
»Avtentični produkti višje kakovosti in trajnostna prašičereja (A-SUS)«



AVTORJI POROČILA (po izvajalskih institucijah):

Kmetijski inštitut Slovenije

Prof. dr. Marjeta Čandek Potokar
(vodja)
Dr. Martin Škrlep
Dr. Klavdija Poklukar Žnidaršič
Dr. Bojana Savić

Institut "Jožef Stefan"

Prof. dr. Nives Ogrinc
Katja Babič
Dr. Lidija Strojnik

***Emona Razvojni center za
prehrano***

Dr. Matjaž Červek

FINANCER PROJEKTA:

- ARIS – Javna agencija za znanstvenoraziskovalno in inovacijsko dejavnost Republike Slovenije

SOFINANCERJI PROJEKTA:

- MKGP – Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano
- Jata-Emona d.d.

Vsebina

Povzetek.....	2
Summary	3
1. Opis problema in ciljev	4
2. Kratek povzetek ključnih ugotovitev iz literature.....	8
Primernost surovine (mesa) za predelavo v pršut.....	8
Dejavniki prireje prašičev, ki določajo kakovost mesa prašičev	9
Karakterizacija (fizikalno-kemijska, senzorična) in avtentičnost.....	11
3. Uporabljene metode dela	13
DS1: Karakterizacija (intrinzičnih lastnosti) mesa in pršutov prašičev vzrejenih v različnih sistemih reje – fizikalne, kemijske lastnosti, aromatski (volatilni) in senzorični profil	13
DS2: Ocena sprejemljivosti za potrošnike glede na intrinzične in ekstrinzične lastnosti.....	13
DS3: Avtentičnost mesa glede na način reje in poreklo: ekološko, "izbrana kakovost" in meso iz standardnega načina reje	14
DS4: Diseminacija in uporaba rezultatov	14
4. Rezultati raziskave	15
DS1: Karakterizacija (intrinzičnih lastnosti) mesa in pršutov prašičev vzrejenih v različnih sistemih reje – fizikalne, kemijske lastnosti, aromatski (volatilni) in senzorični profil	15
DS2: Ocena sprejemljivosti za potrošnike glede na intrinzične in ekstrinzične lastnosti.....	18
DS 3 Avtentičnost mesa glede načina reje in porekla	20
DS4 Diseminacija in uporaba rezultatov	22
5. Razprava, zaključki in priporočila naročniku	22
6. Priloga k poročilu – diseminacijski rezultati, ki izhajajo iz projekta.....	23
KIS	23
Znanstveni članki.....	23
V celoti objavljeni članki v zborniku konference	24
Predstavitve na konferencah in različnih dogodkih	24
IJS	25
Znanstveni članki.....	25
Predstavitve na konferencah in različnih dogodkih	25

Povzetek

Koncept projekta je izhajal iz izzivov trajnostne prašičereje, s poudarkom na zagotavljanju kakovostnih in avtentičnih proizvodov, ki sledijo pričakovanjem potrošnikov in izzivom trajnostnega razvoja. Projekt se je ukvarjal z raziskavami na produktu Kraški pršut, ki je gospodarsko zelo pomemben izdelek v Sloveniji, in ki se sooča z močno konkurenco na trgu in potrebuje nadaljnjo diverzifikacijo za zahtevnejše potrošnike ter s produktom sveže meso, ki je deležno zaščite po dveh prostovoljnih shemah kakovosti, "ekološko" in "izbrana kakovost" v primerjavi s standardnim produktom. Projekt je zasledoval tri cilje 1) karakterizacija (fizikalna, kemijska, aromatski in senzorični profil lastnosti) svežega mesa in izdelka kraški pršut, 2) analizirati pričakovanja potrošnikov glede sistemov reje in potrošniška ocena senzorične kakovosti različnih tipov pršuta, 3) oceno metode za določanje razmerja stabilnih izotopov za razlikovanje med svežim svinjskim mesom iz različnih proizvodnih sistemov (ekološka, "izbrana kakovost" in standardna reja) kot orodja za preverjanje trditev oz. pristnosti proizvoda. Posebna pozornost je bila namenjena primerjavi kakovosti mesa iz različnih sistemov reje (konvencionalne in ekološke) ter razvoju pršuta iz lokalnih genotipov, tako modernih kot avtohtonih (krškopoljski prašič), z uporabo domače surovine v procesih predelave. V okviru projekta sta bila razvita dva tipa pršuta iz krškopoljskega prašiča (z različnim krojenjem) ter pršuti iz težjih prašičev slovenskega porekla. Raziskave so obravnavale vpliv skladiščenja, izvora surovine, teže, krojenja in načina soljenja na kakovost končnega izdelka. Pomemben del projekta je bil namenjen analizi potrošniških stališč in percepcij glede kakovosti mesa in pršuta. Rezultati so pokazali, da potrošniki ekološko rejo dojemajo izrazito pozitivno, čeprav se intrinzične lastnosti mesa med

ekološkim in konvencionalnim mesom niso bistveno razlikovale. Ključni vpliv imajo ekstrinzične lastnosti, predvsem poreklo, način reje in oznake kakovosti, in rezultati so pokazali visoko zaupanje potrošnikov v slovensko poreklo oziroma domačo rejo. Senzorično testiranje pršutov s strani potrošnikov je pokazalo, da je bil pršut iz krškopoljskega prašiča bolje ocenjen s strani potrošnikov od standardnega proizvoda, in da so bila pričakovanja pri standardnem pršutu višja od dejanske ocene v slepem testu, medtem ko je bil pri pršutu iz krškopoljskega prašiča slepi test skladen s pričakovanji. Rezultati so razkrili tudi segmentacijo potrošnikov glede teksture in okusa pršuta, eni dajejo prednost tršim in bolj suhim pršutom, drugi pa mehkejšim in bolj sočnim, kar kaže na potrebo po diverzifikaciji ponudbe ter prilagajanju različnim potrošniškim preferencam. Projekt je potrdil uporabnost metode določanja stabilnih izotopov pri preverjanju pristnosti mesa, pri čemer je za uspešnost metode potrebna obsežna referenčna baza podatkov, ki vključuje geografsko, sezonsko in prehransko raznolikost proizvodnje.

Summary

The project concept stemmed from the challenges of sustainable pig production, with a particular focus on ensuring high-quality and authentic products that meet consumer expectations and the demands of sustainable development. The research addressed two main product categories: Kraški pršut (dry-cured ham) – an economically and culturally significant Slovenian product facing strong market competition and the need for further diversification to satisfy demanding consumers – and fresh pork, protected under two voluntary quality schemes, Organic and Selected Quality, in comparison with the standard production system. The project pursued three main objectives 1) characterization (physical, chemical, aromatic, and sensory profiling) of fresh pork and Kraški pršut; 2) Analysis of consumer expectations regarding production systems and consumer sensory evaluation of different ham types; 3) Evaluation of the stable isotope ratio analysis method as a tool for distinguishing fresh pork from different production systems (organic, selected quality, and conventional) and verifying product authenticity. Special attention was given to comparing meat quality from different production systems (conventional and organic) and to the development of dry-cured ham from local pig genotypes, both modern and autochthonous (notably the Krškopolje pig), using locally sourced raw materials in processing. Within the project, two types of Krškopolje hams (with different cutting techniques) and hams from heavier Slovenian pigs were developed. The studies investigated the effects of storage, raw material origin, carcass weight, cutting method, and salting technique on the quality of the final products. A significant part of the project focused on consumer attitudes and perceptions regarding meat and ham quality. The results showed that consumers perceived organic production more positively than conventional, even though intrinsic meat properties between the two systems did not differ significantly. Extrinsic attributes, particularly origin, production system, and quality labels, hold a decisive influence, reflecting high consumer trust in Slovenian origin and domestic production. Consumer sensory testing of hams revealed that dry-cured hams from Krškopolje pigs were rated higher than standard products. Moreover, expectations for standard hams were disconfirmed in blind and informed test, while dry-cured hams from Krškopolje pig achieved ratings consistent with consumer expectations. The study also identified distinct consumer segments based on preferences for texture and flavor, some favoring firmer, drier hams, and others preferring softer, juicier ones, highlighting the need for product diversification and targeted adaptation to different consumer groups. Finally, the project confirmed the applicability of stable isotope ratio analysis as a reliable method for verifying meat authenticity and origin. However, comprehensive reference databases encompassing geographical, seasonal, and dietary variability are essential for the effectiveness of this method in market surveillance.

1. Opis problema in ciljev

Dandanes meso in produkti prašičev izvirajo predvsem iz intenzivnih proizvodnih sistemov, ki so se razvili v smeri izboljšane učinkovitosti in izrazite mesnatosti živali¹. Osredotočanje na selekcijo (genetsko izboljšanje) prašičev na učinkovitost je privedlo do nekaterih negativnih vplivov na kakovost mesa (tehnološke in senzorične lastnosti) ter tudi na hranilne lastnosti svinjine (sveže in predelane)². Sektor pa se sooča z družbenimi zahtevami po visoko hranljivih in bolj zdravih proizvodih ter bolj trajnostni prireji (npr. izboljšana dobrobit živali, biotska raznovrstnost, »natančno krmljenje«) ter krepitev krožnega in lokalnega gospodarstva (npr. uporaba in valorizacija stranskih proizvodov in alternativnih beljakovinskih virov kot živalske krme).

Avtentičnost in sledljivost mesa sta v sodobni družbi izredno pomembni, saj smo priča negativnim stališčem do sistemov prireje³ in povečevanju družbene kritike, ter povpraševanju po boljši kakovosti mesa v smislu varne hrane, prehransko ugodnih snovi (zdravju koristnih)⁴ in organoleptičnih lastnosti. Poleg tega je kakovost mesa in mesnin povezana z stališči oz. mnenji potrošnikov in je odvisna tako od intrinzičnih kot ekstrinzičnih dejavnikov kot tudi posebnosti potrošnikov oziroma njihovih zahtev. Evropska komisija je sprejela zakonodajo za zagotavljanje varnosti in kakovosti živil in kmetijskih proizvodov⁵, ta je poudarjena tudi v zelenem dogovoru Evropske komisije. V tem okviru je zasnovana tudi politika kakovosti za zaščito kmetijskih proizvodov, ki je usmerjena v diverzifikacijo, večjo konkurenčnost in varstvo potrošnikov. Oznake kakovosti zajemajo tradicijo in geografsko raznolikost proizvodov, ki je osnova za bogato kulinarčno dediščino in kulturo, kar je pomembna ekosistemska storitev. V okviru iste politike kakovosti so zaščiteni tudi proizvodi iz ekološke pridelave. V EU je povpraševanje po ekološkem načinu prireje vse večje, izziv za ekološki sektor pa je zagotoviti rast ponudbe in povpraševanja ob hkratnem ohranjanju zaupanja potrošnikov; dolgoročno je zagotoviti verodostojnost sistema in dodano vrednost izjemno pomembno⁶.

Kakovost svinjine je zelo pomembna, saj vedno večji delež potrošnikov raje poje manj mesa višje kakovosti (npr. fleksitarci). V tem primeru lahko oznake ali trditve, povezane z geografskim poreklom in regionalno identiteto (npr. ZOP, ZGO), sveže ali predelano meso z izboljšanimi funkcionalnimi ali zdravju koristnimi lastnostmi (npr. obogateno z omega-3, nizko vsebnostjo soli in maščob) ali mesom iz alternativnih proizvodnih sistemov (npr. ekološki) vpliva na odločitev potrošnikov pri nakupu⁷. Na intrinzično kakovost svinjine vpliva proizvodni sistem oz. način reje, dejavniki ravnanja z živalmi pred in ob zakolu in ter dejavniki predelave⁸. Nesnovni atributi, ki so neločljivo povezani s proizvodnjo mesa in povezani z etičnimi vidiki, odnosom in vedenjem potrošnikov (npr. znamke, trditve na produktih), vplivajo tudi na njihovo dožemanje kakovosti. Študije kažejo, da za percepcijo kakovosti ekstrinzične (zunanje) lastnosti⁹ postajajo potrošnikom vedno bolj pomembne, medtem ko so intrinzične (notranje) lastnosti za potrošnike pomembne kot omejitveni dejavnik pri uživanju hrane

¹http://www.euroconsulting.be/wp-content/uploads/2015/11/pigmeat-dashboard_en.pdf; https://agridata.ec.europa.eu/Reports/Pigmeat_Dashboard.pdf and Sosnicki AA et al. 2003. Proceedings of Manitoba pork seminar, 29–31 Jan.

² Font-i-Furnols M, Guerrero L 2014 Consumer preference, behavior and perception about meat and meat products: An overview. Meat Science, 98, 3,361-371, <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.06.025>.

³ WHO: <https://apps.who.int/bookorders/anglais/dartprtl.jsp?codlan=1&codcol=72&codcch=114>

⁴ Nutrition and health claims: https://ec.europa.eu/food/safety/labelling_nutrition/claims_en

⁵ https://ec.europa.eu/info/food-farming-fisheries/food-safety-and-quality_en

⁶ Communication from the Commission to the European parliament, the Council, the European economic and social committee and the committee of the regions. Action Plan for the future of Organic Production in the European Union. https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/food-farming-fisheries/farming/documents/organic-action-plan_en.pdf

⁷ Scholderer J et al. 2004 Project paper N. 02/04. URL: <http://pure.au.dk/portal/files/32304683/pp0204.pdf>; Vitale et al 2020. Meat Sci, 168, Article 108179.

⁸ Olsson V, & Pickova J. 2005. The Influence of Production Systems on Meat Quality, with Emphasis on Pork. Ambio, 34(4/5), 338-343. TY;

⁹ Sionek B, W Przybylski. 2016. The impact of the ante- and post-mortem factors on the incidence of pork defective meat — a review. Annals of Animal Science 16.

⁹ Husbandry related cues like organic, welfare-friendly, local breed etc., price, brand, origin, nutritional label

oziroma vplivajo na njegovo odločitev za ponovni nakup¹⁰. Zato je ključnega pomena, da bolje razumemo odnos med zunanjimi atributi sveže in predelane svinjine ter sprejemljivostjo za potrošnike.

Objektivna ocena pristnosti (avtentičnosti) živil je izrednega pomena, saj potrošniki vsakodnevno prihajajo v stik z najrazličnejšim mesom različnega izvora. Tako je EU sprejela uredbo o sledljivosti (178/2002/ES), ki opredeljuje „sledljivost hrane in krme“¹¹. Poleg tega je za živila zaščiten v sklopu politike kakovosti potrebna zaščita pred napačnim označevanjem in s tem zavajanjem potrošnika. Čeprav lahko v večini primerov dokumentacijski sistemi sledenja in identifikacija živali služijo temu namenu, živilska industrija potrebuje analitične metode za dokazovanje porekla in preprečevanje namernega ali naključnega napačnega označevanja. Analiza razmerja stabilnih izotopov (*ang. Stabel isotope Ratio Analysis - SIRA*), izmerjena z masno spektrometrijo za analitiko stabilnih izotopov lahkanih elementov (*ang. Isotope Ratio Mass Spectrometry - IRMS*) ima med razpoložljivimi tehnikami¹² velik potencial za določanje pristnosti živil živalskega izvora, in je pomembna tako za proizvajalce kot tudi nadzorne organe. Osnova metode je v prenosu izotopskih signalov (izotopski prstni odtis) bioelementov (H, C, N, O, S) ki so prisotni v lokalni krmi in vodi, v živalska in rastlinska tkiva. Eden najnovejših pomembnih dosežkov analitične kemije je bil razvoj za spojine specifične stabilne izotopske analize (CSIA) organskih spojin, ki se uporablja za nedvoumno identifikacijo biomarkerjev pristnosti živil.¹³ Vendar samo analiza stabilnih izotopov ni dovolj; potreben je ustrezen referenčni nabor pristnih vzorcev, kar predstavlja ključni izziv vzpostavitve sistema sledljivosti za živila. Velik nabor podatkov mora vsebovati vzorce izdelkov, ki so reprezentativni za široko paleto geografskih, sezonskih, prehranskih in proizvodnih pogojev.¹⁴ Do danes je malo podatkovnih zbirk, ki bi pokrivalo regionalno distribucijo izotopskih signalov, med katerimi je trenutno najbolj razvita evropska baza podatkov o vinih¹⁵. Druga pomembna živila, pri katerih se preizkušajo stabilne izotopske tehnike, so živila živalskega izvora.¹⁶

Glede na družbene pomisleke glede načina reje prašičev in vpliva prašičereje na okolje ter preferenc potrošnikov za lokalne proizvode, mora prihodnja paradigma za trajnostno proizvodnjo svinjine in razvoj sektorja imeti celosten pristop, ki povezuje proizvodno funkcijo s ekosistemskimi storitvami. Razvoj pristnih in visokokakovostnih proizvodov iz lokalno vzrejenih prašičev, hranjenih z lokalno krmo, v bolj trajnostnih proizvodnih sistemih je v skladu s perspektivo Zelenega dogovora. Pričujoči projekt naslavlja nekaj izzivov:

1) Razvoj izdelka visoke vrednosti – pršut iz težkih prašičev lokalnega izvora

Sušenje je eden najstarejših načinov konzerviranja mesa. V različnih regijah in podnebjih so uporabljali različne postopke; za sredozemske dežele je značilnost v postopku predelave suho soljenje brez prekajevanja in dolgotrajno sušenje/zorenje. Ena izmed sredozemskih vrst pršuta je tudi slovenski pršut *Kraški pršut*¹⁷, ki je v skladu z evropsko politiko kakovosti zaščiten kot ZGO. Njegova obdelava je sestavljena iz začetne faze (suhega) soljenja, ko stegno absorbira določeno količino soli, ki sprva prodre le v površinske mišice.

