

# PRIMJENA DEKONTAMINACIJSKIH TEHNOLOGIJA U KLAONIČKOJ OBRADI ŽIVOTINJA

---

**Blažević, Meri**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2022**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Veterinary Medicine / Sveučilište u Zagrebu, Veterinarski fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:178:593298>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-15**



*Repository / Repozitorij:*

[Repository of Faculty of Veterinary Medicine -  
Repository of PHD, master's thesis](#)



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**  
**VETERINARSKI FAKULTET**

**Meri Blažević**

**PRIMJENA DEKONTAMINACIJSKIH TEHNOLOGIJA U KLAONIČKOJ OBRADI  
ŽIVOTINJA**

**Diplomski rad**

**Zagreb, 2022.**

**VETERINARSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU**

**ZAVOD ZA HIGIJENU, TEHNOLOGIJU I SIGURNOST HRANE**

**Predstojnik:** izv. prof. dr. sc. Nevijo Zdolec

**Mentor:**

Izv. prof. dr. sc. Nevijo Zdolec

**Članovi povjerenstva za obranu diplomskog rada:**

1. Prof. dr. sc. Lidija Kozačinski
2. Prof. dr. sc. Vesna Dobranić
3. Izv. prof. dr. sc. Nevijo Zdolec
4. Dr. sc. Tomislav Mikuš (zamjena)

*Zahvaljujem mentoru izv. prof. dr. sc. Neviju Zdolecu na uloženom trudu, vremenu, pomoći te stručnom vodstvu tijekom izrade ovog diplomskog rada.*

*Najviše zahvaljujem svojim roditeljima, majci Tihani i ocu Mariju, ali i ostatku obitelji na beskrajnoj podršci tijekom cijelog studija.*

*Nadalje, zahvaljujem Jasminu, kao i svojim prijateljima Vladimiru Antunu, Manieli i Franki što su mi na mom studijskom putu pružili bezuvjetnu pomoć i inspiraciju u svakom koraku.*

*Naposljetku, hvala mojim studentskim kolegama, posebice Ivi i Margariti, na tome što su mi u ovih šest godina pokazale da kolegijalnost može prerasti cijeloživotno prijateljstvo.*

## **POPIS KRATICA**

**WHO (eng. World Health Organisation)** – Svjetska zdravstvena organizacija

**EFSA (eng. European Food Safety Authority)** – Europska agencija za sigurnost hrane

**HACCP (eng. Hazard Analysis and Critical Control Point)** – Proces analize opasnosti i kritičnih kontrolnih točaka

**DNK** – deoksiribonukleinska kiselina

**IAEA (eng. The International Atomic Energy Agency)** – Međunarodna agencija za atomsku energiju

**FAO (eng. Food and Agriculture Organization)** – Organizacija za prehranu i poljoprivredu

**CFU (eng. Colony Forming Units)** – jedinice koje čine kolonije

**HIU (eng. High Intensity Ultrasound)** – ultrazvuk visokog intenziteta

**FDA (eng. Food and Drug Administration)** – Uprava za hranu i lijekove

**SAD** – Sjedinjene Američke Države

## **POPIS SLIKA**

Slika 1. Mjesta omamljivanja goveda .....	3
Slika 2. Dijagram klaoničke obrade svinja.....	4

## **POPIS TABLICA**

Tablica 1. Utjecaj UV-C zračenja na različite bakterije u sirovom pilećem mesu .....	8
Tablica 2. Utjecaj visokog hidrostatskog tlaka (HHP) na različite bakterije u pilećem i goveđem mesu.....	12
Tablica 3. Utjecaj ultrazvuka na različite bakterije u pilećem mesu.....	14
Tablica 4. Propisi i smjernice o uporabi mliječne i octene kiseline za dekontaminaciju trupova na globalnoj razini.....	17

## **POPIS GRAFIKONA**

Grafikon 1. Djelotvornost mliječne i octene kiseline na <i>S. aureus</i> na goveđim trupovima ( $\log_{10}$ CFU/cm <sup>2</sup> ) .....	19
Grafikon 2. Djelotvornost mliječne kiseline, octene kiseline te trinatrijevog fosfata na broj aerobnih bakterija na goveđim trupovima ( $\log_{10}$ CFU/cm <sup>2</sup> ) .....	20

