene razlike u intenzitetu boje između lanaca proizvodnje.

Tablica 5. Parametri boje Baranjskog kulena iz različitih lanaca proizvodnje

Table 5 Color parameters of baranja kulen from different production systems

Parametar	PC1	PC2	PC3
Svjetlina, L* / Lightness	37,13 ± 1,58 c	40,24 ± 3,73 b	42,90 ± 0,97 a
Crvenilo, a* / Redness	17,21 ± 1,55 c	19,78 ± 3,36 b	22,39 ± 0,47 a
Žutilo, b* / Yellowness	13,85 ± 1,62 c	19,19 ± 5,68 b	23,48 ± 1,05 a
Zasićenost boje, C* / Chroma	22,09 ± 2,19 c	27,62 ± 6,32 b	32,44 ± 1,05 a
Kut nijanse, h° / Hue angle	38,76 ± 1,28 c	43,28 ± 4,19 b	46,35 ± 0,81a

Različita slova unutar istog reda označavaju statistički značajne razlike (Tukey HSD test, $p < 0,05$).

Different letters within the same row indicate statistically significant differences (Tukey HSD test, $p < 0,05$)

Razlike u boji između lanaca proizvodnje bile su nešto manje izražene u konačnom proizvodu u odnosu na sirovo meso, što upućuje na to da procesi fermentacije i zrenja djelomično homogeniziraju početne razlike u boji sirovine. Tijekom fermentacije dolazi do transformacije mioglobina, stvaranja stabilnijih pigmentnih kompleksa te oksidacijsko-redukcijskih procesa koji značajno utječu na konačnu boju proizvoda (Toldrá i Flores, 2014.; Lorenzo i sur., 2018.). U fermentiranim kobasicama crvena boja ne ovisi isključivo o početnom sadržaju mioglobina, već i o pH vrijednosti, aktivnosti vode, prisutnosti soli te dinamici sušenja i zrenja. Boja je jedan od ključnih čimbenika u procjeni kakvoće fermentiranih kobasica jer predstavlja prvi vizualni signal potrošaču i snažno utječe na percepciju prihvatljivosti proizvoda. Intenzivnija i zasićenija crvena boja kulena iz lanca PC3 može predstavljati prednost u smislu vizualne atraktivnosti, osobito na tržištima gdje potroša-

či preferiraju svjetlije proizvode intenzivnije boje. Suprotno tome, tamnija i manje zasićena boja kulena iz lanca PC1 može biti percipirana kao obilježje tradicionalnog proizvoda i povezana s autentičnim tradicionalnim načinom proizvodnje, što često cijene potrošači lokalnih tradicionalnih proizvoda (Pugliese i Sirtori, 2012.; Karoly i sur., 2011.; Čandek-Potokar i sur., 2020.; Jelić Milković i sur., 2023.). Stabilnost boje tijekom skladištenja još je jedan važan aspekt kakvoće fermentiranih kobasica. Istraživanja pokazuju da sirovina s višim sadržajem prirodnih antioksidativnih spojeva i povoljnijim sastavom masti može pridonijeti boljoj stabilnosti boje tijekom zrenja i skladištenja, što je češće obilježje mesa svinja uzgajanih u ekstenzivnijim sustavima (Lebret, 2008.; Lorenzo i sur., 2019.).

Teksturalni profil Baranjskog kulena

Analiza teksturalnog profila pokazala je statistički značajne i tehnološki relevantne razlike

između Baranjskog kulena proizvedenog u različitim lancima proizvodnje (Tablica 6). Kulen proizveden u okviru proizvodnog lanca PC2 pokazao je najviše vrijednosti tvrdoće, kohezivnosti, gumovitosti i otpora žvakanju, dok su najniže vrijednosti navedenih parametara zabilježene kod kulena iz lanca PC3.