¹⁰ Characteristics that are part of the physical product, which cannot be changed without also changing the physical product itself (Olsen, 1977, Olsen & Jacoby, 1972).

¹¹ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32002R0178>

¹² Danezis, G.P., Tsagkaris, A.S., Camin, F., Brusic, V., Georgiou, C.A. 2016. Food authentication: techniques, trends & emerging approaches. *TrAC – Trends Anal. Chem.* 85, 123–132.

¹³ Van Leeuwen, K.A., Prenzler, P.D., Ryan, D., Camin, F. 2014. Gas chromatography-combustion-isotope ratio mass spectrometry for traceability and authenticity in foods and beverages. *Com. Rev. Food Sci. Food Safety* 13, 814–837.

¹⁴ Kelly, S., Heaton, K., Hoogewerff, J. 2005. Tracing the geographical origin of food: the application of multi-element and multi-isotope analysis. *Tren. Food Sci. and Technol.* 16, 555–567.

¹⁵ Camin, F., Boner, M., Bontempo, L., Fauth-Hassek, C., Kelly, S.D., Riedl, J., Rossmann, A. 2017. Stable isotope techniques for verifying the declared geographical origin of food in legal cases. *Tren. Food Sci. & Technol.* 61, 176–187.

¹⁶ Camin, F., Bontempo, L., Perini, M., Piasentier, E., 2016. Stable isotope ratio analysis for assessing the authenticity of food of animal origin. *Com. Rev. Food Sci. & Food Saf.* 15, 868–877.

¹⁷ https://ec.europa.eu/info/food-farming-fisheries/food-safety-and-quality/certification/quality-labels/eu-quality-food-and-drink/kraški-prsut-pgi_en

Med naslednjo fazo mirovanja se sol uravnoteži znotraj celotnega kosa. Za končne faze postopka (sušenje in zorenje) so značilne intenzivne fizikalne in biokemijske spremembe^{18,19,20}, ki dajo pršutu značilno teksturo in okus in značilen, bogat profil hlapnih organskih/aromatskih spojin²¹. Svetovno najbolj poznan je italijanski pršut, katerega proizvodnja temelji na reji težkih prašičev ("*suino pesante*")²² s posebnim sistemom reje prašičev; uporabljajo se sodobne, genetsko izboljšane pasme, vendar z rejskimi praksami prilagojenimi zakolu prašičev pri višji starosti in teži kot je to pri običajni proizvodnji za sveže meso. To vodi do posebne, bolj primerne kakovosti mesa za predelavo v izdelke visoke vrednosti. Ključni dejavniki, ki določajo kakovost pršuta so način krojenja in predelave ter lastnosti stegna, med katerimi so videz (odsotnost napak), pH mišice, debelina maščobe in teža stegna^{23,24}. Nekatere od lastnosti je mogoče spremljati, medtem ko druge, na primer proteolitični potencial, oksidativna stabilnost, zahtevajo laboratorijske analize. Predhodne študije na Kraškem pršutu so se v glavnem ukvarjale z učinkom različnih genotipov prašičev^{25,26} in učinkom trajanja zorenja²⁷. Raziskave so preučevale tudi teksturo²⁸ in proteomski profil²⁹ Kraškega pršuta glede na zmanjšanje soli.

Trenutno se industrija Kraškega pršuta oskrbuje s surovino (prašičja stegna) različnega izvora, kar pomeni uporabo surovin iz standardne intenzivne proizvodnje za sveže meso, ki ni najbolj primerna za izdelke z visoko dodano vrednostjo. Vendar pa je zaradi interesa za oskrbo tržnih niš in v skladu s politiko razvoja na večji dodani vrednosti industrija (sofinancer projekta) zainteresirana za diverzifikacijo izdelka in razvoj izdelka z visoko vrednostjo na osnovi starejših in težjih prašičev lokalnega izvora; tako sodobnih kot tudi lokalnih pasem prašičev. Zato je potrebno boljše razumevanje intrinzičnih lastnosti pršuta v povezavi z dejavniki proizvodnje in sprejemljivosti za potrošnike. V ta namen so potrebne tako prilagoditve v predelavi kot tudi analitična karakterizacija proizvoda; tj. fizikalno-kemijske in senzorične lastnosti ter ocena izboljšanega proizvoda s strani potrošnikov, slednje v primerjavi z drugimi izdelki na slovenskem trgu. To je bilo izvedeno z uporabo poglobljene karakterizacije kakovosti (fizikalnih, kemijskih lastnosti, hlapnih in senzoričnih profilov) in potrošniških preferenc (kvalitativni in kvantitativni testi s potrošniki).

2) Pristnost svinjine iz različnih sistemov reje prašičev in različnih porekel (ekološko, »izbrana kakovost« in standardni produkt)

Znano je, da sistem reje prašičev vpliva na kakovost svinjine; vendar je treba opozoriti, da to pomeni interakcijo številnih dejavnikov (pasma, prehrana, bivanjske razmere v reji), ki medsebojno vplivajo na značilnosti mišic in posledično kakovost mesa. Na primer, lokalne pasme prašičev, ki niso bile selekcionirane na rastnost in mesnatost in so rejene na posebne,

¹⁸ Petrova I & Aasen I.M., Rustad T., Eikevik T. 2015. Manufacture of dry-cured ham: a review. Part I. Biochemical changes during the technological process. *European Food Research and Technology*. 241. 10.1007/s00217-015-2490-2.

¹⁹ Toldra F. 1998. Proteolysis and lipolysis in flavour development of dry-cured meat products. *Meat Sci* 49:S101–S110

²⁰ Toldra F, Flores M. 1998. The role of muscle proteases and lipases in flavor development during the processing of dry-cured ham. *Crit Rev Food Sci Nutr* 38:331-352

²¹ García-González DL, Aparicio R, Aparicio-Ruiz R. Volatile and amino acid profiling of dry cured hams from different swine breeds and processing methods. *Molecules*. 2013 Apr 3;18(4):3927-47. doi: 10.3390/molecules18043927.

²² Ministero delle politiche agricole alimentari e forestali. Decreto 5 dicembre 2019. Modalità per l'ammissione e controllo dei tipi genetici che rispondano ai criteri delle produzioni del suino pesante indicati nei disciplinari delle DOP e delle IGP. (19A07947) (GU Serie Generale n.298 del 20-12-2019)

²³ Čandek-Potokar M & M. Škrlep, 2012. Factors in pig production that impact the quality of dry-cured ham: a review. *Animal*doi:10.1017/S1751731111001625

²⁴ Čandek-Potokar M, Škrlep M. 2011. Dry ham (Kraški pršut) processing losses as affected by raw material properties and manufacturing practice. *J. Food Proc. Preserv.*, 35, 1, 96-111, doi: 10.1111/j.1745-4549.2009.00462.x.

²⁵ Čandek-Potokar M, Monin G, Žlender B. 2002. Pork quality, processing, and sensory characteristics of dry-cured hams as influenced by Duroc crossing and sex. *J. Anim. Sci.*, 80, 4, 988-996.

²⁶ Škrlep M, Čandek-Potokar M, Žlender B, Robert N, Santé-Lhoutellier V, Gou P. 2012. PRKAG3 and CAST genetic polymorphisms and quality traits of dry-cured hams. 3., Associations in Slovenian dry-cured ham Kraški pršut and their dependence on processing. *Meat science*, 92, 4, 360-365, doi: 10.1016/j.meatsci.2012.06.021.

²⁷ Pugliese C, Sirtori F, Škrlep M, Piasentier E, Calamai L, Franci O, Čandek-Potokar, M. 2015. The effect of ripening time on the chemical, textural, volatile and sensorial traits of Biceps femoris and Semimembranosus muscles of the Slovenian dry-cured ham Kraški pršut. *Meat sci.*, 100,58-68, doi: 10.1016/j.meatsci.2014.09.012.

²⁸ Andronikov D, Gašperlin L, Polak T, Žlender B. 2013. Texture and Quality Parameters of Slovenian Dry-Cured Ham Kraški pršut According to Mass and Salt Levels *Food Technol. Biotechnol.* 51,1,112-122

²⁹ Škrlep M, Čandek-Potokar M, Mandelc S, Javornik B, Gou P, Chambon C, Santé-Lhoutellier V. 2011. Proteomic profile of dry-cured ham relative to PRKAG3 or CAST genotype, level of salt and pastiness. *Meat science*, 88, 4, 657-667, doi: 10.1016/j.meatsci.2011.02.025.

pogosto tradicionalne načine, dajejo značilno, zelo cenjeno kakovost mesa in izdelkov³⁰. Tipičen primer je pršut iberijskih prašičev, v zadnji fazi pitanja rejenih v značilnem silvo-pastoralnem sistemu, na pašnikih in želodu. To v kombinaciji z večjo starostjo in težo pri zakolu omogoča izražanje njihovega genetskega potenciala, kar je ugodno za senzorično kakovost. Drug primer je ekološka prireja prašičev. Vpliv ekološke pridelave na senzorične značilnosti svinjine je precej zapleten in je posledica interakcije različnih dejavnikov. Na primer, dejstvo, da v ekološki reji ni dovoljena uporaba sintetičnih aminokislin, otežuje zagotavljanje potreb prašičev po beljakovinah, vendar (če se prašiči hranijo po volji) lahko to izboljša vsebnost intramuskularne maščobe (IMM) v mišicah, kar pozitivno vpliva na senzorično kakovost³¹. Po drugi strani pa zahteva, da imajo prašiči na voljo voluminozno krmo lahko vodi do polaganja te po volji ob hkratni omejitvi "koncentrirane" krme. Medtem ko razpoložljivost voluminozne krme dobro vpliva na dobrobit živali, pa omejevanje krmne mešanice zmanjša rastnost, IMM in posledično kakovost mesa. Tako raziskave poročajo o zmanjšani mehkoobi mesa pri prašičih, rejenih v ekološkem sistemu reje kjer je bilo prašičem dano le 70% količine mešanice, ki jo običajno konzumirajo po volji, ob dodatku voluminozne krme po volji³². Kot ugotavlja pregledni vir³³, niso pravila ekološke pridelave tista, ki determinirajo senzorične značilnosti ekološke svinjine, ampak interakcija dejavnikov povezanih z prehrano, pogoji bivanja (temperatura okolice, površina na žival) in genotipom prašičev, ki vplivajo na značilnosti mišic in maščob ter posledično na senzorično kakovost.

Obema zgoraj navedenima primeroma je skupno, da bazirata na uporabi lokalnih virov krme, kar je zelo pomembno z vidika globalnega trajnostnega razvoja. V prizadevanju za trajnostno prašičerejo s številnimi ekosistemskimi storitvami (biotska raznovrstnost, kakovost, dobrobit živali, okolje) je zagotavljanje krme iz lokalnih virov ključni dejavnik za zmanjšanje vplivov na okolje³⁴. Med potrošniki smo priča povečanemu sklepanju o kakovosti mesa/produktov na podlagi zunanjih/ekstrinzičnih atributov³⁵ (gl. strokovno ekspertizo INRAE o podpori javni politiki glede hrane živalskega izvora³⁶) in povečanemu povpraševanju po takih izdelkih. Kot smo že omenili, je objektivna ocena pristnosti živilskih izdelkov izjemnega pomena, za zaščito potrošnikov pa je potrebna tudi zaščita pred napačnimi ali zavajajočimi oznakami. V Sloveniji je treba povečati ekološko prirejo prašičev ter prirejo svinjine z oznako »izbrana kakovost«, zlasti na družinskih kmetijah, ki proizvajajo lastno krmo. Pomembno je izboljšati njihov tržni potencial, da bodo učinkoviteje konkurirali standardnemu produktu na trgu. Hkrati pa je pomembno tudi razviti nadzor nad pristnostjo, da bi potrošnike zaščitili pred napačnimi ali zavajajočimi oznakami. V ta namen je naš cilj preizkusiti metodo določanja razmerja stabilnih izotopov za analizo treh vrst/oznak svinjine (svežega mesa), ki je prisotna na trgu, da bi preizkusili sposobnost metode določanja stabilnih izotopov za razlikovanje med svinjino z oznakama »ekološka«, »izbrana kakovost« in standardnim produktom na trgu.

³⁰ European Local Pig Breeds - Diversity and Performance. A study of project TREASURE. Ed. M. Candek-Potokar, R. Nieto Linan, Intech Open, London, UK. 303p. doi: [10.5772/intechopen.83749](https://doi.org/10.5772/intechopen.83749)

³¹ Sundrum A., Bürtfering L., Henning M., Hoppenbrock K. H., 2000. Effects of on-farm diets for organic pig production on performance and carcass quality, J. Anim. Sci., 78, 5, 1199-1205. <https://doi.org/10.2527/2000.7851199x>

³² Hansen L.L., C. Claudi-Magnussen, S.K. Jensen, H.J. Andersen. 2006. Effect of organic pig production systems on performance and meat quality, Meat Science, 74, 4, 605-615.

³³ Sundrum A. 2007. Quality in organic, low-input and conventional pig production. In Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition, Handbook of Organic Food Safety and Quality (Cooper J, Niggli U, Leifert C, eds.). Woodhead Publishing, 144-177. <https://doi.org/10.1533/9781845693411.2.144>.

³⁴ Monteiro A.N.T.R., Wilfart A., Utzeri V.J., Batorek Lukač N., Tomažin U., Nanni Costa L., Candek-Potokar M., Fontanesi L., Garcia-Launay F. 2019. Environmental impacts of pig production systems using European local breeds: The contribution of carbon sequestration and emissions from grazing, Journal of Cleaner Production, 237, 117843, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.117843>.

³⁵ Husbandry related cues like organic, welfare-friendly, local breed etc., price, brand, origin, nutritional label;

³⁶ <https://agriculture.gouv.fr/qualite-des-aliments-dorigine-animale-lexpertise-de-linrae-en-appui-aux-politiques-publiques>

3) Cilji projekta

- Cilj 1: karakterizacija (fizikalna, kemijska, aromatski in senzorični profil) lastnosti svežega mesa in izdelka Kraški pršut,
- Cilj 2: analizirati pričakovanja potrošnikov glede sistemov reje in naklonjenosti potrošnikov različnim tipom pršuta iz različnih proizvodnih sistemov,
- Cilj 3: oceno zmožnosti metode določanja razmerja stabilnih izotopov za razlikovanje med svežim svinjskim mesom iz različnih proizvodnih sistemov.

