

Primjena organskih kiselina u dekontaminaciji trupova klaonički obrađenih životinja

Meri Blažević¹, Marta Kiš², Željka Cvrtila², Nevijo Zdolec^{2*}

Sažetak

Mikrobiološko onečišćenje površine trupova životinja neizbježno nastaje pri klaoničkoj obradi ili je rezultat ozbiljnih higijensko-tehnoloških propusta. Cilj je svih mjera dobre higijenske i proizvođačke prakse postići što bolji mikrobiološki status trupa odnosno što manju populaciju bakterija indikatora onečišćenja te smanjiti incidenciju patogenih bakterija. Ponekad te mjere ne daju učinka, te se pristupa dekontaminaciji trupa, najčešće toplom vodom ili blagim otopinama organskih kiselina, mliječne ili octene. Uspješnost dekontaminacije trupova organskim kiselinama ovisi o mnogobrojnim čimbenicima; razini inicijalne kontaminacije, vrsti i osjetljivosti određene vrste mikroorganizma, načinu primjene otopine organske kiseline i trajanju izlaganja, koncentraciji i pH vrijednosti, temperaturi kiseline i trupa koji se tretira, tlaku primjene i kombinaciji navedenih čimbenika. Kemijska dekontaminacija ne smije imati štetan utjecaj na konačni proizvod i okoliš. Dekontaminaciju nikako ne treba doživljavati zamjenom za dobru higijensku praksu, odnosno alatom rješavanja neodgovorne nehigijenske obrade trupova.

Ključne riječi: sigurnost mesa, dekontaminacija, organske kiseline, mikroorganizmi

Uvod

Poznato je da meso zdravih životinja prije klanja ne sadrži (patogene) mikroorganizme već oni dospijevaju na površinu klaonički obrađenih trupova tijekom obrade iz različitih izvora; s kože, unutarnjih organa, opreme, ruku klaoničkog osoblja, zraka, vode itd.. (Matthews i sur., 2019.). Pro tome su u javnozdravstvenom smislu najznačajnije bakterijske biološke opasnosti *Campylobacter* spp., *Salmonella* spp., verotoksična *Escherichia coli*, *Yersinia enterocolitica*, te rezistentne enterobakterije

(ESBL, AmpC). Neposredno prije klaoničke obrade vrlo je korisno poznavati status životinja (kategorija farme prema riziku) s obzirom na te patogene, kako bi se mogli odlučiti za metodu kontrole, odnosno smanjenja ili eliminacije rizika u klaonici. Jedna od krajnjih intervencijskih metoda jest kemijska dekontaminacija trupova organskim kiselinama, a koja se uobičajeno preporuča u slučaju kada procedure dobre proizvođačke i higijenske prakse nisu učinkovite za ostvarenje ciljanog mikro-

¹ Meri Blažević, Veterinarska stanica Sisak

² Marta Kiš, dr. med. vet., asistentica, dr. sc. Željka Cvrtila, redovita profesorica u trajnom zvanju, dr. sc. Nevijo Zdolec, redoviti profesor; Sveučilište u Zagrebu, Veterinarski fakultet, Zavod za higijenu, tehnologiju i sigurnost hrane, Zagreb

*autor za korespondenciju: nzdolec@vef.unizg.hr

biološkog statusa trupova prije hlađenja. Pri tome naglašavamo da dekontaminaciju ne treba smatrati rješenjem za lošu higijensku praksu, već tek izuzetkom ukoliko sve mjere i intervencije dobre prakse od farme do klaonice ne daju učinka u smanjenju mikrobioloških rizika.