## SADRŽAJ

1. UVOD .....	1
2. PREGLED REZULTATA DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA .....	2
2.1. KLAONIČKA OBRADA ŽIVOTINJA .....	2
2.1.1. KLAONIČKA OBRADA PERADI .....	2
2.1.2. KLAONIČKA OBRADA GOVEDA .....	3
2.1.3. KLAONIČKA OBRADA SVINJA .....	4
2.2.1. FIZIKALNE METODE DEKONTAMINACIJE .....	5
2.2.1.1. GAMA ZRAČENJE I ELEKTRONSKI SNOP .....	5
2.2.1.2. ULTRALJUBIČASTO (UV-C) ZRAČENJE .....	7
2.2.1.3. PULSIRAJUĆE SVJETLO (PL) .....	9
2.2.1.4. TOPLINSKA DEKONTAMINACIJA I VISOKI TLAK .....	10
2.2.1.5. ULTRAZVUK .....	12
2.2.2. KEMIJSKE METODE DEKONTAMINACIJE .....	14
2.2.2.1. PRIMJENA MLIJEČNE KISELINE .....	15
2.2.2.2. PRIMJENA OCTENE KISELINE .....	17
2.2.2.4. PRIMJENA KLOR DIOKSIDA .....	20
2.3. UTJECAJ DEKONTAMINACIJSKIH TEHNOLOGIJA NA KVALITETU MESA, ROK TRAJANJA I SIGURNOST OKOLIŠA .....	21
3. RASPRAVA .....	22
4. ZAKLJUČAK .....	25
5. LITERATURA .....	26
6. SAŽETAK .....	33
7. SUMMARY .....	34
8. ŽIVOTOPIS .....	35

## 1. UVOD

Sigurnost hrane u intenzivnoj proizvodnji predmet je dugogodišnje rasprave u pogledu javnog zdravstva. Posljedično svjetskoj globalizaciji, higijenski neispravna hrana može dovesti do rizika za zdravlje širih populacija ljudi. Zdravstvena ispravnost i sigurnost hrane regulirana je danas na mnogo razina - od strane svjetskih, odnosno europskih organizacija (WHO, EFSA), ali i samih proizvođača u cijelom lancu proizvodnje, prerade i distribucije hrane putem HACCP sustava (GUTIĆ, 2015.). Meso, kao sastavni dio ljudske prehrane, a u slučaju nedovoljno kontrolirane proizvodnje, može predstavljati rizik za zdravlje potrošača. Od izričite je važnosti da svaki korak u procesu „od farme do stola“ bude detaljno kontroliran kako ne bi došlo do navedenog rizika. U najčešće biološke opasnosti u klaoničkoj obradi mesa možemo ubrojiti određene bakterije (*Campylobacter* spp., *Salmonella* spp., verotoksična *Escherichia coli*, *Yersinia enterocolitica*), ali i parazite (*Toxoplasma gondii* i *Trichinella*). Neposredno prije klaoničke obrade treba prikupiti podatke o mogućim opasnostima te na temelju njih donijeti odluku o metodi kojom će se one pokušati kontrolirati. Jedna od navedenih metoda, koja će biti i predmet ovog rada, jest dekontaminacija mesa, odnosno trupova. U jednostavnije, ali i češće korištene metode možemo ubrojiti smrzavanje mesa, laboratorijska testiranja te inspekciju (ZDOLEC, 2017.).

Cilj ovog preglednog diplomskog rada je obraditi temu sigurnosti mesa primarno na razini klaonice te uz to analizirati moguće metode dekontaminacije trupova (peradi, goveda i svinja) u cilju smanjenja mikrobiološkog rizika. Do danas je opisano više metoda koje možemo smatrati dekontaminacijskim, a tu možemo ubrojiti različite vrste zračenja, kao i primjenu topline i visokog tlaka. Kroz rad će biti opisana i klaonička obrada pojedine vrste životinja, potencijalne mikrobiološke opasnosti za svaku vrstu te načine smanjivanja rizika. Dekontaminacija trupova danas je sve korištenija metoda u svijetu, no na području Republike Hrvatske nije još razvila širu primjenu. Iz navedenog razloga, još jedan od ciljeva ovog rada je približiti dekontaminacijske metode našim prostorima. Također, na temelju rezultata dosadašnjih istraživanja, ovaj rad će sažeti učinkovitost pojedine metode za određene mikrobiološke opasnosti kako bi se olakšala buduća primjena ovakvih tehnologija.



## 2. PREGLED REZULTATA DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA

### 2.1. KLAONIČKA OBRADA ŽIVOTINJA

Način provođenja postupka klanja životinja može bitno utjecati na zdravstvenu ispravnost mesa, stoga se klanje mora provoditi isključivo u odobrenim objektima. Svi klaonički objekti za obradu životinja u Republici Hrvatskoj moraju biti izgrađeni i uređeni prema važećem zakonodavstvu kako bi se u njima mogli nesmetano provoditi svi tehnološki procesi, ali i kontrolirati moguća onečišćenja okoliša. Izgradnja objekta regulirana je od strane Uprave za veterinarstvo Ministarstva poljoprivrede, dok su službene kontrole u objektu pod nadležnošću Državnog inspektorata. Među zadacima službenih veterinarara (ovlaštenih veterinarara delegiranih tijela) je i *ante mortem* i *post mortem* pregled životinja kao i kontrola dobre higijenske prakse u obradi (NJARI i ZDOLEC, 2012.).