2. Kratek povzetek ključnih ugotovitev iz literature

Primernost surovine (mesa) za predelavo v pršut

Suho soljenje brez prekajevanja je značilno za mediteranski način predelave/sušenja stegen, ki daje produkte, ki so izjemno cenjeni pri potrošnikih, kar dokazujejo številni zaščiteni (ZOP ali ZGO) proizvodi v EU. Med njimi je tudi *Kraški pršut*, daleč najbolj cenjen in prepoznaven mesni izdelek med slovenskimi potrošniki³⁷. Za visokokakovostne izdelke je potrebno meso s primernimi lastnostmi za predelavo (soljenje in dolgotrajno zorenje). Ključna dejavnika, ki določata kakovost končnega izdelka sta postopek predelave in lastnosti surovine³⁸; slednji so še v primeru pršuta še toliko bolj pomembni, saj postopek predelave temelji na preprostem dodajanju soli, v samem postopku predelave pa gre zgolj za nadzor in uravnavanje temperature, relativne vlažnosti ter dolžine zorenja, kar ne omogoča korekcij morebitnih pomanjkljivosti. Čeprav se v različnih regijah postopki razlikujejo, pa v bistvu temeljijo na istem principu, ki obsega več korakov, razdeljenih na fazo soljenja, mirovanja, sušenja in zorenja. Stegna so tekom predelave podvržena zelo zapletenemu procesu, ki vključuje številne biokemične reakcije in spremembe^{39,40,41}. Spremembe se nanašajo na izgubo vode in navzemanje soli ter vplivajo predvsem na proteine in lipide. Mišični proteini so podvrženi intenzivni proteolizi, kar generira veliko količino majhnih peptidov in prostih aminokislin, ki izhajajo iz razgradnje miofibrilarnih proteinov (kot so miozin, aktin, troponin, tropomiozin) z endoproteazami (katepsini B, D, H in L ter do v manjši meri kalpaini) in pozneje z eksoproteazami (peptidaza in aminopeptidaza)⁴². Lipidi v mišicah in maščobnem tkivu so predmet lipolize, ki v poznejših fazah tvori proste maščobne kisline in hlapne snovi kot rezultat oksidacije⁴³. Pogoji v mišicah pred in med postopkom (pH, koncentracija soli, vsebnost in razpoložljivost vode, temperatura) so ključni dejavniki, ki vplivajo na encimsko aktivnost in posledično na kakovost končnega izdelka, tj. na razvoj teksture in značilne arome in okusa izdelka.

Lastnosti surovine (stegen) označujejo njeno primernost za predelavo. Izguba teže (v fazi soljenja) in navzemanje soli v začetni fazi predelave sta ključna indikatorja dinamike dehidracije in zorenja (encimske aktivnosti). Lastnosti stegen, ki vplivajo nanjo, so teža, debelina podkožne maščobe, fizikalno-kemijske lastnosti mesa, tj. pH in sposobnost zadrževanja vode ter lastnosti mišic (količina voda, lipidov, aktivnost endogenih encimov), na katere vplivajo dejavniki v reji prašičev in dejavniki pred/ob zakolu⁴⁴. Če rekapituliramo i)

³⁷ Čandek-Potokar M, Arh M. Evaluating market prospects for Prekmurje dry ham in relation to consumption characteristics of dry meat products in Slovenia. V: Audiot, A. (ed.), Casabianca, F. (ed.), Monin, G. (ed.). Actes du 5ème Symposium International sur le Porc Méditerranéen, Options méditerranéennes, No. 76. Zaragoza: Instituto Agronomico Mediterraneo de Zaragoza. 2007, 327-332.

³⁸ Čandek-Potokar M & M. Škrlep, 2012. Factors in pig production that impact the quality of dry-cured ham: a review. Animaldoi:10.1017/S1751731111001625

³⁹ Petrova I & Aasen I.M., Rustad T., Eikevik T. 2015. Manufacture of dry-cured ham: a review. Part I. Biochemical changes during the technological process. European Food Research and Technology. 241. 10.1007/s00217-015-2490-2.

⁴⁰ Toldra F 1998. Proteolysis and lipolysis in flavour development of dry-cured meat products. Meat Sci 49:S101–S110

⁴¹ Toldra F, Flores M. 1998. The role of muscle proteases and lipases in flavor development during the processing of dry-cured ham. Crit Rev Food Sci Nutr 38:331-352

⁴² Toldrá F, Rico E and Flores J 1993. Cathepsins B, D, H and L activities in the processing of dry-cured ham. Journal of Science of Food and Agriculture 62, 157-161.

⁴³ Toldrá F, Flores M, Aristoy M-C, Virgili R, Parolari G.1996. Pattern of muscle proteolytic and lipolytic enzymes from light and heavy pigs. J Sci.Food Agric.71,124-128.

⁴⁴ Virgili R and Schivazappa C 2002. Muscle traits for long matured dried meats. Meat Science 62, 331-343.

manjše izgube sušenja so pri težjih in bolj mastnih pršutih⁴⁵, ii) večje izgube in večje navzemanje soli je opaženo za meso z nižjo pH vrednostjo in manjšo sposobnostjo zadrževanja vode iii) kakovost pršuta je neustrezna v primeru kakovostnih napak. Razvoj teksture vklj. z napakami teksture so raziskovalci pripisali aktivnosti proteolitičnih encimov in proteolizi⁴⁶ ter temeljito preučevali dejavnike, ki nanje vplivajo, da bi razumeli osnovne biološke mehanizme (npr. starost prašičev, teža, prehrana, genotip in pogoji klanja). Razvoj arome pršuta pa je povezan predvsem s količino in kakovostjo maščobnega tkiva, tudi v povezavi z trajanjem zorenja⁴⁷. Maščoba je pomemben atribut tehnološke in senzorične kakovosti pršuta⁴⁸. Določa razvoj arome ki nastane kot posledica lipolize in poznejše oksidacije maščob⁴⁹.

Dejavniki prireje prašičev, ki določajo kakovost mesa prašičev

Starost in teža ob zakolu. Številni podatki kažejo, da s povečanjem starosti in teže prašičev dobimo večja in bolj mastna stegna, kar je koristno z vidika manjših izgub med sušenjem in za kakovost pršuta. Stegna z več podkožne maščobe imajo tudi več IMM, kar je pomembno za senzorično kakovost mesa; te maščobe imajo tudi bolj nasičene maščobne kisline, kar je ugodno za oksidacijsko stabilnost pršuta⁵⁰. Aktivnost proteolitičnih encimov (endopeptidaz) je pri bolj zrelih živalih bistveno manjša; za stegna starejših in težjih prašičev raziskave poročajo nižje aktivnosti katepsina B, B + L in D⁵¹ ter večje aktivnosti eksopeptidaz (piroglutamil- in dipeptidil-VI) in lipaz⁵². Spol živali. Ni mnogo raziskav, ki bi se osredotočale na vpliv spola živali na proizvodnjo pršuta. Stegna kastratov so v primerjavi s stegni svinjk bolj mastna, zlasti če gre za pitanje do večje teže, kar je lahko pozitivno saj je povezano z večjo marmoriranostjo, počasnejšo difuzijo soli in manjšimi izgubami pri predelavi⁵³. Čeprav tiste redke raziskave ne poročajo o večjih razlikah, pa naša nedavna študija kaže na nekatere prednosti kastratov⁵⁴. Omeniti velja, da je glavna težava v zvezi s spolom živali, če se uporabljajo nekastrirani moški, merjaški; vonj po merjascu je lahko včasih zaznati pri pršutih iz merjascev⁵⁵. Merjaški so tudi precej bolj mesnati kot kastrate, kar lahko dodatno negativno vpliv na kakovost mesa in izdelkov⁵⁶. Genotip prašičev. Pasma prašičev se razlikujejo po rastnosti, telesni sestavi (mesnatosti), prevladujočem presnovnem tipu mišic in značilnostih maščobnega tkiva, kar ima za posledico različno kakovost za proizvodnjo pršuta. V splošnem velja, da so mesnati genotipi/pasme prašičev (tj. Pietrain, belgijski Landrace), ki se uporabljajo za prirejo za trg svežega mesa, manj primerni za proizvodnjo v pršut zaradi večje pojavnosti mesa BMV mesa, večje mesnatosti in tanjše podkožne plasti maščobe, kar vodi v nižjo kakovost izdelka. Literatura kaže⁵⁷, da je v primeru sodobnih pasem kakovost mesa lahko v veliki meri povezana z vplivi dveh genskih mutacij; na genu RYR1 (halotan gen), ki je najbolj pogosta pri pasmah

⁴⁵ Intramuscular and subcutaneous

⁴⁶ Morales R, Serra X, Guerrero L and Gou P 2007. Softness in dry-cured porcine biceps femoris muscles in relation to meat quality characteristics and processing conditions. Meat Sci. 77, 662-669.

⁴⁷ Toldrá, 1998. Proteolysis and Lipolysis in flavour development of dry-cured meat products. Meat Sci., 49 (1998), pp. 101-110

⁴⁸ Antequera T, López-Bote CJ, Córdoba JJ, García C, Asensio MA, Ventanas J, García-Regueiro JA and Díaz I 1992. Lipid oxidative changes in the processing of Iberian pig hams. Food Chemistry 45, 105-110.

⁴⁹ López MO, De la Hoz L, Cambero MI, Gallardo E, Reglero G and Ordóñez JA 1992. Volatile compounds of dry-cured hams from Iberian pigs. Meat Sci. 31, 267-277.

⁵⁰ Lo Fiego DP, Macchioloni P, Minelli G and Santoro P 2010. Lipid composition of covering and intramuscular fat in pigs at different slaughter age. Italian Journal of Animal Science 9, 200-205.

⁵¹ Virgili R, Degni M, Schivazappa C, Faeti V, Poletti E, Marchetto G, Pacchioli MT and Mordenti A 2003. Effect of age at slaughter on carcass traits and meat quality of Italian heavy pigs. Journal of Animal Science 81, 2448-2456.

⁵² Toldrá F, Flores M, Aristoy M-C, Virgili R and Parolari G 1996. Pattern of muscle proteolytic and lipolytic enzymes from light and heavy pigs. Journal of Science of Food and Agriculture 71, 124-128.

⁵³ Čandek-Potokar M, Monin G, Žlender B. 2002. Pork quality, processing, and sensory characteristics of dry-cured hams as influenced by Duroc crossing and sex. J. Anim. Sci. 80, 4, 988-996

⁵⁴ Tomažin U, Škrlep M, Prevolnik Povše M, Batorek Lukač N, Karolyi D, Červek M, Čandek-Potokar M. 2020. The effect of salting time and sex on chemical and textural properties of dry cured ham. Meat science, 161, 107990, str. 1-6, doi: [10.1016/j.meatsci.2019.107990](https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.107990).

⁵⁵ Čandek-Potokar M, Prevolnik Povše M, Škrlep M, Font-I-Furnols M, Batorek Lukač N, Kress K, Stefanski V. 2019. Acceptability of dry-cured belly (Pancetta) from entire males, immunocastrates or surgical castrates: study with Slovenian consumers. Foods, 8, 4, 8. doi: [10.3390/foods8040122](https://doi.org/10.3390/foods8040122).

⁵⁶ Škrlep M, Tomašević I, Mörllein D, Novaković S, Egea M, Garrido Md, Linares M Belén, Peñaranda I, Aluwé M, Font-I-Furnols M. 2020. The use of pork from entire male and immunocastrated pigs for meat products: an overview with recommendations. Animals, 26, 1754, doi: [10.3390/ani10101754](https://doi.org/10.3390/ani10101754).

⁵⁷ Čandek-Potokar M & M. Škrlep, 2012. Factors in pig production that impact the quality of dry-cured ham: a review. Animaldoi:10.1017/S1751731111001625

Pietrain in Belgijski Landrace ter na genu PRKAG3 (mutacija RN), ki jo najdemo pri pasmi Hampshire. Med drugimi sodobnimi pasmami se je pasma Duroc izkazala kot zanimiva za proizvodnjo pršuta zaradi visoke vsebnosti intramuskularne maščobe. Avtohtone pasme, ki niso bile podvržene intenzivnemu selekcioniranju na rastnost in mesnatost, kažejo večjo zamaščenost in IMM⁵⁸. To je ugodno za senzorične lastnosti svinjine na splošno, zlasti pa pomembno za sušene mesnine kot je pršut; še posebej ko gre za kombinacijo z značilnim silvo-pastoralnim sistemom reje na želodu ali kostanju⁵⁹. Razlike med pasmami prašičev je mogoče opaziti tudi v proteolitični aktivnosti, ki je povezana z njihovo rastno presnovo; nižje aktivnosti katepsina B in H so bile dokazane za iberske prašičje linije v primerjavi z nekaterimi sodobnimi genotipi⁶⁰, višja aktivnost katepsina B in vsebnost neproteinskega dušika pri prašičih pasme Duroc⁶¹. Prehrana. Pri prašičih je krma, ki jo uživajo, odgovorna za sestavo maščobnih kislin v njihovem maščobnem tkivu^{62,63}. Sestava maščobnih kislin je pomembna za stabilnost oksidacije maščob; hidroliza in oksidacija maščob močno vplivata na senzorični profil pršuta⁶⁴. Čeprav so nenasičene maščobne kisline pomembne za tvorbo aromatskih spojin, pa je v pršutih bolj zaželen večji delež nasičenih maščobnih kislin, ki so manj nagnjene k oksidaciji, da se izognemo težavam z žarkostjo, oljavostjo in premeško teksturo. Pri reji prašičev za predelavo v pršut, je prehrana na osnovi ječmena bolj primerna kot prehrana na osnovi koruze, saj ječmen daje več nasičenih maščob. Povpraševanje potrošnikov glede senzorične kakovosti pršuta se razlikuje glede na regijo in lokalne navade. Številni zelo cenjeni tradicionalni proizvodi temeljijo na izkoriščanju lokalnih krmnih virov, kot so že omenjena paša in želod v primeru iberskega prašiča ali uporaba mlečne sirotke v Italiji⁶⁵. Pri iberskih prašičih spitanih na paši in želodu⁶⁶ so opazili visoke deleže mononenasičenih maščobnih kislin kot neposredno posledico visoke vsebnosti oleinske kisline v želodu in razlik v hlapnih spojinah, ki izhajajo iz oksidacije nenasičenih maščobnih kislin, ki so posledica načina krmljenja. Visoka koncentracija nenasičenih maščobnih kislin negativno vpliva na kakovost pršuta zaradi njihove dovzetnosti za oksidacijo⁶⁷. Strategija krmljenja lahko vpliva tudi na rast maščobnega tkiva in proteolitično aktivnost. Restriktivno krmljenje vodi v manjše nalaganje telesne maščobe in vsebnosti maščobe v mišicah; slednje je negativno za senzorično kakovost. Prav tako vpliva na proteolitične encime, kot posledica vpliva na rast. Podatkov o tej temi je malo. Dokazano je, da lahko kompenzacijska rast poveča vsebnost maščobe v mišicah, a prav tako tudi proteolitično aktivnost⁶⁸. Reja v hlevu ali na prostem (gibanje, temperatura okolice). Reja na prostem vključuje tako telesno aktivnost kot vpliv zunanjih temperatur, kar se odraža tudi na presnovnih in kontraktilnih lastnostih mišic^{69,70}. Nižje temperature okolice so povezane z večjo

⁵⁸ European Local Pig Breeds - Diversity and Performance. A study of project TREASURE. Ed. M. Candek-Potokar, R. Nieto Linan, Intech Open, London, UK. 303p. doi: 10.5772/intechopen.83749

⁵⁹ Chapters on Iberian pig, Alentejana In: European Local Pig Breeds - Diversity and Performance. A study of project TREASURE. Ed. M. Candek-Potokar, R. Nieto Linan, Intech Open, London, UK. 303p. doi: 10.5772/intechopen.83749.

⁶⁰ Cava R, Ferrer JM, Estévez M, Morcuende D and Toldrá F 2004. Composition and proteolytic and lipolytic enzyme activities in muscle Longissimus dorsi from Iberian pigs and industrial genotype pigs. Food Chemistry 88, 25-33.

⁶¹ Schivazappa C, Degni M, Nanni Costa L, Russo V, Buttazzoni L and Virgili R 2002. Analysis of raw meat to predict proteolysis in Parma ham. Meat Sci. 60, 77-83.