Tablica 6. Teksturalne karakteristike Baranjskog kulena iz različitih lanaca proizvodnje
Table 6 Texture profile analysis of baranja kulen from different production systems

Parametar	PC1	PC2	PC3
Tvrdoća, N / Hardness	131.75 b ± 2.75	200.20 c ± 2.37	73.38 a ± 7.12
Elastičnost / Springiness	0.67 ± 0.05	0.65 ± 0.04	0.63 ± 0.03
Kohezivnost, N / Cohesiveness	0.32 a ± 0.02	0.38 b ± 0.02	0.30 a ± 0.03
Gumovitost / Gumminess	42.42 b ± 10.15	81.66 c ± 9.22	22.67 a ± 3.13
Otpor žvakanju / Chewiness	2873.96 b ± 6.47	5266.52 c ± 5.37	1447.67 a ± 0.22

Različita slova unutar istog reda označavaju statistički značajne razlike (Tukey HSD test, $p < 0,05$).

Different letters within the same row indicate statistically significant differences (Tukey HSD test, $p < 0,05$)

Uočene razlike u teksturalnim svojstvima mogu se objasniti kombinacijom kemijskog sastava sirovine, strukture mišićnog tkiva te dinamičke proteolitičkih i dehidracijskih procesa tijekom fermentacije i zrenja. Poznato je da fermentirane kobasice s višim udjelom mišićnog tkiva i izraženijom proteinskom matricom razvijaju čvršću i kompaktniju strukturu, što se očituje višim vrijednostima tvrdoće, kohezivnosti i otpora žvakanju (Toldrá i Flores, 2014.; Lorenzo i sur., 2018.). U tom je smislu veća tvrdoća i kohezivnost PC2 kulena u skladu s njegovim kemijskim sastavom i strukturom sirovine.

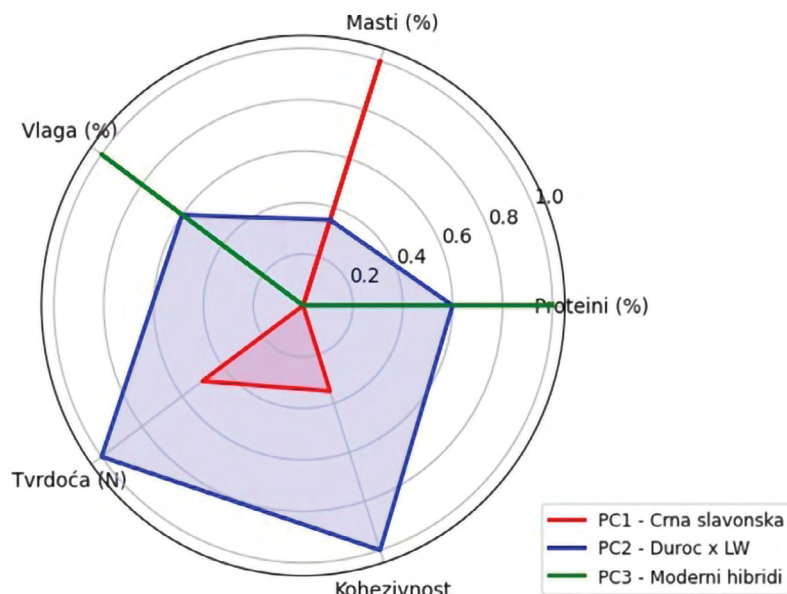
Nasuprot tome, niže vrijednosti teksturalnih parametara kod PC3 kulena upućuju na mekšu strukturu proizvoda, što se može povezati s intenzivnijom proteolizom tijekom fermentacije i zrenja. Brojna istraživanja pokazuju da povećana proteolitička razgradnja miofibrilarnih proteina dovodi do slabljenja proteinske mreže, smanjenja kohezivnosti i nižeg otpora mehaničkom opterećenju, što rezultira mekšom teksturom fermentiranih kobasica (Baer i Dilger, 2014.; Lorenzo i sur., 2019.). Takva tekstura može biti tehnološki prihvatljiva, ali ne mora nužno odgovarati tradicionalnim očekivanjima za proizvode poput Baranjskog kulena. Kohezivnost, kao pokazatelj snage unutarnjih veza u proizvodu, bila je najizraženija kod PC2 kulena, dok su niže i međusobno slične vrijednosti zabilježene kod PC1 i PC3 proizvoda. Visoka kohezivnost povezuje se s dobrom strukturnom stabilnošću proizvoda tijekom rezanja i žvakanja, što se