Danas je razvijeno više različitih metoda dekontaminacije trupova, a mogu se podijeliti u tri skupine: fizikalne, kemijske i biološke metode. Međutim, samo neke od njih su zakonski odobrene za primjenu u mesnoj industriji, primjerice dekontaminacija goveđih trupova mliječnom kiselinom (Albert i sur., 2021.). Fizikalne metode su najpopularnije i najčešće korištene u dekontaminaciji mesa, primarno u preradi i predpakiranju, dok su u dekontaminaciji trupova rijetko prisutne. Za razliku od kemijskih metoda, fizikalne su brže, jednostavnije i široko primjenjive u lancu proizvodnje. Jedna od uobičajenih fizikalnih metoda je prskanje trupova vrućom vodom. Ona se može upotrijebiti u fazi obrade prije hlađenja trupova te ne zahtijeva posebnu zakonsku regulativu, za razliku od kemijskih metoda. Može se dodatno upotpuniti hlađenjem trupa suhim zrakom ili raspršivanjem vode (Bunčić i Sofos, 2012.). Dekontaminacija vrućom vodom podrazumijeva primjenu vode u temperaturnom rasponu od 74 °C do 85 °C, dok se na višim temperaturama već može govoriti o primjeni vodene pare (Antić i sur., 2018.). U sažetku dosadašnjih rezultata istraživanja o primjeni vruće vode u dekontaminaciji goveđih trupova, autori navode kako je pranje trupova vrućom vodom znatno smanjilo broj svih indikatorskih bakterija za 1-2,5 \log_{10} CFU, s dodatnim smanjenjem od 0,5-1 \log_{10} CFU ukoliko je naknadno korištena i organska kiselina. Temperatura vode korištena za pranje trupova uglavnom je iznosila oko 70 °C, dok je vremenski period primjene ovisio isključivo o samoj klaonici. Nadalje, Zdolec i sur. (2022.) također navode vruću vodu kao vrlo djelotvornu dekontaminacijsku tehnologiju na temelju smanjenja prevalencije i ukupnog broja *E. coli*, ali i aerobnih mezofilnih bakterija na trupovima svinja, oko 1 \log_{10} CFU. Osim na trupovima svinja, primjena vruće vode smatra se izuzetno djelotvornom i na goveđim trupovima (Antić i sur., 2018.), što potvrđuju i starija istraživanja (Castillo i sur., 1998.) u kojem su goveđi trupovi (prethodno inokulirani s 5,0 \log_{10} CFU/cm² različitih patogenih bakterija) tretirani vrućom vodom. Također, zabilježeno je znatno smanjenje *E. coli* O157:H7 za 3,7 \log_{10} CFU te *S. Typhimurium* za 3,8 \log_{10} CFU.

Sve više se pažnje posvećuje upotrebi kemijskih metoda u dekontaminaciji klaonički obrađenih trupova, ponajprije goveda. U njih možemo ubrojiti primjenu klorirane vode, otopine glukoze, te upotrebu 2-3 % otopina organskih (octena, limunska, mliječna) kiselina. Uz primjenu navedenih spojeva, izvori spominju i druge kemikalije koje su u različitim fazama testiranja (neke i odobrene): klor dioksid, trinatrijev fosfat, vodikov peroksid, ozon, natrijev bisulfat, natrijev klorid, nizin i kalij sorbat (Alonso-Hernando i sur., 2013.). Organske kiseline su kemijski spojevi koji u svojoj strukturi sadrže ugljik te su široko rasprostranjene u prirodi, a dosad najbolje istražene su mliječna i octena kiselina (Marques Rossi i sur., 2023.). Njihova primjena u industriji hrane može biti zasebna, ili u kombinaciji (primjerice limunska i mliječna kiselina ili octena kiselina u kombinaciji s propionskom kiselinom) (Netten i Mossel, 1980.). Djeluju na način da prodiru kroz staničnu membranu, disociraju unutar stanice te na taj način smanjuju pH stanice. Osim smanjivanjem unutarstanične pH vrijednosti, smatra se da mikroorganizme oštećuju i samim prodiranjem kiseline kroz staničnu membranu. Posljedično disocijaciji kiseline unutar stanice, dolazi do povećanja koncentracije aniona što može dovesti do poremećaja metabolizma. Kako se smanjuje pH otopine, tako je i učinkovitost na mikrobnu inaktivaciju sve veća. U SAD-u su u dekontaminaciji trupova odobrene 1,5 % – 2,5 %-tne otopine organskih kiselina (Stankov, 2019.).

Pored činjenice da primjena organskih kiselina ne smije utjecati na senzorna svojstva mesa (Stankov, 2019.), odobrene otopine za dekontaminaciju također ne smiju imati štetan učinak po zdravlje radnika i/ili potrošača (Sofos i sur., 1998.), stoga sve sustave za dekontaminaciju temeljene na primjeni kemijskih sredstava treba odobriti nadležno tijelo, kao komponentu implementiranog HACCP plana, ako kemikalije zadovoljavaju uvjete (USDA-FSIS, 2019.):

- „Općenito priznate kao sigurne“ (Engl. Generally Recognized As Safe; GRAS)
- Ne stvaraju probleme pri deklariranju (primjerice „dodani sastojci“)
- Znanstvena istraživanja podupiru njihovu djelotvornost

Primjena mliječne kiseline

Mliječna kiselina se od davnina sastavlja dio brojnih namirnica koje konzumiramo. Pri

određenom pH, mliječna kiselina ima baktericidna svojstva, ali istovremeno ne utječe na senzorna svojstva hrane. Pri koncentracijama oko 1 % otopine mliječne kiseline i pH 2.4 ne dolazi do promjene boje na površini mesa (Smulders i sur., 1986.) iako učinak uvelike ovisi o duljini postupka dekontaminacije. Primjena ove koncentracije kiseline rezultirat će značajnim smanjenjem broja bakterija, ne samo zbog smanjivanja pH vrijednosti, već i specifičnim djelovanjem kiseline u nedisociranom obliku. Budući da nema naznaka da bi mliječna kiselina u klaoničkoj obradi mogla na bilo koji način ugroziti zdravlje potrošača, njena primjena u klaonicama je ostvariva uz pridržavanje uvjeta dobre proizvodne prakse (EFSA, 2018.).