⁶² Smith SB, Smith DR and Lunt DK 2004. Chemical and physical characteristics of meat. Adipose tissue. In Encyclopedia of meat Sciences (eds WK Jensen, C Devine, M Dikeman), pp 225-238, Elsevier Academic Press, Oxford, UK

⁶³ Lebret B. 2008. Effects of feeding and rearing systems on growth, carcass composition and meat quality in pigs. Animal, 2(10), 1548-1558. doi:10.1017/S1751731108002796

⁶⁴ Toldrá F and Flores M, 1998. The role of muscle proteases and lipases in flavour development during the processing of dry-cured ham. Critical Reviews in Food Science 38, 331-352.

⁶⁵ Bosi P and Russo V 2004. The production of the heavy pig for high quality processed products. Italian Journal of Animal Science 4, 309-321.

⁶⁶ Ruiz-Carrascal J, Cava R, Andrés AI and García C 2000. Texture and appearance of dry cured ham as affected by fat content and fatty acid composition. Food Research International 33, 91-95.

⁶⁷ Warnants N, Van Oeckel MJ and Boucqué CV 1996. Incorporation of dietary polyunsaturated fatty acids in pork tissues and its implications for the quality of the end products. Meat Science 44, 125-144.

⁶⁸ Kristensen L, Therkildsen M, Riis B, Sørensen MT, Oksbjerg N, Purslow PP and Ertbjerg P 2002. Dietary-induced changes of muscle growth rate in pigs: effects on in vivo and postmortem muscle proteolysis and meat quality. Journal of Animal Science 80, 2862-2871.

⁶⁹ Fazarinc G, Vrec M, Poklukar K, Škrlep M, Batorek-Lukač N, Branković J, Tomažin U, Čandek-Potokar M (2020). Expression of Myosin Heavy Chain and Some Energy Metabolism-Related Genes in the Longissimus Dorsi Muscle of Krškopolje Pigs: Effect of the Production System. Front. Vet. Sci. 7:533936. DOI :10.3389/fvets.2020.533936

⁷⁰ Lefaucheur L, Lebret B, 2020. The rearing system modulates biochemical and histological differences in loin and ham muscles between Basque and Large White pigs.

konzumacijo in večjim nalaganjem maščob; tako reja na prostem prispeva k drugačni kakovosti mesa. Tipičen primer so lokalne pasme v zunanjih sistemih reje z ugodnejšo sestavo maščobnih kislin, bolj rdečkasto barvo in ugodnejšo senzorično kakovostjo mesa^{71,72}.

Karakterizacija (fizikalno-kemijska, senzorična) in pristnost

Na splošno v ekonomiji velja, da je konkurenčnost v veliki meri odvisna od sposobnosti razvoja novih, diferenciranih izdelkov, ki lahko sledijo percepcijam in željam potrošnikov ter se odmaknejo od ostre stroškovno-cenovne konkurence, ki je značilna za standardne trge⁷³. Potrošniki pri oblikovanju mnenja o kakovosti izdelkov uporabljajo tako notranje kot zunanje attribute; vendar raziskave kažejo, da potrošniki teh atributov pogosto ne znajo/morejo natančno ločevati in oceniti⁷⁴. Intrinzične lastnosti so značilne za sam izdelek in vplivajo na senzorično/jedilno izkušnjo. Kar zadeva kakovost svinjine, so pomembne intrinzične lastnosti povezane s kemičnimi, fizikalnimi in organoleptičnimi lastnostmi mesa/izdelka, ki vplivajo na njegovo hranilno vrednost in senzorično kakovost. Tudi ekstrinzične/zunanje lastnosti, ki so povezane z prirejo, označbo (npr. dobrobit, certificirana kakovost), vplivajo na oblikovanje zaznave kakovosti s strani potrošnika. Potrošniška percepcija označb kakovosti mesa (blagovna znamka, glede na okus, zdravje in uporabnost itd., ali glede na rejo, ekološka in dobrobit živali) ima pomembne posledice za razvoj izdelkov v mesnem sektorju.

Preverjanje pristnosti živila se nanaša na preverjanje, ali je to v skladu z opisom označbe. To lahko vključuje poreklo (vrstno, geografsko ali genetsko), način pridelave (konvencionalni, ekološki, tradicionalne metode, prosta reja). Zaradi vse večje ozaveščenosti javnosti o kakovosti in varnosti mesa postaja preverjanje pristnosti vedno bolj pomembno. Na odločitve potrošnikov v veliki meri vplivajo informacije vezane na označbo, te se lahko nanašajo na notranje in zunanje lastnosti produkta. Za zagotovitev zaupanja potrošnikov v izdelek je predpogoj pošteno in točno označevanje mesa, ki ga morajo nadzorovati organi, za kar so potrebne zanesljive in zanesljive analitične metode. Označba neke posebnosti v kakovosti za izdelke visoke vrednosti je še posebej zanimiva, saj so ti izdelki pogosto tarča lažnega označevanja. Poreklo je pomembno tudi z vidika varnosti hrane, kakovosti in varstva potrošnikov. Potrošnike pa poleg domnevne kakovosti vse bolj zanima tudi geografsko poreklo izdelkov, ki jih uživajo. Zato so metode preverjanja pristnosti živil pomembne tako s komercialnega kot s pravnega vidika. Na voljo so različne metodologije (gl. pregled⁷⁵) z različno primernostjo in uporabnostjo za ta namen. Med najbolj obetavnimi metodami za ugotavljanje avtentičnosti mesa je določanje razmerij stabilnih izotopov in elementov v sledovih.

Čeprav se za oceno pristnosti živalskih proizvodov pogosto uporablja določanje razmerij stabilnih izotopov različnih kombinacij bioelementov⁷⁶, so raziskave na mesu redke. Tako poročajo o učinku prehrane goveda na izotopsko sestavo ogljika in dušika izraženega z $\delta^{13}\text{C}$ in $\delta^{15}\text{N}$ vrednostmi, določene v mišicah, lipidih in dlakah bodisi samostojno⁷⁷ bodisi v

Animal 14:9, pp 1976–1986. doi:10.1017/S175173112000066X

⁷¹ Pugliese C & Sirtori F. 2012. Quality of meat and meat products produced from southern European pig breeds. Meat science. 90. 511-8. 10.1016/j.meatsci.2011.09.019.

⁷² Lebreu, B., Ecolan, P., Bonhomme, N., Méteau, K., & Prunier, A. (2015). Influence of production system in local and conventional pig breeds on stress indicators at slaughter, muscle and meat traits and pork eating quality. *Animal*, 9(8), 1404-1413. doi:10.1017/S1751731115000609

⁷³ Grunert KG, Bredahl L, Brunso K. 2004. Consumer perception of meat quality and implications for product development in the meat sector—a review. Meat Science, 66, 2, 259-272, https://doi.org/10.1016/S0309-1740(03)00130-X.

⁷⁴ Veale R, Quester P, Karunaratna A. 2006. The role of intrinsic (sensory) cues and the extrinsic cues of country of origin and price on food product evaluation. 3rd Int. Wine Business & Marketing Research Conf., Montpellier, 6-7-8 July 2006. <http://www.academyofwinebusiness.com/wp-content/uploads/2010/05/Veale.rtf.pdf>

⁷⁵ Danezis GP, Tsagkaris AS, Camin F, Brusci V, Georgiou CA. 2016. Food authentication: Techniques, trends & emerging approaches Trends in Analytical Chemistry, 85, Part A, 123-132. https://doi.org/10.1016/j.trac.2016.02.026

⁷⁶ Camin F, Bontempo L, Perini M, Piasentier E. 2016. Stable Isotope Ratio Analysis for Assessing the Authenticity of Food of Animal Origin. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 15, 868-877.

⁷⁷ Yanagi, Y., Hirooka, H., Oishi, K., Choumei, Y., Hata, H., Arai, M., Kitagawa, M., Gotoh, T., Inada, S., Kumagai, H. 2012. Stable carbon and nitrogen isotope analysis as a tool for inferring beef cattle feeding systems in Japan. Food Chem. 134, 502–506.

kombinaciji z drugimi razmerji izotopov ($\delta^2\text{H}$, $\delta^{18}\text{O}$ in $\delta^{34}\text{S}$)⁷⁸ ali parametri, povezanimi z različnimi vrstami prehrane (silaža, koncentradi C3 ali C4, pašniki)⁷⁹. Na podlagi $\delta^{13}\text{C}$ in $\delta^{34}\text{S}$ maščobnih in jetrnih tkiv je bilo mogoče ločiti meso iberskega prašiča z zaščito ZOP zaradi njihove prehrane na osnovi želoda⁸⁰ in razlikovati prašiče, ki se prehranjujejo različno (želod ali krma)⁸¹.

Določanja razmerij stabilnih izotopov je bilo uporabljeno za ugotavljanje geografskega porekla mesa; tj. za preverjanje pristnosti ZOP/ZGO/TSG in drugih znakov kakovosti. Nekaterе študije so določale $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$, $\delta^2\text{H}$ in $\delta^{34}\text{S}$ na razmaščenem mesu z lipidno frakcijo in brez nje in s tem pristopom ugotovile pomembne razlike med razmerji izotopov več elementov v vzorcih jagnjetine iz različnih evropskih regij⁸², kot tudi med govedino iz več evropskih in neevropskih držav⁸². Povprečni vrednosti $\delta^2\text{H}$ in $\delta^{18}\text{O}$ sta bili dobro korelirali z zemljepisno širino območja proizvodnje govejega mesa⁸³. Stabilna razmerja izotopov so bila uporabljena tudi za ugotavljanje, ali izdelek prihaja iz ekološkega ali standardnega sistema; opazili so, da je vrednost $\delta^{13}\text{C}$ nad -20‰ mejna vrednost za sistem ekološkega govejega mesa v Evropi, saj je ekološka krma sestavljena predvsem iz rastlin C3, medtem ko je bila uporaba rastlin C4 bolj prisotna pri običajnem kmetovanju⁸⁴. V ekološki svinjini so bili v primerjavi s standardnimi sistemi določeni višje vrednosti stabilni izotopov C in N⁸⁵. Tudi ekološko svinjino je bilo z analizo razmerij stabilnih izotopov in elementov moč razločiti⁸⁶. V raziskavah na pršutih⁸⁷ so preučevali $\delta^2\text{H}$, $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$, $\delta^{18}\text{O}$ in $\delta^{34}\text{S}$ vrednosti v razmaščeni frakciji suhe snovi in maščobe, pri čemer so upoštevali različne vire variabilnosti (izvor, genotip prašičev, režim krmljenja in predelave). Izotopska sestava meteorne vode in prisotnost rastlin C4 v prehrani sta omogočila razlikovanje italijanskega pršuta ZOP od španskega. Tudi različni postopki znotraj serij so dali obetavne razlike v izotopski sestavi, kar bi omogočilo sledenje celotnega sistema predelave, vključno s postopkom predelave, kot dokazuje preverjanje pristnosti pršuta Bayonne v primerjavi s pršutom Parma in Serrano glede na kombinacijo razmerja izotopov elementov v sledovih in stroncija⁸⁸.

⁷⁸ Osorio, M.T., Moloney, A.P., Schmidt, O., Monahan, F.J. 2011. Multielement isotope analysis of bovine muscle for determination of international geographical origin of meat. *J. Agric. Food Chem.* 59(7), 3285–3294.

⁷⁹ Osorio, M.T., Downey, G., Moloney, A.P., Rohrer, F.T., Luciano, G., Schmidt, O., Monahan, F.J. 2013. Beef authentication using dietary markers: chemometric selection and modelling of significant beef biomarkers using concatenated data from multiple analytical methods. *Food Chem.* 141, 2795–801.

⁸⁰ Gonzalez-Martin, I., Gonzalez-Perez, C., Hernandez Mendez, J., Marques-Macias, E., Sanz Poveda, F. 1999. Use of isotope analysis to characterize meat from Iberian-breed swine. *Meat Sci.* 52, 437–441.

⁸¹ Gonzalez-Martin, I., Gonzalez Perez, C., Hernandez Mendez, J., Sanchez Gonzalez, C. 2001. Differentiation of dietary regimen of Iberian swine by means of isotopic analysis of carbon and sulphur in hepatic tissue. *Meat Sci.* 58(1), 25. doi:10.1016/S0309-1740(00)00126-1.

⁸² Camin, F., Bontempo, L., Heinrich, K., Horacek, M., Kelly, S.D., Schlicht, C., Thomas, F., Monahan, F.J., Hoogewerff, J., Rossmann, A. 2007. Multi-element (H,C,N,S) stable isotope characteristics of lamb meat from different European regions. *Anal. Bioanal. Chem.* 389, 309–320.

⁸³ Heaton, K., Kelly, S.D., Hoogewerff, J., Woolfe, M. 2008. Verifying the geographical origin of beef: the application of multi-element isotope and trace element analysis. *Food Chem.* 107, 506–515.

⁸⁴ Boner, M., Förstel, H. 2004. Stable isotope variation as a tool to trace the authenticity of beef. *Anal. Bioanal. Chem.* 378, 301–310.

⁸⁵ Zhao, Y., Yang, S., Wang, D. 2016. Stable carbon and nitrogen isotopes as a potential tool to differentiate pork from organic and conventional systems. *J. Sci. Food Agric.* 96, 3950–3955.

⁸⁶ Zhao Y., Tu T., Tang X., Zhao S., Qie M., Chen A., Yang S. 2020. Authentication of organic pork and identification of geographical origins of pork in four regions of China by combined analysis of stable isotopes and multi-elements. *Meat Science*, 165, 108129. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108129>.

⁸⁷ Perini, M., Camin, F., del Pulgar, J.S., Piasentier, E. 2013. Effect of origin, breeding and processing conditions on the isotope ratios of bioelements in dry-cured ham. *Food Chem.* 136, 1543–1550.

⁸⁸ Barre et al 2020. Potentiel d'authentification des jambons de Bayonne à l'aide des éléments traces et des rapports isotopiques du Strontium 2020. *Journées Recherche Porcine*, 52, 37–42. <http://www.journees-recherche-porcine.com/texte/2020/genetique/g07.pdf>

3. Uporabljene metode dela

DS1: Karakterizacija (intrinzičnih lastnosti) mesa in pršutov prašičev vzrejenih v različnih sistemih reje – fizikalne, kemijske lastnosti, aromatski (volatilni) in senzorični profil

Naloga 1.1	a) Fizikalna in kemijska karakterizacija pršutov (M30-M36) b) Fizikalna in kemijska karakterizacija svežega mesa (M6-M30)
Naloga 1.2	a) Hlapne organske spojine/aromatski profil pršutov (M30-M36) b) Hlapne organske spojine/aromatski profil mesa prašičev iz različnih sistemov reje (M6-M30)
Naloga 1.3	Senzorična analiza pršutov – s panelom izkušenih ocenjevalcev (M30-M36)
Vodja DS, partnerji	KIS, IJS, E-RCP

Priročnik referenčnih metod za ocenjevanje kakovosti mesa⁸⁹, razvit v okviru akcije COST FAIM, je služil kot podlaga (metodologija) za karakterizacijo intrinzičnih lastnosti mesa. Razvili smo inovativne produkte (isti predelovalec, sofinancer projekta) – pršute iz stegen krškopoljskih prašičev in moderne pasme (težjih prašičev – ob enaki krmi), pasmi), z uporabo dveh načinov krojenja. Za teste s potrošniki so bili dodatno nabavljeni pršuti (standardne kraški pršut in Parma) kot primerjalni/referenčni produkti

Naloga 1.1 Karakterizacija fizikalnih in kemijskih lastnosti je obsegala: a) pršute: določanje kemijske sestave (lipidi, proteini, voda), soli, aktivnost vode, oksidativna stabilnost, indeks proteolize, barva (CIE Lab), instrumentalni profil teksture, b) meso: določanje kemijske sestave (lipidi, proteini, voda), hranilne vrednosti (mikroelementi, vitamini A, D, E, maščobne kisline, barve (CIELab), pH, SVV ter teksture

Naloga 1.2 Aromatski profil (vsebnost hlapnih organskih spojin) pršuta in mesa je bil določen s semi-kvantitativno (normalizirana razmerja površin do ustreznih internih standardov) z metodo SPME – GC-MS. Identifikacija je bila izvedena s primerjavo spektralne podobnosti in uporabo knjižnice NIST14 (Agilent, ZDA).