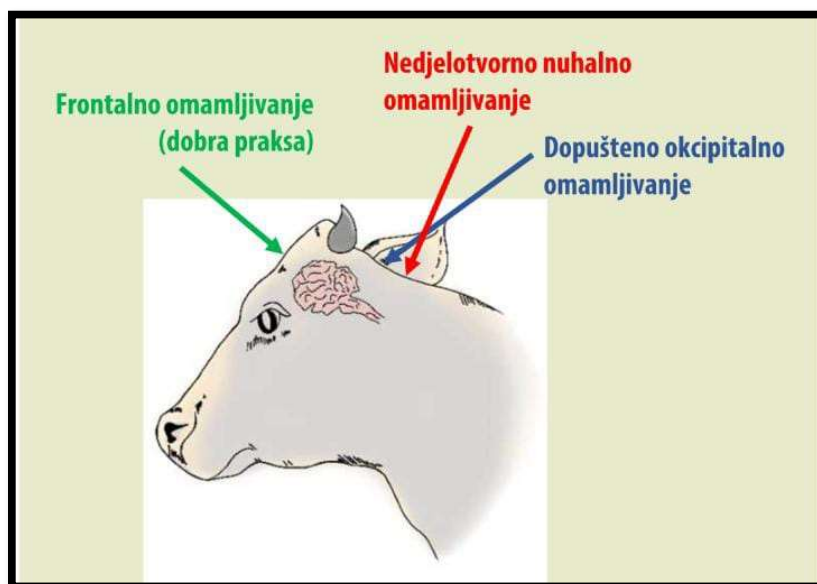
#### 2.1.1. KLAONIČKA OBRADA PERADI

Određeni predklaonički čimbenici mogu bitno utjecati na kvalitetu mesa peradi. Možemo ih podijeliti na one kratkotrajne, ali i dugotrajne. Kratkotrajni čimbenici podrazumijevaju sve učinke na perad u posljednjih 24 sata života, poput hvatanja, omamljivanja i klanja. S druge strane, dugotrajni čimbenici su vezani za cijeli život peradi, a obuhvaćaju način držanja peradi, ali i genotip (JANJEČIĆ, 2004.).

Perad ulazi u tehnološki proces klanja vješanjem o lire te se na taj način transportira tijekom cijelog postupka. Perad se omamljuje električnom strujom ili plinom, a nekoliko trenutaka kasnije slijedi iskrvarenje prerezom vratnih krvnih žila. Nakon iskrvarenja koje prosječno traje dvije do tri minute, slijedi postupak šurenja pri temperaturi od 53°C. Navedena temperatura smatra se optimalnom jer zadržava boju mesa koja je poželjna od strane potrošača. Nadalje, linija nastavlja do uređaja za skidanje perja, koji su izgrađeni od gumenih nastavaka, a potom trupovi idu na opaljivanje kako bi se otklonilo i nitasto perje. Nakon što je svo perje otklonjeno, slijedi evisceracija koja se u modernim klaonicama uglavnom odvija strojno i automatizirano. Ukoliko se prilikom postupka izlije sadržaj želudca ili crijeva, trupovi se podvrgavaju ručnoj obradi. Učestalost kontaminacije trupova u ovom dijelu proizvodnje ovisi primarno o kvaliteti opreme, ali i ljudskom faktoru. Na samome kraju, slijedi pranje i hlađenje trupova koji se zatim pakiraju (JANJEČIĆ, 2004.).

## 2.1.2. KLAONIČKA OBRADA GOVEDA

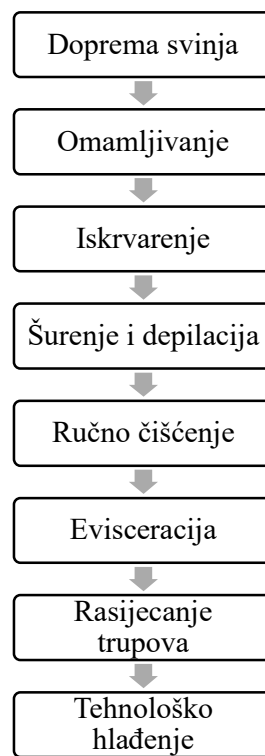
U klaonički postupak goveda ulaze procesom sputavanja i omamljivanja. Prema Uredu za publikacije Europske Unije iz 2018. godine, omamljivanje mora biti u skladu s dobrobiti životinja kako se netom prije klanja ne bi razvilo stresno stanje koje može utjecati na kvalitetu mesa. Uredbom o klanju je kao primjer dobre prakse propisano frontalno omamljivanje penetrirajućim ili nepenetrirajućim klinom, dok se kao alternativna metoda navodi okcipitalno omamljivanje. Nakon navedenog postupka, kada životinja izgubi svijest, slijedi iskrvarenje koje u prosjeku traje pet do osam minuta. Nadalje, prije evisceracije organa, potrebno je provesti odsijecanje rogova, spolnih organa i vimena te podvezati jednjak i skinuti papke i kožu. Evisceracija podrazumijeva vađenje unutrašnjih organa, a zatim se organi i trupovi pripremaju za veterinarski pregled. Daljnja obrada se temelji na rasijecanju i hlađenju trupova, koja se provodi ovisno o samoj namjeni mesa (NJARI i ZDOLEC, 2012.).