Kulen proizveden od mesa Crne slavonske svinje (PC1) zauzimao je intermedijaran položaj, ali je u većini analiziranih parametara bio bliži PC2 nego PC3 proizvodima. Za elastičnost nisu utvrđene statistički značajne razlike između lanaca proizvodnje.

smatra poželjnim obilježjem kvalitete tradicionalnih fermentiranih kobasica (Pugliese i Sirtori, 2012.; Čandek-Potokar i sur., 2020.). U kontekstu Baranjskog kulena, čija specifikacija teksturu opisuje kao „čvrstu, ali ne krutu“, dobiveni rezultati upućuju na to da kulen proizveden od mesa svinja iz PC1 i PC2 lanaca u većoj mjeri odgovara tradicionalno očekivanim teksturalnim svojstvima, dok mekša tekstura PC3 kulena može odstupati od tih očekivanja. Literatura, međutim, pokazuje da tekstura fermentiranih kobasica nije statična značajka, već se može mijenjati tijekom zrenja i skladištenja uslijed kontinuirane proteolize i oksidacijskih procesa. Ti procesi mogu utjecati na stabilnost proteinske matrice proizvoda i time na konačnu percepciju teksture (Toldrá i Flores, 2014.; Lorenzo i sur., 2019.). Ipak, instrumentalno mjerena tekstura predstavlja samo jedan, iako vrlo važan, aspekt ukupne senzorske kakvoće proizvoda, pri čemu konačna prihvaćenost kulena ovisi o složenoj interakciji teksture, sočnosti, okusa i arome (Bonneau i Lebret, 2010.; Karoly i sur., 2011.; Lebret i sur., 2014.; Jelić Milković i sur., 2023.).

Razlike između alternativnih i komercijalnih lanaca proizvodnje svinja ne odražavaju se samo na kemijski sastav mesa, već i na biokemijske i mikrobiološke procese tijekom zrenja, što može utjecati na senzorska svojstva i teksturu fermentiranih proizvoda (Toldrá, 2007.; Toldrá i Flores, 2014.).

U tom smislu, radar dijagram omogućuje pregledan prikaz normaliziranih vrijednosti odabranih kemijskih i teksturalnih parametara



Slika 1. Radar dijagram odabranih karakteristika kulena
Figure 1 Radar diagram of selected kulena characteristics

(sadržaj proteina, masti i vlage te tvrdoću i kohezivnost) Baranjskog kulena proizvedenog u tri različita lanca svinjogojske proizvodnje, pri čemu su vrijednosti normalizirane po varijablama. Iz dijagrama je vidljivo da kulen iz lanca PC2 pokazuje uravnotežen odnos kemijskog sastava i teksturalnih svojstava, s relativno visokim udjelom proteina te izraženom tvrdoćom i kohezivnošću. Kulen proizveden od mesa Crne slavonske svinje (PC1) karakterizira viši udio masti uz umjerenu teksturalnu čvrstoću, dok kulen iz lanca PC3 pokazuje viši udio proteina i vlage, ali niže vrijednosti teksturalnih parametara. Ovime se potvrđuje da izbor proizvodnog lanca značajno utječe na kvalitativni profil Baranjskog kulena te omogućuje jasnu vizualnu diferencijaciju proizvoda prema njihovim kemijskim i teksturalnim obilježjima. Treba međutim istaknuti da se diferencijacija kvalitativnih profila može različito percipirati od strane potrošača, ovisno o njihovim očekivanjima i preferencijama vezanim uz senzorna svojstva tradicionalnih fermentiranih proizvoda (Jelić Milković i sur., 2023.).