Van Netten i suradnici su još 1995. godine istraživali dekontaminacijski učinak hladne i vruće otopine mliječne kiseline (2 i 5 %) na svinjskim trupovima u klaonici. Trupovi su prethodno kontaminirani serovarom salmonele *S. Typhimurium* u rasponu 1-2 log₁₀ CFU/cm² uz kontaktno vrijeme pranja od 20 minuta. Tretiranjem trupova s 2%-tnom i 5%-tnom hladnom kiselinom tijekom 60 sekundi *S. Typhimurium* je eliminirana samo u slučaju niže kontaminacije (1 log₁₀ CFU/cm²). U slučaju veće kontaminacije (2 log₁₀ CFU/cm²) potpuni dekontaminacijski učinak je zabilježen vrućim otopinama tijekom 60 do 120 sekundi. Dugotrajnija primjena vruće mliječne kiseline (duže od 120 sekundi) rezultirala je neprihvatljivim promjenama senzornih svojstava mesa.

I danas se provode mnoga istraživanja antimikrobne djelotvornosti mliječne kiseline na trupovima životinja (svinje, goveda), no neka od njih su pokazala oprečne rezultate. Prskanje ili ispiranje organskim kiselinama pokazalo je bolje rezultate u pogonima, sa smanjenjem broja aerobnih mezofilnih bakterija i *E. coli* od 2-2.5 log₁₀ CFU (Carlson i sur., 2008.), dok su slične metode pokazale varijabilne rezultate u laboratorijskim uvjetima (od 0.5 do 5 log₁₀ CFU) (Antić, 2018.). Pranje/prskanje trupova organskim kiselinama (mliječna, octena i limunska) samostalno ili u kombinaciji daje povoljne rezultate, no među njima se ponajviše ističe mliječna kiselina s prosječnim smanjenjem mikrobiološkog onečišćenja za oko 1-2 log₁₀ CFU, dok je za ostale kiseline to do 1 log₁₀ CFU. S druge strane, kombinacija više organskih kiselina i njihova zajednička primjena nije pokazala bolji antimikrobni učinak (oko 1 log₁₀ CFU) (Signorini i sur., 2018.), dok višestrukim pranjem kiselinama ili kombinaci-

jom pranja i topline može dati bolje rezultate. Bolja djelotvornost mliječne kiseline za razliku od ostalih kiselina zabilježena je i u nedavnom istraživanju (Kalcayanand i sur., 2018.) sa ukupnim smanjenjem broja stanica verotoksičnih sojeva *E. coli* za 2-3 log₁₀ CFU te *Salmonella* spp. za 1-1,5 log₁₀ CFU.

Europska unija je Uredbom Komisije br. 101/2013 odobrila primjenu mliječne kiseline za smanjivanje površinskog mikrobiološkog onečišćenja govedih trupova. Prethodno je u 2011. godini EFSA objavila znanstveno mišljenje o procjeni sigurnosti i djelotvornosti mliječne kiseline za odstranjivanje površinskog mikrobiološkog onečišćenja s trupova goveda, komada mesa i odrezaka. S tim u vezi, EFSA zaključuje da primjena mliječne kiseline nema štetno djelovanje pod uvjetom da tvar koja se koristi udovoljava specifikacijama Unije za prehrambene aditive utvrđenima u Uredbi br. 231/2012. Zaključeno je i da mliječna kiselina nema negativnih utjecaja na okoliš (Uredba br. 101/2013). U 2018. godini EFSA izdaje znanstveno mišljenje o djelotvornosti i sigurnosti korištenja organskih kiselina za odstranjivanje površinskog mikrobiološkog onečišćenja s trupova svinja, a u sklopu mišljenja potvrđuje da korištenje mliječne kiseline prskanjem (2-5 % na temperaturi do 80°C) na trupovima svinja prije hlađenja nema štetnih utjecaja na okoliš. Ipak, u navedenom mišljenju nije bilo moguće doći do zaključka je li mliječna kiselina djelotvornija od primjene vode u istoj fazi klaoničke obrade (EFSA, 2018.). Mišljenje u kojem donosi slične zaključke EFSA izdaje i 2022. godine, no ovo se odnosi na trupove kлокana, divljih svinja, koza i ovaca (EFSA, 2022.).

Primjena octene kiseline

Octena kiselina je još jedna organska kiselina koja se intenzivno koristi u prehrambenoj industriji, a potencijalno može smanjiti broj mikroorganizama na površini mesa (Dan i sur., 2017.). Njena primjenjivost na trupovima je često kontradiktorna jer s jedne strane posjeduje dobra antimikrobna svojstva, no s druge strane očituje snažan „octeni“ miris (Hochreutener, 2017.). Navedeni problem bi se mogao prevladati upotrebom otopine kiseline do 4 % te raspršivanjem po područjima veće kontaminacije poput rana od iskrvarenja ili ulaznim ranama pri odstreli divljači (Usdas, 2020.).