Slika 1. Mjesta omamljivanja goveda  
(Izvor: Europski revizorski sud (2018): Tematsko izvješće).

### 2.1.3. KLAONIČKA OBRADA SVINJA

U Republici Hrvatskoj se omamljivanje svinja provodi primarno električnom strujom, no međutim neke klaonice koriste i komore s plinom, odnosno ugljikovim dioksidom. Po završetku omamljivanja, slijedi iskrvarenje, a zatim šurenje i depilacija. Potom je potrebno ručno otkloniti preostali dio dlaka te papke, izrezati unutarnje uho, izvaditi oči i skinuti kapke. Nakon navedenog čišćenja, provodi se evisceracija organa te rasijecanje na polovice i hlađenje trupova (NJARI i ZDOLEC, 2012.).



Slika 2. Dijagram klaoničke obrade svinja

## **2.2.METODE DEKONTAMINACIJE TRUPOVA**

Mikroorganizmi se mogu pronaći duž cijelog lanca obrade životinja unutar klaoničkog procesa, čime se naglašava potreba i važnost nadzora cjelokupne tehnologije kako ne bi došlo do kontaminacije trupova patogenim mikroorganizmima (MATTHEWS i sur., 2019.). Najkritičnijim točkama cijelog procesa smatraju se iskrvarenje i evisceracija trupova jer time nastaju otvorene rane koje se vrlo lako mogu kontaminirati. Iako se do sada smatralo da ova potencijalna opasnost može biti ograničena visokom razinom higijene i inspekcijom mesa, sve razvijenija industrija prerade mesa zahtjeva naprednije procese te se iz toga razloga u posljednje vrijeme intenzivno istražuju sve eventualno metode koje bi smanjile kontaminaciju i učinile meso što sigurnijom za konzumaciju potrošača.

Danas je u svijetu otkriveno i poznato više različitih metoda koje mogu poslužiti za dekontaminaciju 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.).

### **2.2.1. FIZIKALNE METODE DEKONTAMINACIJE**

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 imaju mogućnost šire primjene u lancu proizvodnje. Najčešće korišteno gama zračenje se posljednjih godina nadopunjuje i drugim tehnologijama poput UV zračenja, elektronskog snopa, ultrazvuka te visokog hidrostatskog tlaka, ali i metodama koje su tek u razvitku (svjetlosni impulsi, hladna atmosferska plazma) (ALBERT i sur., 2021.).

#### **2.2.1.1. GAMA ZRAČENJE I ELEKTRONSKI SNOPI**

Zračenje se smatra najuspješnijim tehnološkim procesom u smanjenju broja mikroorganizama u hrani, odnosno poboljšanju sigurnosti hrane. Također, može produžiti i rok trajanja mesa, ali i rezultirati sterilnošću proizvoda (JAVANMARD i sur., 2006.). Kao izvori gama zračenja koriste se radioizotopni cezij-137 ili kobalt-60, dok se elektronski snop proizvodi

pomoću linearnog akceleratora. Antimikrobna djelotvornost obiju metoda je vrlo slična, ali elektronski snop dopušta veću brzinu doze pa samim time zahtjeva i kraće vrijeme primjene (ALBERT i sur., 2021.). S druge strane, gama zračenje prodire dublje u samo meso, otprilike 60-80 cm, dok se elektronski snop zadržava na 8-10 cm (KWON, 2010.; ALBERT i sur., 2021.).

Zračenje može inaktivirati mikroorganizme izravno i neizravno. Izravno djeluje tako da stvara fotoinducirane lomove na deoksiribonukleinskoj kiselini (DNK), a neizravno oštećenjem DNK koje je inducirano produktima radiolize. Na velike DNK molekule koje sadržavaju kompleksniji organizmi, djelovat će iznimno male doze (< 0.1 kGy), dok će jednostavniji organizmi s manjom DNK zahtijevati primjenu jače doze zračenja. Primjerice bakterije će zahtijevati doze od 1.5 – 4.5 kGy, dok će još veće doze biti potrebne za uništavanje spora (10-45 kGy). Prema dosadašnjim istraživanjima, gram-negativne bakterije su pokazale jaču osjetljivost na utjecaj zračenja od gram-pozitivnih (ALBERT i sur., 2021.). Na djelotvornost zračenja, osim navedenih čimbenika mogu utjecati i svojstva hrane, poput debljine komada mesa, temperature te udjela vode. Smrznutom mesu potrebne su veće doze zračenja jer niske temperature smanjuju difuziju slobodnih radikala (BLACK i JACZYNSKI, 2006.). Opisane metode zračenja se uspješno provode već dugi niz godina te je njihova djelotvornost opisana u brojnim radovima. Istraživanja su uglavnom provođena na sirovom mesu u vidu djelovanja zračenja na neke od najčešćih mikroorganizama poput *Salmonella* Enteritidis, *Campylobacter jejuni* te *Escherichia coli*.