Zaključak

Ovo istraživanje jasno pokazuje da izbor lanca svinjogojske proizvodnje ima značajan i sveobuhvatan utjecaj na sastav trupa, kakvoću svježeg mesa, a time i Baranjskog kulena. Dobiveni rezultati ukazuju na to da svaki od istraživanih lanaca

proizvodnje nosi sa sobom specifičan skup prednosti i ograničenja, što proizvođačima omogućuje ciljan odabir sirovine ovisno o željenim svojstvima proizvoda, tehnološkim zahtjevima i tržišnom usmjerenju. U tom kontekstu, Crna slavonska svinja uzgajana u ekstenzivnim uvjetima (PC1) pokazala je povoljnija svojstva svježeg mesa, izražena ponajprije kroz povišen sadržaj intramuskularne masti, karakteristično tamniju i crveniju boju te izrazito bolju sposobnost zadržavanja vode. Međutim, sastav trupa karakteriziran nižim udjelom mesa i povećanim udjelom masnog tkiva, dulje trajanje tova i viši troškovi proizvodnje upućuju na potrebu odgovarajućeg tržišnog vrednovanja proizvoda kako bi se osigurala ekonomska održivost ovakvog sustava.

Križanci s Durokom kao terminalnim nerastom, uzgajani na dubokoj stelji (PC2) pokazali su vrlo uravnotežen odnos proizvodnih i kvalitativnih svojstava. Ovaj lanac proizvodnje rezultirao je najvećom masom trupa, relativno poželjnim odnosom mišićnog i masnog tkiva, povoljnim kemijskim sastavom mesa te kulenom vrlo dobre kakvoće. Takva kombinacija svojstava čini PC2 skupinu prikladnim izborom za proizvođače koji nastoje uskladiti proizvodnu učinkovitost s konzistentnom kvalitetom konačnog proizvoda. Moderni hibridi uzgajani u intenzivnim uvjetima (PC3) pokazali su nižu masu trupa i manji udio najvrjednijih dijelova, ali s visokim sadržajem mišićnog tkiva u odno-

su na masno te meso s najnižim sadržajem masti. Sukladno tome, kulen proizveden iz ovog lanca odlikovao se povoljnijim omjerom proteina i masti te mekšom teksturom, što može odgovarati dijelu potrošača koji preferiraju visoko proteinsku prehranu i nježnije teksturalne karakteristike, iako takva svojstva mogu odstupati od tradicionalno očekivanog profila Baranjskog kulena. S aspekta zaštite i standardizacije proizvoda, rezultati ukazuju na to da specifikacija koja dopušta korištenje različitih lanaca proizvodnje osigurava određenu fleksibilnost proizvođačima, uz istodobno izraženiju vari-

jabilnost u svojstvima konačnog proizvoda. Takva varijabilnost omogućava diferencijaciju proizvoda i prilagodbu različitim potrošačkim preferencijama, ali istodobno otvara prostor za razmatranje odnosa između razine kvalitete i proizvodne rentabilnosti pojedinog sustava. U tom kontekstu, izbor lanca proizvodnje može predstavljati stratešku odluku u kojoj se usklađuju tehnološki ciljevi, tržišno pozicioniranje i ekonomska održivost proizvodnje. S druge strane, povećana varijabilnost također predstavlja izazov u pogledu ujednačenosti i dugoročne prepoznatljivosti proizvoda na tržištu.