Prije desetak godina ispitan je utjecaj primjene otopine octene kiseline na mikrofloru otkoštenih pilećih prsa (Hecer i Ulosoy Sözen,

2011.) u laboratorijskim uvjetima prilikom čega su uzorci uronjeni u 0,2%-tnu (pH 5,9) i 0,3%-tnu (pH 5,7) otopinu tijekom 10 minuta. Nakon sušenja, uzorci su podvrgnuti automatskom otkoštavanju te su zatim uskladišteni 4 dana na temperaturi od 4 °C, no mikrobiološkom analizom uzoraka utvrđen je nezadovoljavajući antimikrobni učinak. Antimikrobna djelotvornost octene kiseline (2 %-tni sprej) u usporedbi s mliječnom kiselinom istražili su Sallam i sur. (2020.) na trupovima goveda. Rezultati nisu pokazali statistički značajnu razliku u smanjenju broja aerobnih mezofilnih bakterija s obzirom na korištenu kiselinu. Zabilježen je snažniji antimikrobni učinak prema enterobakterijama u odnosu na aerobne mezofilne bakterije, zbog poznate osjetljivosti gram negativnih bakterija na niži pH. Po pitanju utjecaja octene kiseline na koliformne bakterije, zabilježeno je smanjenje od $1,06 \log_{10}$ i $1,23 \log_{10}$ CFU/cm² u regiji ramena, odnosno bedra. S druge strane, nije zamijećena značajna djelotvornost octene kiseline na *S. aureus*, za razliku od mliječne.

Kako bi se eventualno povećala antimikrobni učinak octene kiseline, ona se može kombinirati s drugim kemijskim spojevima, poput cinkovog oksida. U provedenom istraživanju (Mirhosseini i Arjmand, 2014.) o utjecaju otopina cinkovog oksida s 1 % octenom kiselinom na patogene bakterije *L. monocytogenes*, *E. coli* te *S. aureus* na janječem mesu, dokazano je da otopine s povećanom koncentracijom cinkovog oksida imaju snažniji utjecaj na smanjenje mikrobiološkog onečišćenja. Populacija *L. monocytogenes* je smanjena na $4,72 \log_{10}$ CFU/g, *E. coli* na $1,24 \log_{10}$ CFU/g te *S. aureus* na $2,75 \log_{10}$ CFU/g od prvotne koncentracije od $7 \log_{10}$ CFU/g. Danas je međutim poznato kako ZnO evidentno opterećuje okoliš (zabranjen je u EU kao dodatak hrani u svinjogojstvu) te izaziva povećanje antimikrobne rezistencije patogenih bakterija (Ekhlas i sur., 2023.), pa je njegova primjena u dekontaminaciji mesa neostvariva.

Rasprava

S epidemiološkog stajališta, istraživanjem i upravljanjem rizikom od kontaminacije mesa nastoji se smanjiti prevalencija, kao i opterećenje bakterijama poput *Campylobacter* spp., *Salmonella* spp., *Yersinia enterocolitica*, patogene *E. coli* i *L. monocytogenes* koje predstavljaju glavne uzročnike alimentarnih infekcija ljudi na području EU

(EFSA, 2019.). Iako je sprječavanje kontaminacije i provođenje dobre higijenske prakse priritet pri klaoničkoj obradi životinja, ponekad su potrebne i dodatne intervencije poput dekontaminacije mesa. Kako bi dekontaminacijska metoda bila upotrebljiva i korisna, nužan je njen mjerljivi antimikrobni učinak, ali i istovremeni izostanak negativnog djelovanja na senzorna svojstva mesa i okoliš te da je ekonomski dostupna. Do sada su najdetaljnije istražene, a samim time i u najširoj primjeni fizikalne metode koje se smatraju brzim, blagim i ne ostavljaju rezidue te se za razliku od kemijskih metoda mogu upotrijebiti u bilo kojem dijelu lanca. Također, u nekim slučajevima mogu se primijeniti na već zapakiranom ili smrznutom mesom (Albert i sur., 2021.). Ipak, njihova je primjenjivost u klaoničkoj obradi životinja poprilično ograničena.