SEDEH i sur. (2007.) istraživali su učinak gama zračenja na goveđe trupove. Upotrebljavalo se zračenje od 0.5, 1, 2 i 3 kGy te je dio uzoraka uskladišten na temperaturi hladnjaka, dok je drugi dio smrznut. Mikrobiološka i kemijska analiza provodila se u sedmodnevnim intervalima za ohlađeno te dvomjesečnim za smrznuto meso. Utvrđeno je da se broj aerobnih bakterija znatno smanjivao s povećanjem doze zračenja. U kontrolnoj skupini koja nije tretirana zračenjem je broj aerobnih bakterija iznosio  $2.81 \times 10^6$  CFU/g, broj koliformnih bakterija  $3.57 \times 10^4$  CFU/g, a broj *Staphylococcus aureus*  $9.68 \times 10^3$ . Dokazano je da je najdjelotvornija bila kombinacija zračenja i smrzavanja mesa. Utvrđena optimalna doza zračenja za smanjenje mikrobiološkog onečišćenja i inaktivaciju *Salmonella* spp. iznosila je 3 kGy. Također, dokazano je da se meso tretirano zračenjem može uskladištiti na temperaturi hladnjaka do 2 tjedna bez kvarenja, dok ono koje nije tretirano svega 3 dana. Glavna prednost takvog postupka s mesom jest u tome što se može tretirati već gotov (zapakirani) proizvod, dok je nedostatak u tome što može dovesti do promjene senzornih svojstava mesa. Svjetske

organizacije poput WHO-a, IAEA-a i FAO-a su potvrdile da zračenje do 10 kGy ne može izazvati štetne posljedice za zdravlje ljudi (ROBERTS, 2014.; ALBERT i sur., 2021.).

#### 2.2.1.2. ULTRALJUBIČASTO (UV-C) ZRAČENJE

Valne duljine ultraljubičastog zračenja kreću se između 100 i 400 nm, a za potrebe sterilizacije općenito se najčešće koristi UV-C zračenje (200 - 280 nm) (ALBERT i sur., 2021.). Isto kao i gama zračenje, UV ima germicidna svojstva što podrazumijeva da uništava bakterije, ali za razliku od gama zračenja nema utjecaja na senzorna svojstva mesa (STERMER i sur., 1987.).

UV-C zračenje oštećuje DNK umrežavanjem vodikovih veza između baza timin – citozin. Na taj način poremećuje transkripciju i replikaciju DNK što može uzrokovati mutacije i staničnu smrt (RASTOGI i sur., 2015.). U posljednje vrijeme su dostupne UV-C lampe visokog intenziteta s potencijalom uništavanja površinskih bakterija hrane i sukladno njihovom djelovanju su provedena istraživanja od strane različitih grupa. Uz djelotvornost UV zračenja na mikrobiološke parametre, glavni predmet istraživanja bio je i utjecaj na organoleptička svojstva (boja i tekstura) sirovog mesa. Neki istraživači su uz djelovanje UV zračenja upotrebljavali i bakteriofage (YANG i sur., 2017.), klor (OH i sur., 2014.) te smrzavanje kore (HAUGHTON i sur., 2012.) te su kao uzorak uglavnom koristili pileće meso. Rezultati su ukazali da nije bilo gotovo nikakvog utjecaja na kvalitetu uzoraka, ali da UV zračenje ne može u potpunosti eliminirati mikrobiološke onečišćenje, već samo reducirati broj mikroorganizama. S druge strane, istraživanje (KOUTCHMA i sur., 2019.) je dokazalo da UV-C zračenje ipak ima utjecaja na proizvod posljedično organskim fotokemijskim reakcijama koje potiču oslobađanje slobodnih radikala. Mogući nepoželjni učinci uključuju oksidaciju vitamina, masti i proteina, degradaciju antioksidanta, promjene u boji i teksturi te mirisu.

UV-C zračenje se smatra djelotvornim samo ukoliko je mikrobiološko onečišćenje prisutno isključivo na površini mesa, dok su potencijalna onečišćenja unutar komada mesa u potpunosti otporna na UV-zračenje. Dakle, UV-C zračenje ima samo površinsko antimikrobno djelovanje (LAZARO i sur., 2014.). Nadalje, rano istraživanje KORHONENA i sur. (1981.) imalo je za cilj proučiti djelotvornost kratkoročne primjene UV zračenja na goveđe trupove. Zaključeno je da neravna površina komada mesa čini fizički barijeru protiv zračenja. Iz navedenih razloga, ne preporuča se koristiti UV zračenje kao samostalnu metodu, nego u

kombinaciji s drugim tehnologijama kako bi se postigla sigurnost sirovog mesa (ALBERT i sur., 2021.).