Literatura

- [1] **American Meat Science Association (AMSA) (2012):** Meat color measurement guidelines. American Meat Science Association, Champaign, IL, USA.
- [2] **AOAC (2007):** Official Methods of Analysis (18th ed.). Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg, MD, USA.
- [3] **Baer, A.A., A.C. Dilger (2014):** Effect of fat quality on sausage processing, texture, and sensory characteristics. *Meat Sci.*, 96(3), 1242–1249. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.11.001>
- [4] **Bonneau, M., B. Lebret (2010):** Production systems and influence on eating quality of pork. *Meat Sci.*, 84, 293–300. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2009.03.013>
- [5] **Christensen, L. B. (2003):** Drip loss sampling in porcine m. longissimus dorsi. *Meat Sci.*, 63, 469–477. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(02\)00106-7](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(02)00106-7)
- [6] **Čandek-Potokar, M., N. Batorek Lukač, M. Škrlep (2019):** Effect of pig genotype on quality of dry-cured ham. *Meat Sci.*, 150, 122–129.
- [7] **Čandek-Potokar, M., M. Škrlep, N. Batorek Lukač (2020):** Quality of meat and meat products from local pig breeds. *Animal front.*, 10, 21–28.
- [8] **Font-i-Furnols, M., Gispert (2009):** Consumer acceptance of pork meat and fat content. *Meat Sci.*, 81, 215–224.
- [9] **Font-i-Furnols, M., L. Guerrero (2014):** Consumer preference, behavior and perception about meat and meat products. *Meat Sci.*, 98, 361–371. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.06.025>
- [10] **Gvozdanović, K., V. Margeta, I. Djurkin Kušec, P. Margeta, Ž. Radišić, G. Kušec (2018):** Comparison of carcass and meat quality traits of Black Slavonian pigs regarding the duration of fattening period. *Arch. Zootec.*, 1, 205–208.
- [11] **Huff-Lonergan, E., S.M. Lonergan (2005):** Mechanisms of water-holding capacity of meat: The role of postmortem biochemical and structural changes. *Meat sci.*, 71, 194–204. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2005.04.022>
- [12] **Jelić Milković, S., A. Crnčan, J. Kristić, I. Kralik, I. Djurkin Kušec, K. Gvozdanović, G. Kušec, Z. Kralik, R. Lončarić (2023):** Consumer Preferences for Cured Meat Products from the Autochthonous Black Slavonian Pig. *Foods* 12 (19), 3666. <https://doi.org/10.3390/foods12193666>
- [13] **Karolyi, D., K. Salajpal, Ž. Sinjeri, D. Kovačić, I. Jurić, M. Đikić (2004):** Meat quality, blood stress indicators and trimmed cut yield comparison of Black Slavonian pig with modern pigs in the production of Slavonian kulen. *Acta Agric. Slov.*, 1, 67–72.
- [14] **Kušec, G., G. Kralik, A. Petričević (2005):** Influence of genotype on meat quality traits. *Poljoprivreda*, 11, 45–51.
- [15] **Kušec, G., M. Komlenić, K. Gvozdanović, V. Sili, M. Krvavica, Ž. Radišić, I.D. Kušec (2022):** Carcass composition and physicochemical characteristics of meat from pork chains based on native and hybrid pigs. *Processes*, 10 (2), 370. <https://doi.org/10.3390/pr10020370>
- [16] **Lebret, B. (2008):** Effects of feeding and rearing systems on pork quality. *Animal*, 2, 1548–1558. <https://doi.org/10.1017/S1751731108002796>
- [17] **Lebret, B., M. Čandek-Potokar (2020):** Review: Pork quality attributes from farm to fork. *Animal*, 14, 1686–1698. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2021.100383>
- [18] **Lebret, B., P. Ecolan, N. Bonhomme (2014):** Influence of rearing system on eating quality of pork. *Meat Sci.*, 96, 1431–1437. <https://doi.org/10.1017/S1751731115000609>
- [19] **Lorenzo, J. M., P. E. S. Munekata, R. Domínguez (2018):** Physicochemical and sensory characteristics of dry-cured meat products. *Food Res. Int.*, 108, 245–256.
- [20] **Lorenzo, J. M., P. E. S. Munekata, R. Domínguez, M. Pateiro (2019):** Main groups of microorganisms and biochemical changes during fermented sausage production. *Foods*, 8, 612.
- [21] **Olivares, A., J.L. Navarro, M. Flores (2010):** Effect of fat content on aroma generation in fermented sausages. *Meat Sci.*, 85, 252–258. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.10.021>
- [22] **Olsson, V., J. Pickova, J. (2005):** The influence of production systems on meat quality. *Meat Sci.*, 70, 241–250. <https://doi.org/10.1579/0044-7447-34.4.338>
- [23] **Pugliese, C., F. Sirtori (2012):** Quality of meat and meat products produced from local pig breeds. *Animal front.*, 2, 29–36. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2011.09.019>