Naloga 1.3 Senzorična analiza pršutov je bila izvedena s panelom izkušenih ocenjevalcev po metodi QDA (kvantitativna deskriptivna analiza) s senzorično oceno intenzivnosti zaznave definiranih deskriptorjev.

DS2: Ocena sprejemljivosti za potrošnike glede na intrinzične in ekstrinzične lastnosti

Naloga 2.1	Analiza odnosa in preferenc potrošnikov
Naloga 2.2	Potrošniška ocena senzorične kakovosti
Vodja DS2	KIS, E-RCP

Naloga 2.1 Poglobljena analiza odnosa in preferenc potrošnikov.

- Izvedli smo dve fokusni diskusiji s potrošniki namenjeni odkrivanju stališč potrošnikov do intrinzičnih in ekstrinzičnih lastnosti pršutov in mesa/svinjina nasploh.
- Izvedli smo spletno anketo s potrošniki v kateri smo ugotavljali odnos/stališča potrošnikov do shem kakovosti (ekstrinzično) ekološki in izbrana kakovost.

Naloga 2.2 Senzorično ocenjevanje s potrošniki. Izvedli smo dva testa s potrošniki.

- ugotavljanje preferenc potrošnikov glede na izbor ob nakupu (vizuelni vtis, trdota kosa)

⁸⁹ Font-i-Furnols M, Čandek-Potokar M, Maltin C, Prevornik-Povše M (eds.) ISBN: 978-0-9931063-2-3; DOI: 10.13140/RG.2.1.4567.4966

v povezavi z ocenjeno senzorično kakovostjo (z metodo *check-all that apply* – CATA). Potrošniški test je bil izpeljan s 626 potrošniki - obiskovalci sejma AGRA.

- Potrošniški test, zasnovan na asociacijski teoriji pričakovanj, ki preučuje vpliv pričakovanj na senzorično zaznavo in oceno izdelka, je bil izveden po metodologiji slepi-pričakovani-informirani z udeležbo 120 potrošnikov.

DS3: Pristnost mesa glede na način reje in poreklo: ekološko, "izbrana kakovost" in meso iz standardnega načina reje

Naloga 3.1	Pristnost mesa glede na način reje in poreklo
Naloga 3.2	Oblikovanje zbirke podatkov z orodji za vizualizacijo
Naloga 3.3	Vrednotenje podatkov in statistično modeliranje
Vodja DS, partnerji	IJS, KIS

V DS3 smo vzpostavili sistem sledljivosti za preverjanje ustrezne deklaracije svinjskega mesa na tržišču z uporabo analize stabilnih izotopov in elementarne sestave. Zbrani so bili vzorci mesa različnega porekla (iz tujine, iz Slovenije), prašičev različnih pasem (moderne in avtohtone pasme), različnih načinov reje oziroma kakovostnih označb (konvencionalne, ekološke, izbrana kakovost). Izvedena je bila analiza razmerja stabilnih izotopov lahkkih elementov ($\delta^2\text{H}$, $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$, $\delta^{18}\text{O}$ in $\delta^{34}\text{S}$), ki smo jo določali z masnim spektrometrom za analitiko stabilnih izotopov lahkkih elementov z različnimi preparacijskimi metodami: elementni analizator (EA/IRMS) in Multiflow ekvilibracijski sistem za analizo $\delta^{18}\text{O}$ v vodi. Elementno sestavo smo določili po mikrovalovnem razklopu z ICP-MS QQQQ. Rezultati meritev so zbrani v bazi/zbirki podatkov IsoFoodTrack (www.isofood.ijs.si). Rezultate smo statistično obdelali. Za razlikovanje med pristnostjo in poreklom svinjine smo naredili dve primerjavi: (i) svinjina iz različnih proizvodnih sistemov in označb (ekološka, izbrana kakovost) napram svinjini iz standardnega sistema reje in ii) slovensko poreklo svinjine glede na tuja porekla, ki so na slovenskem trgu. Predhodna statistična analiza podatkov je bila izvedena z uporabo box-plot diagramov za vizualizacijo in primerjavo porazdelitve stabilnih izotopov in elementov med različnimi pasmami in poreklu. Kruskal-Wallisov test, neparametrična metoda, je bil uporabljen za ugotavljanje statistično značilnih razlik ($p < 0,05$) med različnimi vzorci svinjskega mesa z uporabo programske opreme XLSTAT (ADDInsoft, New York, ZDA). Nadalje smo rezultate obdelali z multivariantno statistično metodo DD-SIMCA (ang. *Data Driven - Soft Independent Modelling of Class Analogy*). Metoda je bila uporabljena za izgradnjo modela, ki potencialno omogoča razlikovanje vzorcev glede na poreklo. Model smo validirali z vzorci tujega izvora. Model predstavlja osnovo za preverjanje deklaracij svinjskega mesa slovenskem tržišču.

DS4: Diseminacija in uporaba rezultatov

Naloga 4.1	Prenos znanja in upravljanje z raziskovalnimi podatki
Naloga 4.2	Usposabljanje
Naloga 4.3	Predstavljanje projekta (vsi partnerji)
Vodja DS, partnerji	E-RCP, KIS, IJS

Vsak partner nosi odgovornost za podatke, ki jih je ustvaril, ter za pripravo in izvajanje svojega načrta upravljanja podatkov. V primeru skupnih objav so si partnerji podatke medsebojno izmenjali. Rezultati projekta in pridobljeno znanje so bili redno predstavljeni znanstveni skupnosti na različnih konferencah ter strokovni javnosti in končnim uporabnikom na specializiranih dogodkih. Posebej velja izpostaviti periodična srečanja s predelovalcem pršuta, ki je sodeloval kot sofinancer projekta, za načrtovanje dela in pregled rezultatov. Rezultati

projekta so bili pripravljeni za objavo v mednarodnih recenziranih znanstvenih revijah, pri čemer so bile vse publikacije, skladno z načeli odprte znanosti, bile objavljene v prostem dostopu.

4. Rezultati raziskave

DS1: Karakterizacija (intrinzičnih lastnosti) mesa in pršutov prašičev vzrejenih v različnih sistemih reje – fizikalne, kemijske lastnosti, aromatski (volatilni) in senzorični profil

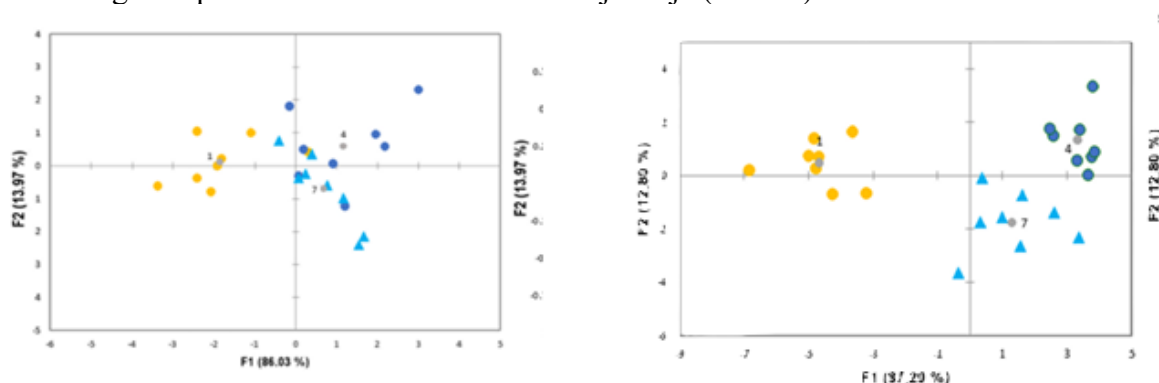
- V sklopu te naloge smo od predelovalca (KRAS d.d.) analizirali pršute (n=56) glede na različen izvor surovine (slovenska surovina, tuji dobavitelji) in težo stegen (lažji, težji) ter glede na vpliv skladiščenja.
- Izvedli smo poskus v predelavi pršuta slovenskega izvora (krškopoljska in moderna pasma, različne kategorije teže noge, skupno 72 stegen), predelava pršutov je bila zaključena v decembru 2023 in material vzorčen. Opravljene so bile vse predvidene kemične analize, senzorična analiza, analize profila teksture (instrumentalne meritve) in aromatskega profila (vsebnost hlapnih organskih spojin).
- V sklopu drugega dela te naloge, posvečenem svežemu mesu smo zbrali vzorce in opravili meritve fizikalnih (pH, barva, SVV, instrumentalne teksture) in kemijskih lastnosti svežega mesa (vsebnost lipidov, proteinov, vode, profila maščobnih kislin, makro- in mikro-elementov, vitaminov) skupno 244 vzorcev mesa prašičev vzrejenih v različnih sistemih reje (ekološki, konvencionalni).
- Opravili smo analizo aromatskega profila a) mišic pršuta *m. semimembranosus* in *biceps femoris*, ki smo ga razvili v sklopu projekta in b) svežega mesa (vzorci mesa konvencionalne reje, krškopoljskega prašiča, vzorci iz ekološke reje prašičev)
- Narejena je bila senzorična analiza QDA (quantitative descriptive analysis) vseh pršutov razvitih v projektu (n=72) s pomočjo skupine 10 usposobljenih ocenjevalcev, ki je vključevala analizo profila 16 deskriptorjev za izgled, okus, vonj in teksturo.
- V sklopu drugega dela je bilo identificiranih skupno 82 hlapnih organskih spojin (HOS), pri čemer se jih 35 HOS pojavlja v več kot 70 % vzorcev. Neparametričen Mann-Whitney test je pokazal, da so za razlikovanje ključni predvsem aldehidi (npr. heptadecanal, hexanal, trans,trans-2,4-decadienal) ter maščobne kisline (npr. tetradecanoic, hexanoic, oleic acid), ki so neposredno povezane z oksidacijo maščob in posledično tvorbo aromatskih komponent. Uporabljen OPLS-DA model je pokazal 79 % natančnost klasifikacije. Ključne spojine, ki prispevajo k ločitvi, so večinoma produkti lipidne oksidacije, npr. trans-2-octenal, trans,trans-2,4-decadienal, ki so bile višje v vzorcih moderne pasme, kar bi lahko bilo povezano z intenzivnejšimi procesi lipidne oksidacije zaradi višjega deleža nenasičenih maščobnih kislin. Profil Krškopolskega prašiča pa so zaznamovale višje vrednosti 2-undecanala, trans-2-decanala in trans-2-nonenala, ki izhajajo predvsem iz oksidacije nasičenih in mononenasičenih maščob. Ti aldehidi prispevajo k mastni, sladkasti in zemeljski aromi, značilni za to tradicionalno pasmo. V sklopu določanja maščobnokislinske sestave je bilo na istem setu vzorcev določenih 28 maščobnih kislin. Skoraj vse (razen C17:1, C18:1 trans 9, C14:1 in C10:0) kažejo statistično pomembne razlike med obema pasmama. Uporabljen OPLS-DA model je pokazal 100 % natančnost klasifikacije, kar potrjuje, da je maščobnokislinski profil zelo uporaben pokazatelj vpliva prehrane. Za ločbo so bile najpomembnejše naslednje spremenljivke: stearinska, palmitoleinska, oleinska, linolejska, gama-linolenska in eikozadienojska kislina. Pri Krškopoljskemu

prašiču je bil opazen višji delež miristoleinske, palmitoleinske in oleinske kisline, kar kaže na krmo bogato z enkrat nenasičenimi maščobnimi kislinami. Nasprotno so bile pri moderni pasmi živali večinoma krmljene s krmili, ki vsebujejo visoke deleže večkrat nenasičenih maščobnih kislin; tako n-6 (npr. linolna, arahidonska kislina) kot n-3 maščobnih kislin (npr. alfa-linolenska kislina). Razmerje n-3/n-6, ki je pri prašičih že sicer nizko (običajno med 1:10 in 1:20) je bilo pri moderni pasmi 1:25, pri Krškopolsem prašiču pa kar 1:33. SFA (nasičene MK) so bile med skupinama razmeroma podobne, kar je pričakovano, saj so te kisline manj dovzetne za prehranske vplive in bolj oksidativno stabilne. PUFA (večkrat nenasičene MK) pa so bolj občutljive na sestavo prehrane, zlasti razmerje med n-3 in n-6 kislinami, in čeprav prispevajo k ugodni hranilni sestavi so bolj nagnjene k oksidaciji, kar se odraža tudi v spremenjenem aromatskem profilu mesa. Dobljeni rezultati imajo pomembno aplikativno vrednost, saj omogočajo zanesljivo razlikovanje med mesom moderne pasme in krškopoljskega prašiča na podlagi aromatskega in maščobnokislinskega profila ter s tem prispevajo k zagotavljanju pristnosti in kakovosti mesa. Poleg tega rezultati ponujajo izhodišče za optimizacijo prehrane živali z namenom izboljšanja hranilne sestave, oksidativne stabilnosti in senzoričnih lastnosti svinjskega mesa.

Metoda za analizo hlapnih organskih spojin (HOS) je bila objavljena že v zgodnji fazi projekta v reviji *Frontiers in nutrition*.

Članek, kjer smo objavili primerjavo intrinzičnih lastnosti svežega mesa iz konvencionalne in ekološke reje smo objavili v *Proceedings of the 14th International Symposium Modern Trends in Livestock Production*. Rezultati so pokazali, da ekološki in konvencionalni sistem reje vplivata na lastnosti mesa, kar bi lahko bilo povezano z razlikami v prehrani prašičev (npr. ravnovesje aminokislin, delež voluminozne krme). Vendar pa krmni obroki na kmetijah niso bili spremljani, zato ni bilo mogoče vzpostaviti vzročnih povezav.

Rezultate, ki so izšli iz analiz pršuta standardnega »kraškega pršuta« kjer smo preverjali vpliva dolžine skladiščenja na kakovost pršuta smo objavili v reviji *Food packaging and shelf life*. Ti rezultati so pokazali, da skladiščenje pršutov v vakuumski embalaži pri nizkih temperaturah do sedem mesecev ne vpliva negativno na njihovo kakovost. Tak način shranjevanja omogoča izenačevanje vsebnosti vlage in teksture pršuta. Poleg tega se je pokazalo, da je hlapni profil pršuta mogoče uporabiti kot kazalnik časa shranjevanja (Slika 1).