Učinak kemijske dekontaminacije trupova, poput primjene organskih kiselina (octene ili mliječne) ovisi o nekoliko čimbenika: razini inicijalne kontaminacije, vrsti i osjetljivosti određene vrste mikroorganizma, načinu primjene otopine organske kiseline i trajanju izlaganja, koncentraciji i pH vrijednosti, temperaturi kiseline i trupa koji se tretira, tlaku primjene i kombinaciji navedenih čimbenika. Važno je da otopine organske kiseline budu dovoljne koncentracije za postizanje antimikrobnog učinka, ali s druge strane ne toliko koncentrirane da promijene senzorna svojstva mesa (Neethling i sur., 2016.). Optimalni pH otopine koja se koristi u dekontaminacijske svrhe je između 2,5 i 3, dok potrebno kontaktno vrijeme iznosi u prosjeku 2-10 minuta kako bi se postigla značajna redukcija, iako inaktivacija mikroorganizama može započeti već u prvih nekoliko sekundi (Zhang i sur., 2021.). Važno je uzeti u obzir i temperaturu, kako same otopine, tako i trupa. Najbolji učinak je pokazala primjena otopine u obliku pare pri temperaturi 50-55°C dok su trupovi još bili topli za vrijeme klaoničkog procesa (Hochreutener i sur., 2017.). Takav sustav primjene je lako ostvariv u klaonici gdje su sustavi grijanja i pitka voda lako dostupni. Što se tiče načina primjene otopine kiseline, u literaturi postoji oprečni rezultati. Dok su Meredith i sur. (2013.) uspoređivanjem učinkovitosti organskih kiselina primjenjenih prskanjem i uranjanjem dokazali daleko slabiju djelotvornost metodom prskanja, Kumar i sur. (2020.) utvrdili su podjednaku učinkovitost obje metode. Pritom treba naglasiti da je učinak tlaka prilikom prskanja bitan čimbenik učinkovitosti metode obzirom da se njegovim pove-

ćanjem povećava i uspješnost same metode (Chen i sur., 2020.).

Može se zaključiti kako ne postoji savršen sustav koji bi jamčio potpuno uklanjanje mikroorganizama na površini mesa tijekom klanja. Važno je osigurati da se tijekom klanja odabere najbolji mogući oblik intervencije antimikrobnog tretmana ili njihovih kombinacija, što se još može nazivati i pristupom „tehnologije prepreka“. Takav pristup može se opisati kao istovremeno korištenje više tehnologija u svrhu postizanja što djelotvornije eliminacije patogenih mikroorganizama (Keeton i sur., 2004.). Navedena bi se tehnologija mogla učinkovito primijeniti korištenjem kombinacije intervencija kao što su poboljšani higijenski uvjeti, poboljšana inspekcija mesa, uklanjanje sumnjivih trupova ili dijelova trupova i primjena organskih kiselina u slučaju potrebe (dokazanog rizika) te brzo hlađenje obrađenih trupova (Nkosi i sur., 2021.).

Zaključak

Svrha dekontaminacijskih sustava je ukloniti mikroorganizme ili smanjiti njihovu koncentraciju na površini trupa ili komada mesa, ali s minimalnim učinkom na kvalitetu proizvoda. Pouzdane dekontaminacijske metode odlikuju se brzinom, lakom primjenom, djelotvornosti, lakom dostupnosti te nepostojanjem štetnih čimbenika po okoliš i zdravlje ljudi. Dekontaminacija mesa mjera je smanjivanja mikrobioloških rizika tek u slučaju ako sve standardne operativne mjere preduvjetnih programa i HACCP-sustava ne daju zadovoljavajuće rezultate.

Napomena: Rad je izvadak iz diplomskog rada Meri Blažević „Primjena dekontaminacijskih tehnologija u klaoničkoj obradi životinja“ izrađen pod mentorstvom prof. dr. sc. Nevija Zdoleca u Zavodu za higijenu, tehnologiju i sigurnost hrane Veterinarskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