- [24] Silva, F. A. P., J.M. Lorenzo, D. Franco (2018): Effect of genotype on technological quality of dry-fermented sausages. *Meat Sci.*, 145, 185–192.
- [25] TIBCO Software Inc. (2017): TIBCO Statistica® (Version 13) [Computer software]. Palo Alto, CA, USA.
- [26] Tornberg, E. V. A. (2005): Effects of heat on meat proteins—Implications on structure and quality of meat products. *Meat sci.*, 703, 493–508.
- [27] Toldrá, F. (2006): The role of muscle proteases in dry-cured meat products. *Meat Sci.*, 74, 311–319. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2005.08.007>
- [28] Toldrá, F. (2007): Handbook of fermented meat and poultry. Blackwell Publishing.
- [29] Toldrá, F., M. Flores (2007): The role of muscle proteases and lipases in flavour development of dry-cured meat products. *Meat Sci.*, 77, 401–407.
- [30] Toldrá, F., M. Flores (2014): Fermented meat products: Processes and quality characteristics. *Encyclopedia of Food Microbiology*, 2nd ed., 856–862.
- [31] Toldrá, F., Y. H. Hui (2021): Advances in fermented meat products. *Curr. Opin. Food Sci.*, 38, 30–35.
- [32] Udruga proizvođača kulena „Baranjski kulen“ (2014): Specifikacija proizvoda: Baranjski kulen – oznaka zemljopisnog podrijetla. Beli Manastir.
- [33] Walstra, P., G.S.M. Merkus (1996): Procedure for assessment of the lean meat percentage as a consequence of the EU reference dissection method in pig carcass classification. Institute for Animal Science and Health (ID-DLO), Lelystad, The Netherlands.
- [34] Wood, J. D., M. Enser, A.V. Fisher (2008): Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: A review. *Meat Sci.*, 78, 343–358. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.07.019>
- [35] Yang Y. J. Guo, J. Kim, M. Wang, B. Chae (2012): Effects of growth rate on carcass and meat quality traits and their association with metabolism-related gene expression in finishing pigs. *Anim Sci J.* 2012 Feb;83(2):169-77. doi: 10.1111/j.1740-0929.2011.00929.x. Epub 2011 Jul 26. PMID: 22339699

Dostavljeno/Received: 24.02.2026.

Prihvaćeno/Accepted: 13.03.2026.

Characteristics of Meat and Baranja Kulen from Different Pig Production Chains

Abstract

The aim of this study was to determine the influence of three different pig production chains on carcass composition, meat quality, and the physico-chemical, colorimetric, and textural properties of Baranja kulen. The following production chains were investigated: PC1 (Black Slavonian pig, extensive rearing), PC2 (Duroc × Large White crossbreeds, deep-litter housing system), and PC3 (modern commercial hybrids, intensive production). PC1 pigs had a higher proportion of fat tissue in the ham, shoulder, and back, while PC3 pigs showed a higher proportion of muscle tissue and a lower overall fat content ($p < 0.05$). Meat from PC3 had the highest protein content, whereas PC1 meat had a significantly higher fat and collagen content. Significant differences were found in meat quality parameters, particularly in colour parameters and water-holding capacity. Meat from the PC1 group was darker (lower L^*) and had higher a^* and b^* values compared to PC2 and PC3 ($p < 0.05$). Lower drip loss and cooking loss were also recorded in PC1, while differences in pH24 and Warner–Bratzler shear force were not significant. Kulen produced from the PC2 and PC3 chains contained more protein and less fat than that from PC1, whereas moisture and ash content, technological loss, pH value, and water activity did not differ significantly between the production chains. Kulen colour parameters also differed significantly ($p < 0.05$), with PC3 kulen showing the highest values for all colorimetric indicators, while PC1 exhibited the lowest values. Texture profile analysis revealed significant differences in hardness, cohesiveness, gumminess, and chewiness ($p < 0.05$), while differences in elasticity were not significant.

The results confirm that the choice of production chain significantly affects the technological and nutritional profile of Baranja kulen and enables product differentiation depending on production and market objectives, allowing producers to optimize the relationship between product quality and economic profitability.

Keywords: Baranja kulen; Black Slavonian pig; production chain; meat quality; textural properties.