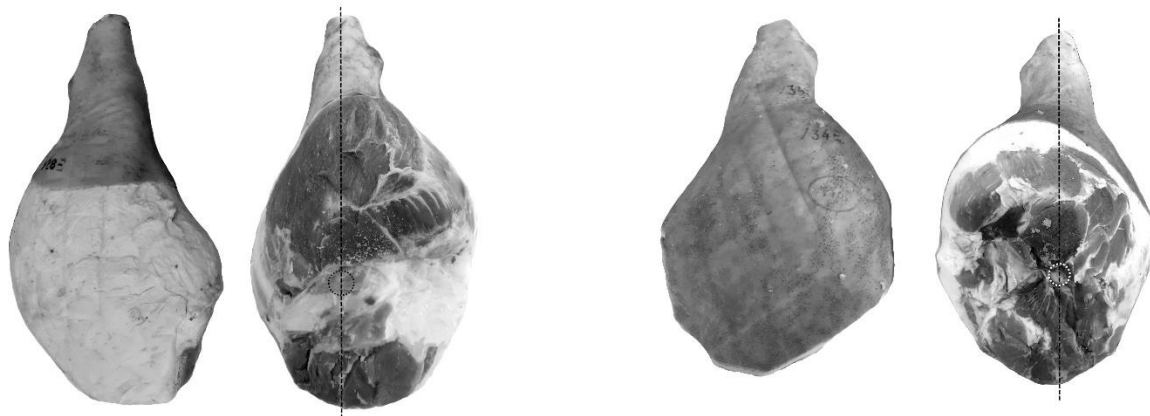


Slika 1: Ločevanje pršutov različnega časa skladiščenja z diskriminantno metodo (levo mišica *biceps femoris*, desno mišica *semimembranosus*)

Rezultate vpliva dobavitelja in teže smo objavili v *Journal of Food processing and preservation*. Rezultati so pokazali razlikovanje med težkimi in lahkimi pršuti (glede na

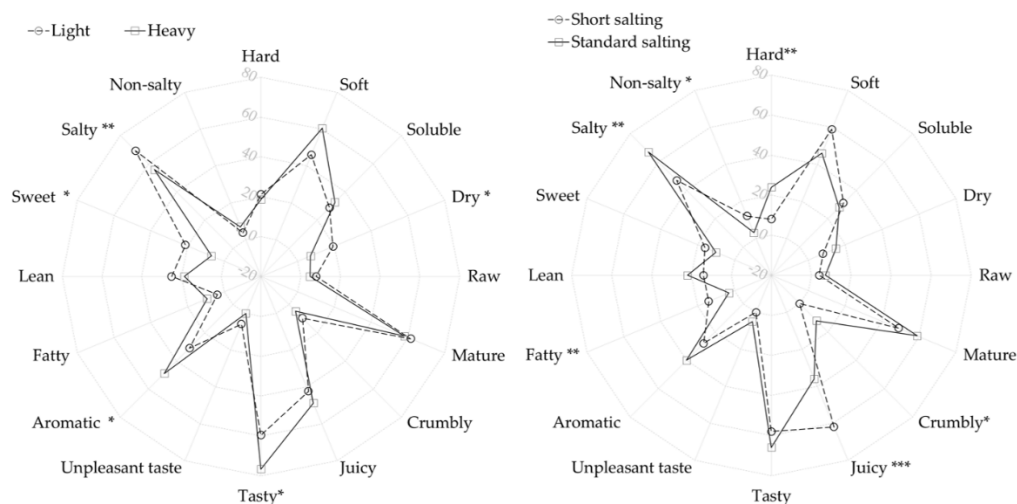
začetno maso) ter med različnimi dobavitelji. Senzorična analiza je razkrila, da so težki pršuti imeli večjo mehkobo, sočnost, topnost in marmoriranost, hkrati pa manjšo slanost v primerjavi z lažjimi pršuti. Primerjava profilov hlapnih organskih spojin (VOC) je pokazala, da je mogoče pršute razlikovati glede na dobavitelje, zlasti znotraj skupine težkih pršutov. Ugotovitve bi lahko prispevale k izboljšanju kakovosti in tržne konkurenčnosti kraškega pršuta, hkrati pa nudijo dragocene usmeritve mesni industriji pri optimizaciji proizvodnih procesov in reševanju izzivov, povezanih z razpoložljivostjo surovin.

V projektu smo namensko razvili proizvode iz krškopoljskega prašiča in slovenskih prašičev večje teže/starosti (Slika 2). Rezultate, kjer smo primerjali pršute krškopoljske pasme po dveh načinih predelave ter primerjalno na moderno pasmo smo objavili v reviji **Meat science**. Kakovost pršutov je bila bolj odvisna od načina krojenja kot od pasme prašičev. Znotraj posameznega tipa izdelka so imeli pršuti iz krškopoljskega prašiča mehkejšo teksturo in manjšo stopnjo oksidacije. Pršut iz krškopoljskega prašiča v tipu istrskega krojenja je vseboval več soli, kazal višjo stopnjo oksidacije in imel tršo teksturo. Edinstveni hlapni profili so omogočili jasno razlikovanje med obema tipoma pršuta. Potrošniki so pokazali večjo naklonjenost pršutom krškopoljskega prašiča, ki so bili predelani kot »kraški pršut«.



Slika 2: Kraški (desno) in istrski (levo) način krojenja pršuta iz krškopoljskega prašiča

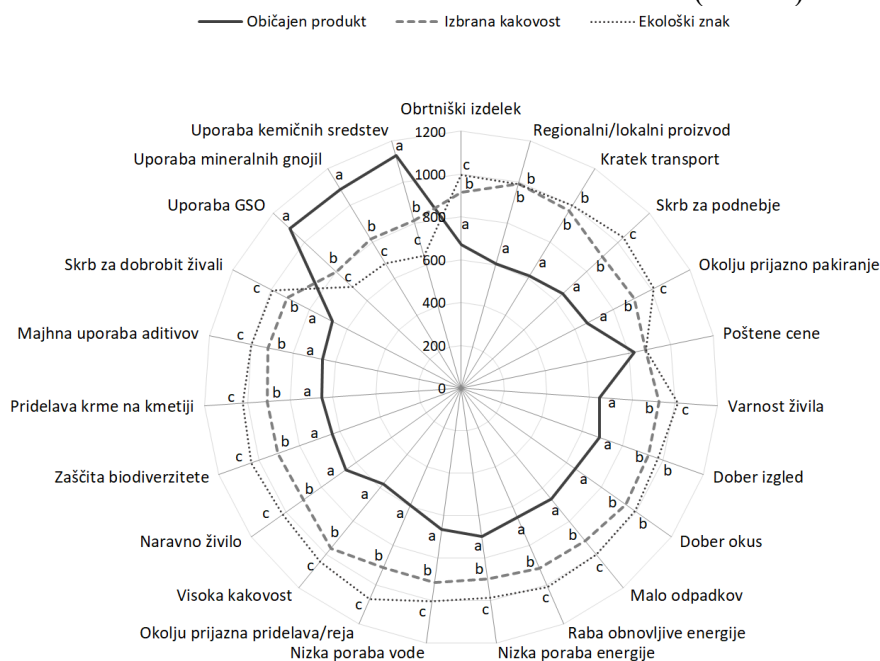
Rezultate iz poskusa, ki je naslavljal vpliv dolžine soljenja in teže (pršut modernih pasem) pa smo objavili v reviji **Foods**. Rezultati so pokazali zmeren vpliv preučevanih dejavnikov. Težja stegna (H) so imela manjše izgube pri predelavi, več vlage in višjo vodno aktivnost, a manj soli in mehkejšo teksturo kot lažja (L). Trajanje soljenja je vplivalo predvsem na izgube mase in vsebnost soli, vendar ne na teksturo. Senzorična ocenjevanja (Slika 3) so pokazala, da so bili lažji pršuti trši, dalj časa soljeni pršuti pa bolj slani, kisli. Potrošniki so izrazili večjo naklonjenost mehkejšim in manj slanim pršutom. Zaključek je še bil, da skrajšanje soljenja ni imelo večjega vpliva, zato naj bodo prihodnje raziskave usmerjene v dodatno optimizacijo faz soljenja in počivanja.



Slika 3: Vpliv teže in soljenja na potrošniško percepcijo pršutov Vir: Savič s sod., 2024

DS2: Ocena sprejemljivosti za potrošnike glede na intrinzične in ekstrinzične lastnosti

Izvedena je bila analiza s potrošniki (internetna raziskava) glede njihovih stališč do ekstrinzičnih in intrinzičnih lastnosti mesa prašičev – primerjali smo oznake ekološki, izbrana kakovost, konvencionalni. Spletna anketa (metoda CAWI) je zajemala skupno 574 anketirancev odbranih uravnoreženo glede na slovensko regijo, spol in starost. Raziskava je pokazala veliko razliko oziroma bolj pozitivna stališča glede obeh shem kakovosti (ekološko meso in izbrana kakovost) napram standardnemu proizvodu, da je bilo v splošnem sicer ugotovljeno najbolj pozitivno stališče do ekološkega mesa, kljub temu pa večjih razlik v percepciji med znakoma ekološko meso in izbrana kakovost ni bilo (Slika 4).

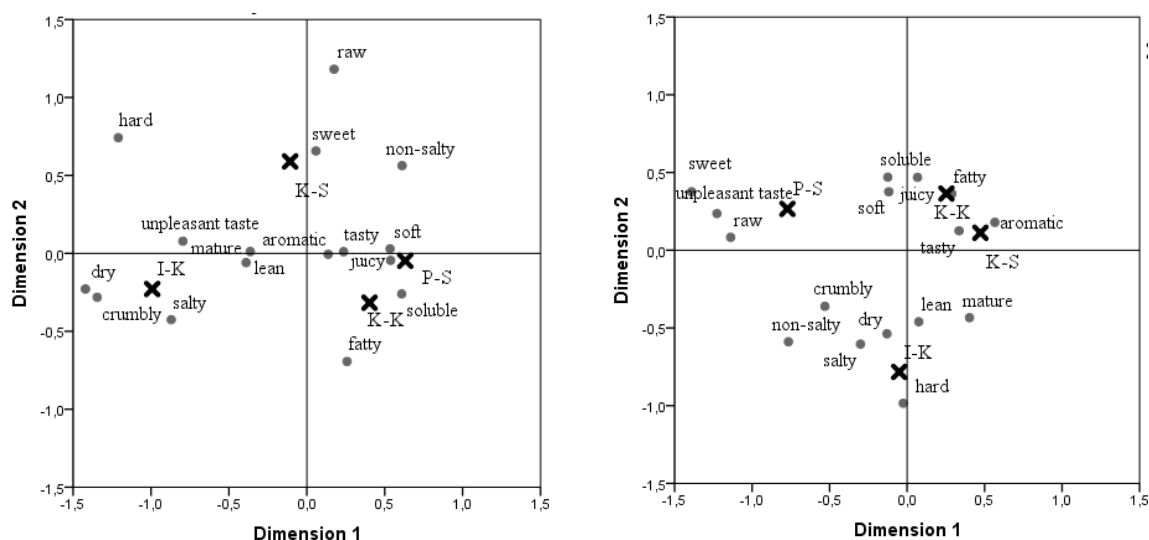


Slika 4: Stališča potrošnikov glede mesa prašičev z oznako kakovosti (ekološki ali izbrana kakovost) napram običajnemu proizvodu. Prikazan je povprečni rang; različne črke označujejo statistično značilne razlike med produkti po posameznih atributih/trditvah. Vir: Savič s sod. (2023)

Izvedli smo dve fokusni diskusiji s potrošniki, kjer smo naslovili odnos in preference slovenskih potrošnikov do intrinzičnih in ekstrinzičnih lastnosti pršuta. Rezultati kažejo, da so za potrošnike med ključnimi lastnostmi kakovosti najpomembnejši intenzivnost okusa, vonj, barva, znamka, geografsko poreklo in sušenje/zorenje. Potrošniki so kot značilnosti dobrega pršuta izpostavili videz (barvo, maščobo in razmerje med maščobo in mesom) ter zrelost pršuta. Med ekstrinzičnimi lastnostmi so kot ključne izpostavili znamko, poreklo izdelka, in postopek predelave/čas zorenja. Nizka cena je bila pogosto zaznana kot indikator potencialno nižje kakovosti in sama po sebi ni bila odločilni dejavnik pri izbiri pršuta.

Poleti 2023 smo izvedli senzorično ocenjevanje pršutov z 626 potrošniki, obiskovalci kmetijsko-živilskega sejma AGRA. Ta potrošniški test je bil načrtovan skladno z interesi proizvajalca in smo testirali potrošniško sprejemljivost. Uporabljene so bile tri skupine pršutov različne teksture, udeleženci pa so ocenjevali všečnost izdelka ter izražali svoje mnenje o njem po metodi CATA. Potrošniki so v približno enaki meri izbrali vse tri skupine pršutov po mehkobi (32 – 29 – 38 %), morda je bil rahel trend preference za trde pršute. Potrošniki so pri izbiri dali večji pomen izgledu (barva, mesnatost) kot strukturi/teksturi. Meritve teksture so potrdile taktilno razvrstitev pršutov v tri razrede glede na njihovo trdoto. Mehkejši pršuti so bili ocenjeni kot bolj sočni in manj slani, a so jih potrošniki dojemali kot manj zrele.

V marcu 2024 je bila zaključena potrošniška analiza s 118 potrošniki, v kateri smo preverjali senzorično všečnost različnih tipov pršuta (raznolikih glede pasme, načina predelave) z uporabo trifaznega testiranja - slepi, pričakovani in informirani test všečnosti v kombinaciji z CATA pristopom. Potrošniki so na splošno izkazali pozitiven odnos do vseh ocenjenih pršutov. Analiza je pokazala največje neskladje med pričakovano in dejansko všečnostjo pri standardnem kraškem pršutu, in najboljšo oceno, nad pričakovanji pri pršutu iz krškopoljskega prašiča. Analiza CATA je razkrila jasne senzorične razlike med pršuti (Slika 5). Na splošno rezultati kažejo, da imata tako pasma prašičev kot tehnologija predelave pomemben vpliv na potrošnikove preference pri skupni všečnosti in v senzorični analizi CATA.



Slika 5: Korespondenčna analiza pozicioniranja testiranih produktov (K-K kraški pršut iz krškopoljskega prašiča, K-S standardni kraški pršut, I-K istrski pršut iz krškopoljskega prašiča in P-S Parma pršut) glede na senzorične atribute v slepem testu (levo) in pričakovanem testu (desno).

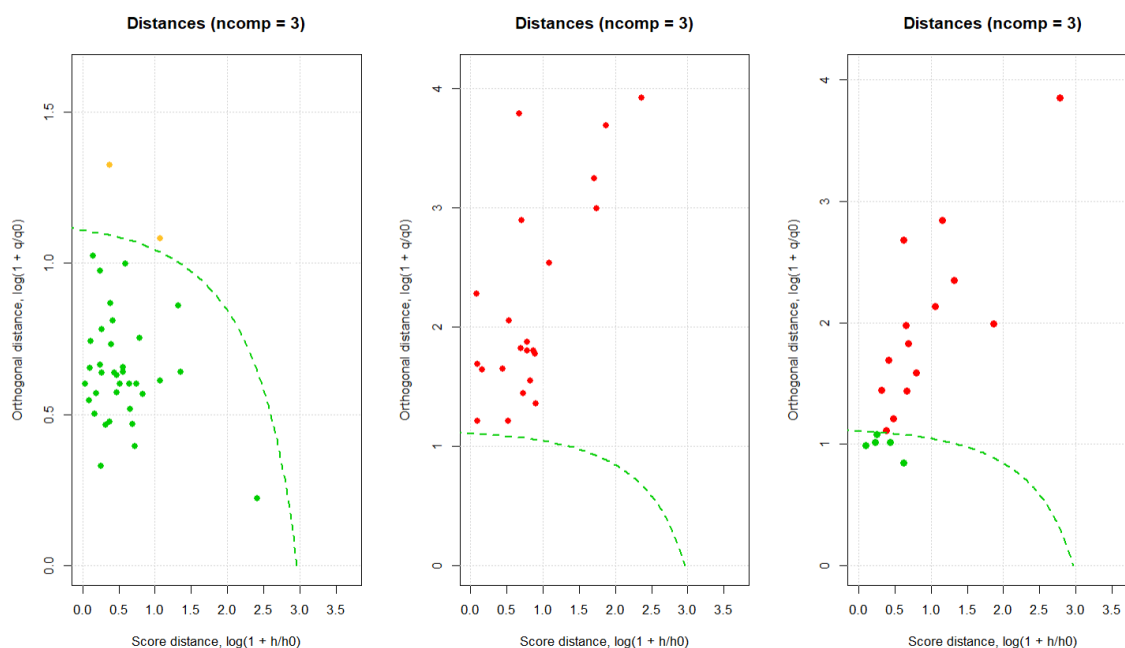
Potrošniške raziskave na pršutu so bile zanimive za sofinancerja so bile Jata-Emona zato so bile načrtovane skupaj z njimi in tudi skladno z njihovimi željami, interesi.

Rezultate testa s potrošniki, kjer smo testirali potrošniško sprejemljivost pršutov različne teksture smo objavili v reviji *Meat Technology*. Rezultate potrošniške analize, kjer smo ugotavljali preference potrošnikov do pršuta iz krškopoljske pasme in v odvisnosti od načina predelave smo objavili v reviji *Meat Science*. Rezultati fokusnih diskusij bodo objavljeni v zborniku konference *Zadравčevi-Erjavčevi Dnevi 2025*. Rezultati spletne ankete o odnosu potrošnikov do označb »ekološki« in »izbrana kakovost« glede na standardni produkt (sveže meso) so sicer bili preliminarно objavljeni v zborniku konference *Zadравčevi-Erjavčevi Dnevi 2023*, načrtujemo pa še objavo, ki bo fokusirana na mednarodni interes, torej poudarek primerjavi odnosa potrošnikov do svinjine iz ekološke ali konvencionalne reje.