Tablica 1. Utjecaj UV-C zračenja na različite bakterije u sirovom pilećem mesu (ALBERT i sur., 2021.)

<b>Tehnologija</b>	<b>Uzorak</b>	<b>Bakterija</b>	<b>Parametri zračenja</b>	<b>Max. redukcija</b>
UV-C	Pileća prsa	<i>Escherichia coli</i>	7.8 J/cm <sup>2</sup>	1.6 log CFU/mL
	Pileći file	<i>Salmonella</i> Enteritidis	0.05 – 3.00 J/cm <sup>2</sup>	2.4 log CFU/cm <sup>2</sup>
		<i>Listeria monocytogenes</i>		1.8 log CFU/cm <sup>2</sup>
		<i>Staphylococcus aureus</i>		2.6 log CFU/cm <sup>2</sup>
		Enterohemoragična <i>Escherichia coli</i>		1.7 log CFU/cm <sup>2</sup>
	Pileća prsa	Uropatogena <i>Escherichia coli</i>	120 mJ/cm <sup>2</sup>	0.6 log CFU/g
	Pileća koža	<i>Campylobacter jejuni</i>	0.192 J/cm <sup>2</sup>	0.52 log CFU/g
		<i>Escherichia coli</i>		0.67 CFU/g
		<i>Salmonella</i> Enteritidis		0.70 CFU/g
	Pileća prsa	<i>Campylobacter jejuni</i>	0.192 J/cm <sup>2</sup>	0.76 CFU/g
<i>Escherichia coli</i>		0.88 CFU/g		
<i>Salmonella</i> Enteritidis		1.34 CFU/g		
Pileći batak	<i>Salmonella</i>	4 J/cm <sup>2</sup>	0.45 CFU/g	
	<i>Staphylococcus aureus</i>		0.42 CFU/g	
	<i>Listeria monocytogenes</i>		0.63 CFU/g	
Meso brojlera	<i>Campylobacter jejuni</i>	33 mW/cm <sup>2</sup>	0.70 CFU/g	
Koža brojlera	<i>Campylobacter jejuni</i>	33 mW/cm <sup>2</sup>	0.80 CFU/g	
UV-C i fagi	Pileća prsa	<i>Listeria monocytogenes</i>	6 faga i 600-2400 mWs/cm <sup>2</sup>	2.04 log CFU/g
UV-C i klor	Pileća prsa	<i>Listeria monocytogenes</i>	300 mWs/cm <sup>2</sup> i klor (200 mg/kg)	0.8 log CFU/g
UV-C i smrzavanje kore	Pileći batak	<i>Campylobacter jejuni</i>	(-27, -15, -5°C) i 0.048 J/cm <sup>2</sup>	Oko 1.0 CFU/g

CFU: jedinice koje čine kolonije

### 2.2.1.3. PULSIRAJUĆE SVJETLO (PL)

Različiti izvori navode primjenu pulsirajućeg svjetla kao jednu od metoda koja obećava smanjenje mogućnosti da hrana životinjskog podrijetla bude vektor bakterijskih infekcija (HEINRICH i sur., 2016.; TOMASEVIC i sur., 2019.). Pulsirajuće svjetlo se u literaturi još spominje i kao intenzivni svjetlosni impulsi (ILP), pulsirajuće bijelo svjetlo te pulsirajuće UV svjetlo. Svi navedeni oblici smatraju se blagim i brzim alternativnim metodama dekontaminacije hrane, uz mogućnost zadržavanja prirodnih svojstava. Postupak se bazira na kratkotrajnoj primjeni intenzivnih svjetlosnih impulsa širokog spektra (BARBA i sur., 2018.; TOMASEVIC i sur., 2019.). Smatra se površinskom metodom sukladno tome što prodire svega nekoliko  $\mu\text{m}$  ispod površine tretirane hrane (ELMNASSER i sur., 2007.).

Primjena pulsirajućeg svjetla funkcionira preko lampi s inertnim plinom za transformaciju kratkotrajnih, ali i impulsa velike snage u impulse slične sunčevom spektru (200-1100 nm), uključujući i infracrveno, UV svjetlo te vidljivi spektar. Kako bi se u potpunosti okarakteriziralo djelovanje pulsirajućeg svjetla moraju se u obzir uzeti bazični parametri: ukupna količina energije (F) koja proizlazi iz izvora svjetla na jedinicu površine matriksa u određenom vremenu i ukupan broj primijenjenih impulsa (n) (HEINRICH i sur., 2016.; TOMASEVIC i sur., 2019.). Impulsi inaktiviraju mikroorganizme na površini hrane na način da njihova DNK apsorbira svjetlost što dovodi do fizikalno-kemijskih promjena i uništenja genskih informacija (ELMNASSER i sur., 2007.; MCDONALD i sur., 2000.).