Eigenschaften von Fleisch und Baranjski Kulen aus verschiedenen Schweineproduktionsketten

Zusammenfassung

Ziel dieser Studie war es, den Einfluss von drei verschiedenen Schweineproduktionsketten auf die Schlachtkörperzusammensetzung, Fleischqualität sowie physikalisch-chemische, kolorimetrische und texturale Eigenschaften des Baranjski Kulen zu untersuchen. Es wurden folgende Produktionsketten untersucht: PC1 (Schwarzes slawonisches Schwein, extensive Haltung), PC2 (Duroc × Large White Kreuzungen, Tiefstreuhaltung) und PC3 (moderne kommerzielle Hybriden, intensive Haltung). Schweine der PC1-Gruppe wiesen einen höheren Fettanteil in Schinken, Schulter und Rücken auf, während Schweine der PC3-Gruppe einen höheren Muskelanteil und einen geringeren Gesamtfettanteil zeigten ($p < 0,05$). Das Fleisch von PC3 hatte den höchsten Proteingehalt, während PC1 signifikant höhere Fett- und Kollagenwerte aufwies. Bezüglich der Fleischqualität wurden signifikante Unterschiede bei Farbparametern und Wasserhaltefähigkeit festgestellt. Fleisch der PC1-Gruppe war dunkler (niedriger L^*) und wies höhere a^* - und b^* -Werte im Vergleich zu PC2 und PC3 auf ($p < 0,05$). Außerdem zeigte es einen geringeren Saftverlust und geringere Kochverluste, während die Unterschiede bei pH₂₄ und der Scherfestigkeit nach Warner-Bratzler nicht signifikant waren. Kulen aus den PC2- und PC3-Ketten enthielt mehr Protein und weniger Fett als PC1, während sich Feuchtigkeits- und Aschegehalt, technologischer Verlust, pH-Wert und Wasseraktivität zwischen den Produktionsketten nicht signifikant unterschieden. Auch die Farbparameter des Kulens variierten signifikant ($p < 0,05$), wobei PC3-Kulen die höchsten Werte aller kolorimetrischen Parameter aufwies, während PC1 die niedrigsten Werte zeigte. Die Texturprofilanalyse zeigte signifikante Unterschiede in Härte, Kohäsivität, Gummiartigkeit und Kaubeständigkeit ($p < 0,05$), während Unterschiede in der Elastizität nicht signifikant waren.

Die Ergebnisse bestätigen, dass die Wahl der Produktionskette einen signifikanten Einfluss auf das technologische und ernährungsphysiologische Profil des Baranjski Kulen hat und eine Differenzierung der Produkte je nach Produktions- und Marktziele ermöglicht. Dies erlaubt den Produzenten, das Verhältnis zwischen Produktqualität und wirtschaftlicher Rentabilität zu optimieren.

Schlüsselwörter: Baranjski Kulen; Schwarzes slawonisches Schwein; Produktionskette; Fleischqualität; Texturmerkmale

Características de la carne y del kulen de Baranja de diferentes cadenas de producción porcina

Resumen

El objetivo de esta investigación fue determinar la influencia de tres diferentes cadenas de producción porcina sobre la composición de la canal, la calidad de la carne y las propiedades físico-químicas, colorimétricas y texturales del kulen de Baranja. Se investigaron las siguientes cadenas de producción: PC1 (Cerdo Negro de Slavonia, sistema de cría extensivo), PC2 (cruzados Duroc × Large White, sistema de cría sobre cama profunda) y PC3 (híbridos comerciales modernos, sistema de producción intensivo). Los cerdos del grupo PC1 presentaron una mayor proporción de tejido adiposo en el jamón, la paleta y el lomo, mientras que los cerdos del grupo PC3 mostraron una mayor proporción de tejido muscular y un menor contenido total de grasa ($p < 0,05$). La carne procedente del grupo PC3 presentó el mayor contenido de proteínas, mientras que la del grupo PC1 mostró un contenido significativamente superior de grasa y colágeno. En cuanto a la calidad de la carne, se observaron diferencias significativas en los parámetros de color y en la capacidad de retención de agua. La carne del grupo PC1 fue más oscura (menor valor L^*) y presentó valores más altos de a^* y b^* en comparación con los grupos PC2 y PC3 ($p < 0,05$). Asimismo, se registraron menores pérdidas de jugo de carne y menores pérdidas por cocción en el grupo PC1, mientras que las