DS3 Pristnost mesa glede načina reje in porekla

V raziskavo je bilo vključenih 193 vzorcev svinjskega mesa in sicer pristnih slovenskih vzorcev, pridobljenih neposredno od kmetov iz štirih geografskih regij Slovenije (52 vzorcev sodobne pasme – MB in 68 vzorcev krškopoljske pasme – KP), tujih vzorcev iz različnih evropskih držav (Avstrija, Belgija, Hrvaška, Nemčija, Madžarska, Italija, Španija, EU) ter 19 komercialnih vzorcev, označenih kot meso slovenskega porekla. Nadalje so bili zbrani vzorci mesa različnih proizvodnih sistemov in kakovostnih označb ((konvencionalne, ekološke, izbrana kakovost). V vzorcih smo določili izotopsko sestavo $\delta^{18}\text{O}$ v mesnem soku, ter $\delta^2\text{H}$, $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$, $\delta^{18}\text{O}$ in $\delta^{34}\text{S}$ v vzorcih mesa, ki smo mu predčasno odstranili maščobe z mešanico petrol etra in dietil etra. Analizo stabilnih izotopov smo izvedli na EA/IRMS, $\delta^{18}\text{O}$ v mesnem soku pa na ekvilibracijski enoti Multiflow, ki je sklopljena z IRMS. Elementno sestavo smo izvedli v liofiliziranem vzorcu po mikrovalovnem razklopu na ICP-MS QQQ. Rezultati meritev so vključeni v podatkovno zbirko IsoFoodTrack (www.isofood.ijs.si). Analiza stabilnih izotopov in elementne sestave je razkrila statistično značilne razlike ($p < 0,05$) med krškopoljsko pasmo (KP) in sodobno pasmo (MB) ter med ekološkim in konvencionalnim načinom reje. Vrednosti $\delta^{13}\text{C}$ so bile nižje pri KP ($-21,9 \pm 1,8\text{‰}$) kot pri MB ($-19,8 \pm 1,6\text{‰}$), kar odraža večji delež rastlin tipa C_3 (trave, žita) v prehrani krškopoljskih prašičev ter manjši delež koruze (C_4 rastline) v primerjavi s sodobno rejo. Vrednosti $\delta^{15}\text{N}$ so bile višje pri KP ($6,1 \pm 0,7\text{‰}$) kot pri MB ($5,0 \pm 0,9\text{‰}$), kar kaže na uporabo organskih gnojil in bolj naravno prehrano pri ekološki reji. Podobne trende so poročali tudi Zhao et al. (2020) in Nie et al. (2020), ki sta višje $\delta^{15}\text{N}$ vrednosti povezala z večjim deležem lokalno pridelane organske krme. Pri $\delta^{34}\text{S}$ so se vrednosti gibale med 1,4‰ in 6,5‰, vendar med pasmama ni bilo statistično značilnih razlik. Vrednosti $\delta^{18}\text{O}$ v mesnem soku so se gibale med $-7,1\text{‰}$ in $-2,8\text{‰}$, kar je odražalo geografske značilnosti in izotopsko sestavo lokalne vode, vendar brez jasne razlike med obema pasmama. Elementna analiza je pokazala, da so bile koncentracije makroelementov (Na, K, Ca, Mg, P) statistično značilno višje ($p < 0,01$) pri MB vzorcih, kar je posledica uporabe industrijsko pripravljene krme z dodanimi mineralnimi dodatki. Nasprotno pa so bile koncentracije elementov, kot so Rb, Cs, Ba in Se, višje pri KP ($p < 0,05$), kar potrjuje vpliv geografskega izvora in lokalne krme na elementno sestavo mesa. Za multivariatno obdelavo podatkov in klasifikacijo vzorcev je bila uporabljena kemometrična metoda DD-SIMCA. Model je bil izdelan posebej za 1) preverjanje geografskega izvora (Slovenija vs. tujina) in 2) pasemsko razvrščanje (KP vs. MB). Podatkovna zbirka je bila razdeljena na učni (70 %) in testni niz (30 %). Za optimizacijo modela je bil uporabljen postopek križne validacije ($k = 5$), ki zagotavlja stabilnost in robustnost rezultatov. Uspešnost modelov je bila ocenjena na podlagi občutljivosti (sensitivity), specifičnosti (specificity) in celotne točnosti klasifikacije (accuracy). Statistični prag značilnosti je bil določen pri $p < 0,05$. Model, razvit za določanje slovenskega porekla (ciljni razred: slovenski vzorci; neciljni razred: tuji vzorci), je dosegel 100-odstotno občutljivost (sensitivity) in 95-odstotno specifičnost (specificity; slika 6). To pomeni, da so bili vsi slovenski vzorci pravilno razvrščeni v ciljni

razred, medtem ko je bil le manjši delež tujih vzorcev napačno prepoznan kot slovenski. Grafični prikaz na sliki 1 (t. i. *acceptance plot*) je pokazal jasno ločnico med obema skupinama; slovenski vzorci so se nahajali znotraj območja sprejemljivosti ($\alpha = 0,05$), tuji pa zunaj njega. Ko je bil isti model uporabljen na komercialnih vzorcih, označenih kot *slovensko poreklo*, je analiza pokazala, da se je le 26 % vzorcev ($n = 5$ od 19) nahajalo znotraj območja pristnih vrednostih značilnih za slovenski vzorec. Preostalih 74 % vzorcev je bilo uvrščenih izven območja sprejemljivosti, kar nakazuje na možno napačno označevanje ali mešanje surovin tujega izvora v končne izdelke.



Slika 6. Klasifikacijski model DD-SIMCA: (a) model pristnih vzorcev moderne slovenske pasme (zelene pike; $n=42$); (b) ne-slovenski vzorci (rdeče pike; $n=22$) za validacijo modela; in (c) komercialni vzorci s trga, označeni kot slovenski ($n=19$). Zelena črtkana črta predstavlja $100(1-\alpha)\%$ območje sprejemanja, tj. mejo odločitve, ali vzorec pripada ciljnemu razredu ali ne. Zelene pike predstavljajo pravilno identificirane vzorce ciljnega razreda, oranžne pike pa napačno uvrščene vzorce. Zelene pike na sliki (c) predstavljajo pravilno identificirane vzorce iz testnega nabora, rdeče pike pa napačno uvrščene vzorce pri $\alpha = 0,05$.

Drugi DD-SIMCA model, zasnovan za pasemsko diferenciacijo, je ločeval med krškopoljsko pasmo (KP) kot ciljnim razredom in sodobno pasmo (MB) kot neciljnim razredom. Model je dosegel 91 % občutljivost in 93 % specifičnost, kar potrjuje visoko diskriminacijsko moč kombiniranih podatkov stabilnih izotopov ($\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$) in elementne sestave (Mg, Zn, Se, Rb, Cs, Ba, Tl). Napačno klasificirani vzorci ($n = 3$) so se nahajali v bližini meje sprejemljivosti, kar kaže na možne vplive prekrivajočih se prehranskih režimov ali mešanih sistemov reje.

Rezultati potrjujejo, da metoda DD-SIMCA s kombinacijo izotopskih ($\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$, $\delta^{34}\text{S}$, $\delta^{18}\text{O}$ v mesnem soku) in elementnih parametrov zagotavlja visoko natančnost in robustnost modela, kar omogoča zanesljivo preverjanje deklariranega porekla in pasme svinjskega mesa. Preliminarni rezultati so predmet članka, ki je trenutno v pripravi (K. Babič, L. Strojnik, D. Potočnik, M. Jagodic Hudobivnik, D. Mazeja, L. Bontempo, N. Ogrinc (2025) Beyond the Label: Stable Isotope and Multi-Element Analysis for Slovenian Pork Verification). Rezultati so bili nadalje predstavljeni znanstveni javnosti (*RAFA: 10th International Symposium on Recent Advances in Food Analysis*, *11th Central European Congress on Food and Nutrition*, *15th Pangborn Sensory Science Symposium*, *2nd ISO-FOOD Symposium*, *7th IMEKOFOODS*)

in strokovni javnosti (npr. sejem AGRA). Na 2nd ISO-FOOD simpoziju je K. Babič prejela tudi nagrado za najboljši poster.

DS4 Diseminacija in uporaba rezultatov

Rezultati projekta in znanje, pridobljeno v projektu, je bilo redno predstavljano znanstveni skupnosti (udeležba na znanstvenih konferencah kot so ICoMST, EAAP, s predstavitvijo delnih rezultatov) in uporabnikom (srečanja na AGRA sejmu, srečanja s sofinancerjem projekta). Posebej bi izpostavili sprotne poročanje rezultatov industriji pršuta (sofinancerji). Rezultate smo pripravili za objavo v mednarodnih recenziranih znanstvenih revijah najvišjega ranga (npr. Meat Science). Skladno z načeli odprte znanosti so vse nastale publikacije bile objavljene v prostem dostopu.

Projekt se je začel 1.10.2022. Od začetka trajanja projekta smo organizirali

- 4 sestanke projektnih partnerjev (KIS, E- RCP, IJS, sodelujočega predelovalca pršuta KRAS d.d.) z namenom načrtovanja eksperimentalnega dela, spremljanja projekta in predstavljanja rezultatov.
- Pripravljena je bila spletna stran projekta: https://www.kis.si/ARRS/Projekt_L7-4568_Avtentichni_produkti_visje_kakovosti_in_trajnostna_prasicereja/.
- Objavljenih je bilo 6 znanstvenih člankov v visoko rangiranih revijah (*Frontiers in nutrition*, *Foods*, *Journal of Food Packaging and shelf life*, *Meat science* (2x), ter v celoti objavljeni 4 članki v zbornikih kongresov. Vsi rezultati so dostopni (tudi na spletni strani projekta).
- Za članek v *Journal of Food Packaging and shelf life* smo avtorji dobili priznanje ARIS Odlični v znanosti 2024 s področja biotehnologije, Živalska proizvodnja in predelava
- Za članek v *Meat science* smo avtorji dobili priznanje ARIS Odlični v znanosti 2025 s področja biotehnologije, Živalska proizvodnja in predelava
- Izvedene so bile številne predavitve na znanstvenih konferencah
- Izvedene so bile številne predavitve na srečanjih z rejci, industrijo ali drugimi deležniki (npr. *Mnenje potrošnikov o Kraškem pršutu v primerjavi z inovativnimi produkti*: predavanje na Akademiji o teranu in kraških produktih).
- V raziskavo smo vključevali širšo javnost (koncept občanske znanosti) saj je bil pomemben del raziskav izpeljan s potrošniki (spletna anketa, ocenjevanje pršutov s potrošniki na sejmu AGRA, izvedba senzoričnega ocenjevanja s potrošniki
- V zaključku je tudi doktorska disertacija Katje Babič.

5. Razprava, zaključki in priporočila naročniku

Kakovost mesa in mesnin je odvisna od intrinzičnih (notranjih) dejavnikov, kot so vsebnost maščobe in tekstura, ter ekstrinzičnih (zunanjih), kot so poreklo, način reje in oznake kakovosti. Danes meso in proizvodi prašičev izhajajo predvsem iz intenzivnih proizvodnih sistemov, ki jih potrošniki pogosto dojemajo kot manj trajnostne. Sektor se sooča z vedno večjimi družbenimi zahtevami po zdravih, hranljivih in trajnostno pridelanih proizvodih, s poudarkom na lokalnem izvoru. Prihodnja paradigma trajnostne prašičereje mora združevati proizvodno funkcijo z ekosistemskimi storitvami ter razvijati avtentične, visokokakovostne proizvode iz lokalno vzrejenih prašičev, hranjenih z lokalno krmo.

V tem kontekstu je projekt posvetil pozornost kakovosti mesa iz različnih sistemov reje (konvencionalni in ekološki) ter razvoju izdelkov, kot je kraški pršut, iz lokalnih genotipov (s osebnim poudarkom na avtohtoni pasmi) iz domače surovine. Velik poudarek projekta je bil

zato na potrošniških raziskavah (»kot pika na i«) in analizi njihovih stališč ter percepcij. Ključna ugotovitev je, da potrošniki ekološko rejo dojemajo bolj pozitivno kot konvencionalno, kljub temu, da v intrinzičnih lastnostih mesa ni pomembnejših razlik. To kaže na to kako velik pomen imajo za potrošnika ekstrinzične lastnosti (poreklo, način reje, oznake kakovosti), medtem ko intrinzične lastnosti delujejo kot omejitveni faktor, ki lahko vpliva na odločitev za ponovni nakup. Pri tem je zaznati, da oznaka "izbrana kakovost", ki pomeni predvsem razliko v poreklu mesa, skoraj povsem sovпада z dojetanjem ekološkega proizvoda, kar potrjuje pomen lokalnega izvora in zaupanje slovenskih potrošnikov v domačo rejo. Evropska zakonodaja in politika kakovosti ščitita potrošnike ter spodbujata diverzifikacijo, trajnost in regionalno identiteto proizvodov, vključno z ekološko prirajo.

Preverjanje avtentičnosti mesa je zato ključnega pomena. Projekt je pokazal uporabnost določanja stabilnih izotopov kot metode za ugotavljanje pristnosti mesa in vzpostavil sistem sledljivosti, ki omogoča razlikovanje med pristinimi slovenskimi in ne-slovenskimi vzorci ter s tem podpira preverjanje označb porekla in nadzor kakovosti. Uporaba modela v praksi prispeva k večji sledljivosti izdelkov, zaščiti potrošnikov ter krepitvi zaupanja v avtentičnost proizvodov na trgu.

Uspešna uporaba te metode pa zahteva obsežne referenčne baze podatkov, ki zajemajo geografsko, sezonsko in prehransko raznolikost proizvodnje, zato bo potrebno nadaljnje zbiranje podatkov in kontinuirana rekalkibracija modela v primeru uporabe pri nadzoru na trgu.

Posebne potrošniške študije, izvedene za kraški pršut, so pokazale, da ima ta izdelek visoko vrednost pri slovenskih potrošnikih, čeprav so bila pričakovanja v nekaterih primerih višja od ocen v slepem senzoričnem testu. Produkcija težjih pršutov in pršutov iz krškopoljskega prašiča je ob enaki tehnologiji prinesla kemijsko-fizikalno različnost, hkrati pa so bili ti proizvodi bolje ocenjeni kot standardni pršuti iz uvožene konvencionalne surovine. Raziskava je tudi razkrila segmentacijo potrošnikov glede preferenc: nekateri raje trše in bolj suhe pršute, drugi mehkejše in bolj sočne, pri čemer je delež posameznih segmentov primerljiv. Slednja ugotovitev predstavlja težavo za predelovalca, oziroma kaže na to da bi bila potrebna diverzifikacija produkta oziroma prilagoditev različnim segmentom potrošnikov.

Prašičereja v Sloveniji se čedalje težje sooča z globalno konkurenco, zato je za ohranjanje konkurenčnosti ključno prilagajanje proizvodnje pričakovanjem potrošnikov in družbe. Potrošniki domačo rejo dojemajo kot bolj živalim in okolju prijazno, hkrati pa cenijo slovensko poreklo, pri čemer imajo tradicionalni izdelki poseben ugled, in tu izstopa pršut kot najbolj cenjena sušena mesnina. Vrhunske kakovosti pršuta ni mogoče doseči z mesom iz standardne intenzivne reje. Obstoječi genotipi za tovrstno uporabo so nepreizkušeni, potrebna bi bila prilagoditev prehrane in postopkov ob zakolu, da bi zagotovili primerno surovino. Razvoj v to smer je ključnega pomena tako za ohranjanje prašičereje kot tradicije vrhunskih proizvodov. Nadaljnje raziskave bi se morale osredotočiti tudi na poznavanje in podrobnejšo karakterizacijo lokalnih pršutov in krepitev manjših predelovalcev, ki s prilagodljivostjo lažje sledijo različnim okusom potrošnikov ter prispevajo k razvoju avtentičnih, visokokakovostnih izdelkov.

6. Priloga k poročilu – diseminacijski rezultati, ki izhajajo iz projekta

Objave imajo hiperlink do publikacije (mesta objave).