PASKEVICIUTE i sur. (2010.) proučavali su djelotvornost pulsirajućeg svjetla visokog intenziteta na bakterije *Salmonella* Typhimurium i *L. monocytogenes*, ali i broj aerobnih mezofilnih bakterija na pilećem mesu. Postupak je proveden *in vitro* te nakon površinske inokulacije svježih pilećih prsa. Nadalje, bilo je nužno istražiti i organoleptička svojstva pilećeg mesa. Komadi pilećih prsa podvrgnuti su tretmanu od 1000 pulseva tijekom 200 sekundi, uz djelovanje ultraljubičastog zračenja od  $5.4 \text{ J/cm}^2$ . Dobivenim rezultatima zabilježeno je smanjenje broja *L. monocytogenes* i *S. Typhimurium* za 2-2.4  $\log_{10}$  CFU/mL te broja aerobnih mezofilnih bakterija za 2  $\log_{10}$  CFU/mL.

Po pitanju promjene senzornih svojstava nakon primjene pulsirajućeg svjetla, zabilježene su promjene u mirisu i boji ovisno o vrsti mesa i količini primijenjene energije. Promjena boje je uočena kod svinjskog i goveđeg mesa, ali i pilećeg kod kojeg je boja prešla u svjetliju pod djelovanjem jačeg svjetla, iako veći problem za potrošače predstavljaju promjena



mirisa i okusa (KEKLIK i sur., 2010.; TOMASEVIC i RAJKOVIC, 2015.; ALBERT i sur., 2021.). Smatra se da je mogući gubitak okusa potaknut stvaranjem ozona i dušičnih oksida čije koncentracije rastu prilikom primjene pulsirajućeg svjetla (KOCH i sur., 2019.).

Glavne prednosti primjene pulsirajućeg svjetla kao dekontaminacijske metode su kratkotrajno vrijeme primjene, sposobnost inaktivacije bakterijskih spora te mala mogućnost kemijskih rezidua (ALBERT i sur., 2021.). Također, još jedna od prednosti je što primjenu pulsirajućeg svjetla možemo ubrojiti u mali broj dekontaminacijskih tehnologija koje se koriste prije smrzavanja trupova (ZDOLEC i sur., 2022.).

#### 2.2.1.4. TOPLINSKA DEKONTAMINACIJA I VISOKI TLAK

Postoje dvije vrste toplinskih tehnologija, odnosno metoda za dekontaminaciju mesa (HEINZ i HAUTZINGER, 2007.), pasterizacija i sterilizacija. Obje metode su danas u širokoj primjeni zahvaljujući svojoj pristupačnosti, djelotvornosti i ekonomičnosti, ali mogu izazvati i negativan utjecaj na kvalitetu proizvoda. Kako bi se takvi negativni utjecaji što više smanjili, od izričite je važnosti poznavati način njihovog djelovanja (TORRES i VALAZQUEZ, 2005.). U klaoničkoj obradi se koristi dekontaminacija 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 (BUNCIC 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 (ANTIC i sur., 2021.). Nedavno su ANTIC i sur. (2021.) saželi rezultate dosadašnjih istraživanja o primjeni vruće vode. Navode kako je pranje trupova vrućom vodom znatno smanjilo broj svih indikatorskih bakterija za 1-2.5 log, s dodatnim smanjenjem od 0.5-1 log ukoliko je naknadno korištena i organska kiselina. Temperatura vode korištene 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. Osim na trupovima svinja, primjena vruće vode smatra se izuzetno djelotvornom i na goveđim trupovima (ANTIC i sur., 2021.), što potvrđuju i starija istraživanja (CASTILLO i sur., 1998.) u kojem su goveđi trupovi (prethodno inokulirani s  $5.0 \log_{10} \text{CFU}/\text{cm}^2$  različitih patogenih

bakterija) tretirani vrućom vodom. Zabilježeno je znatno smanjenje *E. coli* O157:H7 za 3.7 log te *S. Typhimurium* za 3.8 log. Na području Danske se za trupove svinja koji potječu iz čopora pozitivnih na salmonelu koristi pranje vrućom vodom jer se pokazalo djelotvornije od primjene organskih kiselina (LAWSON i sur., 2009.).

Nakon rasijecanja i pakiranja mesa u dekontaminaciji se može koristiti i tehnologija visokog hidrostatskog tlaka (HHP). Tehnika podrazumijeva tretiranje mesa hidrostatskim tlakom od 200 do 600 MPa (PURROY i sur., 2012.) pri temperaturama od 5 °C do 30 °C tijekom nekoliko minuta (FARKAS i HOOVER, 2000.). Ono što ovu tehniku razlikuje od ostalih jest gotovo trenutno djelovanje te mogućnost jednolike primjene tlaka na čitav proizvod bez obzira na veličinu i oblik (BALASUBRAMANIAM i sur., 2016.).