diferencias en el pH₂₄ y en la fuerza de corte Warner–Bratzler no fueron significativas. El *kulen* procedente de las cadenas PC2 y PC3 presentó un mayor contenido de proteínas y un menor contenido de grasa en comparación con el PC1, mientras que el contenido de humedad y cenizas, la merma tecnológica, el valor de pH y la actividad de agua no mostraron diferencias significativas entre las cadenas de producción. Los parámetros de color del *kulen* también difirieron significativamente ($p < 0,05$); el *kulen* del grupo PC3 presentó los valores más elevados de todos los indicadores colorimétricos, mientras que el PC1 mostró los valores más bajos. El análisis del perfil de textura reveló diferencias significativas en dureza, cohesividad, gomosidad y masticabilidad ($p < 0,05$), mientras que las diferencias en elasticidad no fueron significativas. Los resultados confirman que la elección de la cadena de producción influye significativamente en el perfil tecnológico y nutricional del *kulen* de Baranja y permite la diferenciación del producto en función de los objetivos productivos y de mercado, lo que ofrece a los productores la posibilidad de optimizar la relación entre la calidad del producto y la rentabilidad económica.

Palabras claves: *kulen* de Baranja; Cerdo Negro de Eslavonia; cadena de producción; calidad de la carne; propiedades texturales.

Caratteristiche della carne e del *kulen* della Baranja provenienti da diverse filiere di produzione suinicola

Riassunto

L'obiettivo di questa ricerca è consistito nel determinare l'influenza di tre differenti filiere di produzione suinicola sulla composizione della carcassa, sulla qualità della carne e sulle proprietà fisico-chimiche, colorimetriche e testurali del *kulen* della Baranja. Sono state analizzate le seguenti filiere produttive: PC1 (suino Nero di Slavonia, allevamento estensivo), PC2 (incroci Duroc × Large White, allevamento su lettiera profonda) e PC3 (ibridi commerciali moderni, allevamento intensivo). I suini PC1 presentavano una maggiore quota di tessuto adiposo nella coscia, nella spalla e nel dorso, mentre i suini PC3 mostravano una maggiore percentuale di tessuto muscolare e una minore percentuale totale di grasso ($p < 0,05$). La carne PC3 presentava il più elevato contenuto di proteine, mentre la carne PC1 mostrava un contenuto significativamente più elevato di lipidi e collagene. Per quanto riguarda la qualità della carne, sono state rilevate differenze significative nei parametri del colore e nella capacità di ritenzione idrica. La carne del gruppo PC1 era più scura (valori L^* inferiori) e presentava valori più elevati di a^* e b^* rispetto ai gruppi PC2 e PC3 ($p < 0,05$). Inoltre, nel gruppo PC1 sono stati osservati minori perdite di succo e minori perdite alla cottura, mentre le differenze nei valori di pH₂₄ e nella forza di taglio Warner–Bratzler non sono risultate significative. Il *kulen* proveniente dalle filiere PC2 e PC3 conteneva più proteine e meno grassi rispetto al PC1, mentre il contenuto di umidità e ceneri, la perdita tecnologica, il valore di pH e l'attività dell'acqua non differivano significativamente tra le filiere produttive. Anche i parametri colorimetrici del *kulen* differivano significativamente ($p < 0,05$): il *kulen* PC3 presentava i valori più elevati di tutti gli indicatori colorimetrici, mentre il PC1 mostrava i valori più bassi. L'analisi del profilo testurale ha evidenziato differenze significative nella durezza, coesività, gomosità e masticabilità ($p < 0,05$), mentre le differenze nell'elasticità non sono risultate significative.

I risultati confermano che la scelta della filiera produttiva influisce significativamente sul profilo tecnologico e nutrizionale del *kulen* della Baranja e consente la differenziazione del prodotto in funzione degli obiettivi produttivi e di mercato, permettendo ai produttori di ottimizzare il rapporto tra qualità del prodotto e redditività economica.

Parole chiave: *kulen* della Baranja; suino Nero di Slavonia; filiera produttiva; qualità della carne; proprietà testurali.