Literatura

- [1] Albert, T., P.G. Braun, J. Saffaf, C. Wiacek (2021): Physical Methods for the Decontamination of Meat Surfaces. *Current Clin. Microb. Rep.* 8, 9-20. <https://doi.org/10.1007/s40588-021-00156-w>
- [2] Alonso-Hernando, A., C. Alonso-Calleja, R. Capita (2013): Effectiveness of several chemical decontamination treatments against Gram-negative bacteria on poultry during storage under different simulated cold chain disruptions. *Food Control* 34, 574–580. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2013.05.020>
- [3] Antić, D. (2018): A critical literature review to assess the significance of intervention methods to reduce the microbiological load on beef through primary production. FSA Project FS301044, University of Liverpool, London, UK.
- [4] Bunčić, S., J. Sofos (2012): Interventions to control Salmonella contamination during poultry, cattle and pig slaughter. *Food Res.* 45, 641–655. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.10.018>
- [5] Carlson, B. A., I. Geornaras, Y. Yoon, J.A. Scanga, J.N. Sofos, G.C. Smith, K. E. Belk, (2008): Studies to evaluate chemicals and conditions with low-pressure applications for reducing microbial counts on cattle hides. *J. Food Protect.* 71, 1343–1348. <https://doi.org/10.4315/0362-028x-71.7.1343>
- [6] Castillo, A., L.M. Lucia, K.J. Goodson, J.W. Savell, G.R. Acuf (1998): Use of Hot Water for Beef Carcass Decontamination. *J. Food Prot.* 61, 19-25. <https://doi.org/10.4315/0362-028x-61.1.19>
- [7] Chen, H., S. Liu, Y. Chen, C. Chen, H. Yang, Y. Chen (2020): Food safety management systems based on ISO 22000: 2018 methodology of hazard analysis compared to ISO 22000. *Accredit. Qual. Assur.* 25, 23–37. <https://doi.org/10.1007/s00769-019-01409-4>
- [8] Dan, S.D., M. Mihaiu, O. Reget, D. Oltean, A. Tabaran (2017): Pathogens Contamination Level Reduction on Beef Using Organic Acids Decontamination Methods. *Bull. UASVM Vet. Med.* 74, 2. <https://doi.org/10.15835/buasvmcn-vm:0052>
- [9] EFSA (2018): Panel on Food Contact Materials, Enzymes and Processing Aids (CEP): Evaluation of the safety and efficacy of the organic acids lactic and acetic acids to reduce microbiological surface contamination on pork carcasses and pork cuts. *EFSA J.* 16, 5482. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2018.5482>
- [10] EFSA (2019): The European Union one health 2018 zoonoses report. *EFSA J.* 17, 5926. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2019.5926>
- [11] EFSA (2022): Evaluation of the safety and efficacy of lactic acid to reduce microbiological surface contamination on carcasses from kangaroos, wild pigs, goats and sheep. *Scientific opinion.* *EFSA J.* 20, 7265. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2022.7265>
- [12] Ekhlas, D., J.M.O. Sanjuán, E.G. Manzanilla, F.C. Leonard, H. Arguello, C.M. Burgess (2023): Comparison of antimicrobial resistant *Escherichia coli* isolated from Irish commercial pig farms with and without zinc oxide and antimicrobial usage. *Gut Pathog* 15, 8. <https://doi.org/10.1186/s13099-023-00534-3>
- [13] Hecer, C., B.H. Ulusoy Sözen (2011): Microbiological properties of mechanically deboned poultry meat that applied lactic acid, acetic acid and sodium lactate. *African J. Agr. Res.* 6, 3847-3852. <https://doi.org/10.5897/AJAR11.714>