KIS

Znanstveni članki

SAVIĆ, Bojana, ŠKRLEP, Martin, MARUŠIĆ RADOVČIĆ, Nives, PETRIČEVIĆ, Sandra, ČANDEK-

POTOKAR, Marjeta. Quality of Slovenian dry-cured ham from Krško polje and hybrid pigs : Influence of skin trimming methods. *Meat science*. [Online ed.]. 2025, vol. 222, art. no.109762, str. 1-10, tabele. ISSN 1873-4138. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0309174025000233?via%3Dihub>, <https://dirros.openscience.si/IzpisGradiva.php?id=21445>, dCOBISS, DOI: [10.1016/j.meatsci.2025.109762](https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2025.109762). [COBISS.SI-ID 225052163]

SAVIĆ, Bojana, ŠKRLEP, Martin, FONT-I-FURNOLS, Maria, ČANDEK-POTOKAR, Marjeta. How local pig breed and processing methods affect consumer preferences for dry-cured ham. *Meat science*. [Online ed.]. 2026, vol. 231, art. no.109964, str. 1-4, graf. prikazi. ISSN 1873-4138. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0309174025002256>, <https://dirros.openscience.si/Dokument.php?id=35309&lang=slv>, dCOBISS, DOI: [10.1016/j.meatsci.2025.109964](https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2025.109964). [COBISS.SI-ID 251906051]

ŠKRLEP, Martin, BABIČ, Katja, STROJNIK, Lidija, BATOREK LUKAČ, Nina, OGRINC, Nives, ČANDEK-POTOKAR, Marjeta. Effect of prolonged cold storage in a vacuum package on the quality of dry-cured ham. *Food packaging and shelf life*. [Online ed.]. Mar. 2024, [article no.] 101257, vol. 42, str. 11, ilustr. ISSN 2214-2894. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S221428942400022X?via%3Dihub>, dCOBISS, DOI: [10.1016/j.fpsl.2024.101257](https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2024.101257). [COBISS.SI-ID 186738179]

SAVIĆ, Bojana, ČANDEK-POTOKAR, Marjeta, ŠKRLEP, Martin. Dry-cured ham, 'Kraški pršut', from heavy pig production : a pilot study focusing on the effect of ham weight and salting. *Foods*. 2024, vol. 13, iss. 22, [article no.] 3620, str. 1-11, preglednice. ISSN 2304-8158. <https://www.mdpi.com/2304-8158/13/22/3620>, dCOBISS, DOI: [10.3390/foods13223620](https://doi.org/10.3390/foods13223620). [COBISS.SI-ID 215759875]

V celoti objavljeni članki v zborniku konference

SAVIĆ, Bojana, ŠKRLEP, Martin, POKLUKAR ŽNIDARŠIČ, Klavdija, ČANDEK-POTOKAR, Marjeta. Attitudes of slovenian consumers regarding pork quality - comparing "organic" and "selected quality" labels and standard product. V: *71st ICoMST : abstracts book : 3rd - 8th August 2025, Gerona, Spain : International Congress of Meat Science and Technology*. Gerona: IRTA, 2025. Str. 694-695. <https://www.icomst2025.com/>. [COBISS.SI-ID 246016515]

ČANDEK-POTOKAR, Marjeta, LEBRET, Bénédicte. Nove razvojne smernice in cilji v vrednotenju kakovosti mesa - primer avtohtonih pasem prašičev = Developments and goals in pork quality evaluation - focus on native pig breeds. V: ČEH, Tatjana (ur.), KAPUN, Stanko (ur.). *32. mednarodno znanstveno posvetovanje o prehrani domačih živali [tudi] Zadravčevi-Erjavčevi dnevi 2024 = 32nd International Scientific Symposium on Nutrition of Farm Animals [being] Zadravec-Erjavec Days 2024 : zbornik predavanj = proceedings : Murska Sobota, 14. in 15. november 2024, 14th and 15th November 2024*. Murska Sobota: Kmetijsko gozdarska zbornica Slovenije, Kmetijsko gozdarski zavod, 2024. Str. 47-53, ilustr., grafi. ISBN 978-961-96187-7-6. [COBISS.SI-ID 215645187]

SAVIĆ, Bojana, ŠKRLEP, Martin, POKLUKAR ŽNIDARŠIČ, Klavdija, BATOREK LUKAČ, Nina, ČANDEK-POTOKAR, Marjeta. Variation in carcass, meat and fat quality of autochthonous breed in conventional and organic production system. V: ŠKRBIČ, Zdenka (ur.). *14th International Symposium Modern trends in livestock production : 4-6 October 2023, Belgrade, Serbia : proceedings*. Belgrade: Institute for Animal Husbandry, 2023. Str. 93-103, ilustr. ISBN 978-86-82431-80-0. [COBISS.SI-ID 167585283]

SAVIĆ, Bojana, KOVAČIČ, Martina, ŠKRLEP, Martin, ČANDEK-POTOKAR, Marjeta. Stališča slovenskih potrošnikov glede kakovosti mesa prašičev z oznako ekološki, izbrana kakovost glede na standardni produkt = Attitudes of Slovenian consumers regarding pork quality - comparison of labels organic and selected quality with the standard product. V: ČEH, Tatjana (ur.), KAPUN, Stanko (ur.). *31. mednarodno znanstveno posvetovanje o prehrani domačih živali [tudi] Zadravčevi-Erjavčevi dnevi 2023 = 31st International Scientific Symposium on Nutrition of Farm Animals [being] Zadravec-Erjavec Days 2023 : zbornik predavanj = proceedings : Murska Sobota, 16. in 17. november 2023, 16th and 17th November 2023*. Murska Sobota: Kmetijsko gozdarska zbornica Slovenije, Kmetijsko gozdarski zavod, 2023. Str. 187-193, ilustr. ISBN 978-961-96187-5-2. [COBISS.SI-ID 173428227]

Predstavitve na konferencah in različnih dogodkih

ČANDEK-POTOKAR, Marjeta, LEBRET, Bénédicte. New developments and goals in meat quality evaluation : emphasis on local pig breeds. V: *7th Fatty Pig & 12th Mediterranean Pig Meeting : 12-14 September, 2024, Budapest, Hungary*. [Budapest: University of Veterinary Medicine], 2024. Str. 16. [COBISS.SI-ID 207974659]

SAVIĆ, Bojana, ŠKRLEP, Martin, FONT-I-FURNOLS, Maria, POKLUKAR ŽNIDARŠIČ, Klavdija,

ČANDEK-POTOKAR, Marjeta. Expectations of Slovenian consumers regarding pork from conventional, organic, or domestic production. V: *Book of abstracts of the 3rd Regional Meeting of the European Federation of Animal Science : Krakow, Poland 9-11 April, 2025*. Krakow: EAAP, 2025. Str. 82. Book of Abstracts, No. 36. https://docs.eaap.org/boa/2025_Krakow_EAAP_Book_Abstracts.pdf.

SAVIĆ, Bojana, ŠKRLEP, Martin, POKLUKAR ŽNIDARŠIČ, Klavdija, BATOREK LUKAČ, Nina, ČANDEK-POTOKAR, Marjeta. Razlike v kakovosti mesa in maščobe pri krškopoljskem prašiču rejenem v konvencionalnem ali ekološkem sistemu. V: *Krškopoljski prašič : Slovenska [!] avtohtona pasma : kralj slovenske kulinarike*. [Novo mesto]: Društvo rejcev krškopoljskih prašičev, 2023. Str. 15, ilustr. [COBISS.SI-ID [163685891](#)]

ČANDEK-POTOKAR, Marjeta, SAVIĆ, Bojana, ŠKRLEP, Martin. Mnenje potrošnikov o Kraškem pršutu v primerjavi z inovativnimi produkti = *Opinione dei consumatori sul Prosciutto "Kraški pršut" rispetto a prodotti innovativi : predavanje na Akademiji o teranu in kraških produktih, v okviru projekta AGROTUR+ = Accademia del terrano e dei prodotti del Carso, Štanjel, 6. nov. 2024*. [COBISS.SI-ID [214520835](#)]

ČANDEK-POTOKAR, Marjeta, SAVIĆ, Bojana, ŠKRLEP, Martin. Primerjava avtohtone (Krškopoljski prašič) in moderne pasme ter vpliv načina predelave na kakovost pršuta : rezultati raziskave v okviru projekta L7-4568: "Avtentični produkti višje kakovosti in trajnostna prašičereja - A-SUS" : predavanje za projektne partnerje ter predstavitev poteka dela na projektu, Šepulje, 09.07.2024. [COBISS.SI-ID [201854723](#)]

ŠKRLEP, Martin, ČANDEK-POTOKAR, Marjeta, SAVIĆ, Bojana. Primerjava različnega soljenja in teže stegen na kakovost pršuta : rezultati raziskave v okviru projekta L7-4568: "Avtentični produkti višje kakovosti in trajnostna prašičereja - A-SUS" : predavanje za projektne partnerje ter predstavitev poteka dela na projektu, Šepulje, 09.07.2024. [COBISS.SI-ID [201852163](#)]

SAVIĆ, Bojana, ŠKRLEP, Martin, ČANDEK-POTOKAR, Marjeta. Rezultati potrošniških raziskav v okviru projekta L7-4568: "Avtentični produkti višje kakovosti in trajnostna prašičereja - A-SUS" : predavanje za projektne partnerje ter predstavitev poteka dela na projektu, Šepulje, 09.07.2024. [COBISS.SI-ID [201854211](#)]

ČANDEK-POTOKAR, Marjeta, ŠKRLEP, Martin. Sredozemski pršuti, podobnosti in razlike = *Prosciutti mediterranei, somiglianze e differenze : predavanje na Pršut in vino, kulinarčno-izobraževalni dogodek = Prosciutto e vino, evento culinario-didattico : AGROTUR+ giornata nell ambito della Scuola Estiva AGROTUR+ = AGROTUR+ dan v okviru Poletne šole AGROTUR+, 5 agosto 2024/ 5. avgust 2024*. [COBISS.SI-ID [205562371](#)]

ČANDEK-POTOKAR, Marjeta, ŠKRLEP, Martin. Kraški pršut ima svoje mesto v zdravi prehrani : predavanje na Akademiji o teranu in kraških produktih v okviru projekta AGROTUR+, Štanjel, 9. nov. 2023. [COBISS.SI-ID [172095747](#)]

ČANDEK-POTOKAR, Marjeta. Predstavitev projekta in potek dela na projektu : Avtentični produkti višje kakovosti in trajnostna prašičereja, A-SUS : KRAS, Šepulje, 21. nov. 2023. [COBISS.SI-ID [173756163](#)]

ČANDEK-POTOKAR, Marjeta, SAVIĆ, Bojana. Rezultati potrošniške raziskave na sejmu AGRA o sprejemljivosti pršuta različnih mehkob : predavanje v okviru projekta Avtentični produkti višje kakovosti in trajnostna prašičereja, A-SUS : KRAS, Šepulje, 21. nov. 2023. [COBISS.SI-ID [173758211](#)]

IJS

Znanstveni članki

BABIČ, Katja, STROJNIK, Lidija, ČIRIČ, Andrija, OGRINC, Nives. Optimization and validation of an HS-SPME/GC-MS method for determining volatile organic compounds in dry-cured ham. *Frontiers in nutrition*. 2024, vol. 11, str. 1-13, ilustr. ISSN 2296-861X. [COBISS.SI-ID [183564547](#)] <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnut.2024.1342417/full>, DOI: [10.3389/fnut.2024.1342417](#).

BABIČ, Katja, ŠKRLEP, Martin, STROJNIK, Lidija, ČANDEK-POTOKAR, Marjeta, OGRINC, Nives. Quality differentiation of Kraški pršut : exploring the impact of weight, suppliers and aroma-sensory correlations. *Journal of food processing and preservation*. 2025, vol. 2025, art. 3642784, str. 1-16. ISSN 0145-8892. [COBISS.SI-ID [244292355](#)] DOI: [/10.1155/jfpp/3642784](#).

Predstavitve na konferencah in različnih dogodkih

BABIČ, Katja, ŠKRLEP, Martin, STROJNIK, Lidija, ČANDEK-POTOKAR, Marjeta, OGRINC, Nives. Effect of raw material, muscle type and storage time on the sensory characteristics of dry-cured ham. V: *Pangborn 2023 : 15th Pangborn Sensory Science Symposium : meeting new challenges in a changing world : book of abstracts* :

20-24 August 2023, Nantes. [S. l.: s. n., 2023]. Str. 461. [COBISS.SI-ID [165929987](#)]

BABIČ, Katja, POTOČNIK, Doris, STROJNIK, Lidija, JAGODIC HUDOBIVNIK, Marta, MAZEJ, Darja, OGRINC, Nives. Characterization of Slovenian pork meat based on stable isotope ratio, multi-elemental analysis and multivariate modelling approaches. V: OGRINC, Nives (ur.), et al. *2nd ISO-FOOD Symposium From Food Source to Health : book of abstracts : Portorož, Slovenia, April 24-26, 2023*. 1st ed. Ljubljana: Jožef Stefan Institute, 2023. Str. 49, ilustr. ISBN 978-961-264-268-6. [COBISS.SI-ID [151292163](#)]

BABIČ, Katja, POTOČNIK, Doris, STROJNIK, Lidija, OGRINC, Nives, et al. Geographical authentication of Slovenian pork meat by stable isotope ratios of H, C, N, O and S. V: *7th IMEKOFOODS : Worldwide food trade and consumption: quality and risk assessment, October 25-27, 2023*. [S. l.: s. n.], 2023. Str. 78. <https://conferences.imeko.org/event/6/>. [COBISS.SI-ID [188864003](#)]

BABIČ, Katja, POTOČNIK, Doris, STROJNIK, Lidija, JAGODIC HUDOBIVNIK, Marta, MAZEJ, Darja, OGRINC, Nives. Can we verify the origin of Slovenian pork meat on the market?. V: RASPOR, Peter (ur.), et al. *11th Central European Congress on Food and Nutrition : food, technology and nutrition for healthy people in a healthy environment : CEFood congress book : [September 27-30, 2022], Čatež ob Savi, Slovenia*. Ljubljana: European Declaration on Food, Technology and Nutrition Network, 2022. Str. 98. ISBN 978-961-95942-0-9. [COBISS.SI-ID [135738883](#)]

BABIČ, Katja, STROJNIK, Lidija, OGRINC, Nives. *Hlapne organske spojine v kraškem pršutu : Šepulje*, 7. 3. 2023. [COBISS.SI-ID [165941251](#)]

BABIČ, Katja, POTOČNIK, Doris, JAGODIC HUDOBIVNIK, Marta, MAZEJ, Darja, OGRINC, Nives. Discrimination of Slovenian pork meat according to geographical origin. V: NOVAK, Rok (ur.), et al. *14. študentska konferenca Mednarodne podiplomske šole Jožefa Stefana = 14th Jožef Stefan International Postgraduate School Students' Conference: knjiga povzetkov = book of abstracts: 1. - 3. junij 2022, Kamnik, Slovenia = 1st - 3rd June, 2022, Kamnik, Slovenia*. 14. študentska konferenca Mednarodne podiplomske šole Jožefa Stefana, 1. - 3. junij 2022, Kamnik, Slovenia = 14th Jožef Stefan International Postgraduate School Students' Conference, 1st - 3rd June, 2022, Kamnik, Slovenia. Ljubljana: Jožef Stefan Institute: Jožef Stefan International Postgraduate School, 2022.

BABIČ, Katja, POTOČNIK, Doris, STROJNIK, Lidija, JAGODIC HUDOBIVNIK, Marta, MAZEJ, Darja, OGRINC, Nives. Origin authentication of Slovenian pork meat. V: PULKRABOVÁ, Jana (ur.). *Book of abstracts: 10th International Symposium on Recent Advances in Food Analysis, September 6-9, 2022, Prague, Czech Republic*. Praha: University of Chemistry and Technology, 2022. Str. 205. ISBN 978-80-7592-138-3. <https://rafa2022.eu/pdf/Book%20of%20Abstracts%20RAFA%202022.pdf>. [COBISS.SI-ID [129588739](#)]