- [14] Hochreutener, M., C. Zweifel, S. Corti, R. Stephan (2017): Effect of a commercial steam-vacuating treatment implemented after slaughtering for the decontamination of cattle carcasses. *Ital. J. Food Saf.* 16, 6864. <https://doi.org/10.4081/ijfs.2017.6864>
- [15] Kalcayanand, N., T.M. Arthur, J.M. Bosilevac, J.W. Schmidt, S.D. Shackelford, T. Brown, T.L. Wheeler (2018): Surface pH of fresh beef as a parameter to validate effectiveness of lactic acid treatment against *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella*. *J. Food Prot.* 81, 1126–1133. <https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-17-469>
- [16] Keeton, J., S. Ricke, R. Anderson, D. Miller, N. Azefer (2004): Application of Novel Hurdle Technologies to Meat Carcasses and Trimmings for Reduction of Pathogens. *USDA-FSIS.* 14, 2-41.
- [17] Kumar, S., M. Singh, D.E. Cosby, N.A. Cox, H. Thippareddi (2020): Efficacy of peroxy acetic acid in reducing *Salmonella* and *Campylobacter* spp. populations on chicken breast fillets. *Poultry Sci.* 99(5), 2655–2661. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2019.12.045>
- [18] Marques Rossi, G.A., D. Tosta Link, A. Bezerra Bertolini, F. Luiz Tobias, M. De Souza Ribeiro Mioni (2023): A descriptive review of the use of organic acids and peracetic acid as a decontaminating strategy for meat. *eFood*, 4, e104. <https://doi.org/10.1002/efd2.104>
- [19] Matthews, K.R., K.E. Kniel, T.J. Montville (2019): *Food Microbiology: An Introduction*. 4th ed., John Wiley & Sons, Washington DC, USA, pp. 520-580.
- [20] Meredith, H., D. Walsh, D.A. McDowell, D.J. Bolton (2013): An investigation of the immediate and storage effects of chemical treatments on *Campylobacter* and sensory characteristics of poultry meat. *Int. J. Food Microbiol.*, 166(2), 309–315. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2013.07.005>
- [21] Mirhosseini, M., V. Arjmand (2014): Reducing Pathogens by Using Zinc Oxide Nanoparticles and Acetic Acid in Sheep Meat. *J. Food Protect.* 77, 1599-1604. <https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-13-210>
- [22] Neethling, J., L. Hoffman, M. Muller (2016): Factors influencing the flavour of game meat: A review. *Meat Sci.* 113, 139–153. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2015.11.022>
- [23] Netten, P., D.A.A. Mossel (1980): The ecological consequences of decontaminating raw meat surfaces with lactic acid. *Arch. Lebensmittelhyg.* 31, 190-191.
- [24] Nkosi, D.V., J.L. Bekker, L.C. Hoffman (2021): The Use of Organic Acids (Lactic and Acetic) as a Microbial Decontaminant during the Slaughter of Meat Animal Species: A Review. *Foods* 10, 1-17. <https://doi.org/10.3390/foods10102293>
- [25] Sallam, K.I., S.M. Abd-Elghany, M.A. Hussein, K. Imre, A. Morar, A.E. Morshdy, M.Z. Sayed-Ahmed (2020): Microbial Decontamination of Beef Carcass Surfaces by Lactic Acid, Acetic Acid, and Trisodium Phosphate Sprays. *BioMed Res. Int.* Article ID 2324358, 1-11. <https://doi.org/10.1155/2020/2324358>
- [26] Signorini, M., M. Costa, D. Teitelbaum, V. Restovich, H. Brasesco, D. Garcia, G.A. Leotta (2018): Evaluation of decontamination efficacy of commonly used antimicrobial interventions for beef carcasses against Shiga toxin-producing *Escherichia coli*. *Meat Sci.* 142, 44–51. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.04.009>
- [27] Smulders, F.J.M., P. Barendsen, J.G. van Logtestijn, D.A.A. Mossel, G.M. van der Marel (1986): Review: Lactic acid: considerations in favour of its acceptance as a meat decontaminant. *Int. J. Food Sci. Techn.* 21, 419-436. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1986.tb00420.x>
- [28] Sofos, J.N., G.C. Smith (1998): Nonacid meat decontamination technologies: Model studies and commercial applications. *Int. J. Food Microbiol.* 44, 171-188. [https://doi.org/10.1016/s0168-1605\(98\)00136-6](https://doi.org/10.1016/s0168-1605(98)00136-6)
- [29] Stankov, V. (2019): Utjecaj organskih kiselina na antimikrobnu zaštitu mesa. *Meso* 21, 3, 222-223.
- [30] UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDAS) (2020): Safe and Suitable Ingredients Used in the Production of Meat, Poultry, and Egg Products. Directive, F., Ed.; 7120.1 Rev. 55; USDA ERS: Washington, DC, USA.
- [31] UREDBA KOMISIJE (EU) br. 101/2013 od 4. veljače 2013. o primjeni mliječne kiseline za smanjivanje površinskog mikrobiološkog onečišćenja govedih trupova. *Europska Unija.* 2013.
- [32] USDA-FSIS, United States Department of Agriculture-Food Safety and Inspection Service. (2019): Related documents for FSIS directive 7120.1- safe and suitable ingredients used in the production of meat, poultry, and egg products.
- [33] Van Netten, P., D.A.A. Mossel, J. Huis In 't Veld (1995): Lactic acid decontamination of fresh pork carcasses: a pilot plant study. *Int. J. Food Microbiol.* 25, 1-9. [https://doi.org/10.1016/0168-1605\(94\)00039-9](https://doi.org/10.1016/0168-1605(94)00039-9).
- [34] Zdolec, N., A. Kotsiri, K. Houf, A. Alvarez-Ordenez, B. Blagojević, N. Karabasil, M. Salines, D. Antić (2022): Systematic Review and Meta-Analysis of the Efficacy of Interventions Applied during Primary Processing to Reduce Microbial Contamination on Pig Carcasses. *Foods* 11, 2110. <https://doi.org/10.3390/foods11142110>
- [35] Zhang, L., L. Ben Said, M.S. Diarra, I. Fliss (2021): Inhibitory activity of natural synergetic antimicrobial consortia against *Salmonella enterica* on broiler chicken carcasses. *Front. Microbiol.* 12, 972. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.656956>

Dostavljeno/Received: 16.10.2023.

Prihvaćeno/Accepted: 17.11.2023.

Application of organic acids in the decontamination of slaughtered animals' carcasses

Abstract

Microbiological contamination of the surface of animal carcasses inevitably occurs during processing in the slaughterhouse or is the result of serious hygienic-technological failures. The aim of all measures of good hygiene and production practice is to achieve the best possible microbiological status of the carcass, i.e. the lowest possible population of contamination indicator bacteria and a reduction in the incidence of pathogenic bacteria. Sometimes these measures are ineffective and the carcass is decontaminated, usually with warm water or mild solutions of organic acids, lactic acid, or acetic acid. The success of decontamination of carcasses with organic acids depends on numerous factors: the level of initial contamination, the type and sensitivity of a particular type of microorganism, the method of application of the organic acid solution and the duration of exposure, the concentration and pH, the temperature of the acid and the treated carcass, the pressure of application, and the combination of the above factors. Chemical decontamination should not have harmful effects on the final product or the environment. In no case should decontamination be considered a substitute for good hygienic practice, or a means of resolving irresponsible, unhygienic carcass processing.

Keywords: meat safety, decontamination, organic acids, microorganisms

Anwendung von organischen Säuren bei der Dekontamination von Schlachtkörpern von im Schlachthof verarbeiteten Tieren

Zusammenfassung

Mikrobiologische Verunreinigungen der Oberfläche von Tierkörpern entstehen zwangsläufig bei der Verarbeitung im Schlachthof oder sind die Folge schwerwiegender hygienisch-technischer Mängel. Ziel aller Maßnahmen der guten Hygiene- und Produktionspraxis ist es, den bestmöglichen mikrobiologischen Status des Schlachtkörpers zu erreichen, d. h. eine möglichst geringe Population von Kontaminationsindikatorbakterien und eine Verringerung des Auftretens von pathogenen Bakterien. Manchmal sind diese Maßnahmen unwirksam und der Schlachtkörper wird dekontaminiert, in der Regel mit warmem Wasser oder milden Lösungen von organischen Säuren, bzw. Milchsäure oder Essigsäure. Der Erfolg der Dekontamination von Schlachtkörpern mit organischen Säuren hängt von zahlreichen Faktoren ab: dem Grad der ursprünglichen Kontamination, der Art und Empfindlichkeit von bestimmten Arten von Mikroorganismen, der Methode der Anwendung der organischen Säurelösung und der Dauer der Einwirkung, der Konzentration und dem pH-Wert, der Temperatur der Säure und des behandelten Schlachtkörpers, dem Druck bei der Anwendung und der Kombination der oben genannten Faktoren. Die chemische Dekontamination sollte keine schädlichen Auswirkungen auf das Endprodukt oder die Umwelt haben. Auf keinen Fall sollte die Dekontamination als Ersatz für eine gute Hygienepaxis oder als Mittel zur Lösung einer unverantwortlichen, unhygienischen Verarbeitung von Schlachtkörpern angesehen werden.

Schlüsselwörter: Fleischsicherheit, Dekontamination, organische Säuren, Mikroorganismen

Aplicación de ácidos orgánicos en la descontaminación de las carcasas de animales procesados en mataderos

Resumen

La contaminación microbiológica en la superficie de las carcasas animales ocurre inevitablemente durante el procesamiento en el matadero o es el resultado de graves fallas higiénico-tecnológicas. El objetivo de todas las medidas de buena higiene y prácticas de producción es lograr el mejor estado microbiológico posible de la carcasa, es decir, la población más baja posible de bacterias indicadoras de contaminación y una reducción en la incidencia de bacterias patógenas. A veces, estas medidas son ineficaces y se descontamina la carcasa, generalmente con agua tibia o soluciones suaves de ácidos orgánicos, como el ácido láctico o el ácido acético. El éxito de la descontaminación de las carcasas con ácidos orgánicos depende de numerosos factores: el nivel de contaminación inicial, el tipo y la sensibilidad de un tipo específico de microorganismo, el método de aplicación de la solución de ácido orgánico y la duración de la exposición, la concentración y el pH, la temperatura del ácido y la carcasa tratada, la presión de aplicación y la combinación de los factores mencionados. La descontaminación química no debería tener efectos nocivos en el producto final o en el medio ambiente. En ningún caso se debe considerar la descontaminación como un sustituto de una buena práctica higiénica o como un medio para resolver un procesamiento irresponsable e insalubre de las carcasas.

Palabras claves: seguridad de la carne, descontaminación, ácidos orgánicos, microorganismos

Utilizzo di acidi organici nella decontaminazione delle carcasse di animali al macello

Riassunto

La contaminazione microbiologica della superficie delle carcasse animali avviene inevitabilmente durante la macellazione oppure è il risultato di gravi carenze igienico-tecnologiche. L'obiettivo di tutte le misure di buona prassi igienica e produttiva è quello di raggiungere il miglior stato microbiologico possibile della carcassa, cioè di ridurre al minimo la popolazione di batteri indicatori di inquinamento e l'incidenza dei batteri patogeni. A volte queste misure non hanno alcun effetto, e si provvede alla decontaminazione delle carcasse solitamente con acqua tiepida o soluzioni blande di acidi organici, come l'acido lattico o l'acido acetico. Il successo della decontaminazione della carcassa con acidi organici dipende da numerosi fattori: il livello di contaminazione iniziale, il tipo e la sensibilità di un certo tipo di microorganismo, il metodo di applicazione della soluzione di acido organico e la durata dell'esposizione, la concentrazione e il valore del pH, la temperatura dell'acido e della carcassa trattata, la pressione di esercizio e la combinazione dei fattori testé menzionati. La decontaminazione chimica non deve avere effetti nocivi né sul prodotto finale, né sull'ambiente. La decontaminazione non deve in alcun modo essere vista come una procedura succedanea rispetto alle buone pratiche igieniche, oppure come uno strumento per risolvere il trattamento irresponsabile e antigienico delle carcasse.

Parole chiave: sicurezza della carne, decontaminazione, acidi organici, microrganismi