U primjeni se danas mogu naći dvije vrste sustava za primjenu visokog tlaka: vertikalni sustav te češće korišteniji horizontalni sustav. Prilikom korištenja horizontalnog sustava proizvod se stavlja u košaru koja se zatim stavi unutar hermetički zatvorene posude. Najprije se posuda puni vodom pod niskim tlakom te potom pojačivači počinju dizati tlak do potrebne razine (PURROY i sur., 2012.). U cijelom sustavu, postoje dva čimbenika koji utječu na učinkovitost metode, odnosno na razinu inaktivacije mikroorganizama: razina tlaka u sustavu te trajanje cjelokupnog procesa (BLACK i sur., 2011.). Većina patogenih mikroorganizama ili vegetativnih stanica može se inaktivirati pomoću ove metode, a navedena inaktivacija uzrokovana je ugrožavanjem vitalnih funkcija stanice (denaturacija proteina i DNK, inaktivacija enzima). Bakterije općenito pokazuju veću otpornost od kvasaca i plijesni (PATTERSON, 2005.).

Po pitanju senzornih svojstava, tretiranje visokim tlakom može uzrokovati promjenu boje mesa ovisno o visini samoga tlaka, ali i o oksidaciji željeza u nekim pigmentima. Zaključno, opisana metoda smatra se i izrazito pogodnom za sigurnost okoliša zbog vrlo niskog unosa energije, ali istovremeno velike učinkovitosti (HOGAN i sur., 2005). Iz navedenih razloga, danas u svijetu postoji više od 300 industrijskih pogona za primjenu visokog tlaka (POTTIER i sur., 2017.; ALBERT i sur., 2021.).

Tablica 2. Utjecaj visokog hidrostatskog tlaka (HHP) na različite bakterije u pilećem i govedem mesu (ALBERT i sur., 2021.).

Tehnologija	Uzorak	Bakterija	Parametri	Max. redukcija
<b>HHP</b>	Mljevena piletina i cijela pileća prsa	<i>Campylobacter jejuni</i>	100-200 MPa; 5 min; 5°C	0.4 log CFU/g
	Mljevena puretina	<i>Campylobacter jejuni</i>	250 MPa, 10 min, 4°C	1.1 log CFU/g
	Vakuumski-pakirani pileći file	<i>Salmonella</i> Enteritidis	400-600 MPa; 10, 20 min	6.5 log CFU/g
	Smrznuta pileća prsa	<i>Salmonella</i>	100-600 MPa; 1-9 min	>5 log CFU/g
	File od pilećih prsa	<i>Listeria monocytogenes</i>	100-300 MPa; 5, 10 min; 4°C	3.4 log CFU/g
	Mljevena piletina	<i>E.coli</i>	300-500 MPa; 15 min; <40°C	5.23 log CFU/g
	Mljevena govedina	<i>E.coli O157</i>	400 MPa, 25 – 45°C, 1-5 ciklusa	8 log CFU/g
	Goveđa jetra	<i>E.coli</i>	200-500 MPa, 10-30 min, 25°C	5 log CFU/g

CFU: jedinice koje formiraju kolonije

#### 2.2.1.5. ULTRAZVUK

Ultrazvuk predstavlja neinvazivni, neionizirajući i nezagađujući oblik mehaničke energije, odnosno akustične energije (CHEMAT i sur., 2011.). U današnjoj tehnologiji proizvodnje, primjena ultrazvuka smatra se odličnom metodom za nadziranje, pojačavanje te ubrzavanje procesa bez utjecaja na kvalitetu hrane. Ultrazvučni valovi obuhvaćaju spektar iznad granice ljudskog sluha, odnosno iznad 20 kHz. Može se podijeliti u tri grupe: ultrazvuk snage (16-100 kHz), ultrazvuk visoke frekvencije (100 kHz-1 MHz) te dijagnostički ultrazvuk (1-10 MHz) (ALBERT, 2021.). Ultrazvuk snage, odnosno ultrazvuk visokog intenziteta (HIU) može

promijeniti fizikalna, kemijska i mehanička svojstva hrane djelujući na strukturu i kompoziciju proizvoda te je iz tog razloga poznat kao obećavajuća tehnologija za poboljšanje okusa, boje i mekoće svježeg mesa (ALARCON-ROJO i sur., 2015.).

Ultrazvuk na tekući medij djeluje stvarajući fenomen tzv. „akustične kavitacije“ posljedično nastanku mikromjehurića koji se stvaraju pod djelovanjem promjena tlaka uzrokovanih udarom brzih mlaznica tekućine i hidrodinamičkim silama. Zahvaljujući ovom svojstvu, ultrazvuk može utjecati na žive i nežive materijale, stoga se njegov utjecaj na mikroorganizme hrane temeljito istraživao tijekom godina. Smatra se da fenomen „akustične kavitacije“ u ovom slučaju dovodi do oštećenja DNK i stanične membrane (CHANDRAPALA i sur., 2012.), a sukladno tome se gram pozitivne bakterije smatraju otpornijima zahvaljujući debljim staničnim membranama (LUO i sur., 2012.). Na temelju rezultata dosadašnjih istraživanja, ultrazvuk se ne podrazumijeva dobrom alternativnom metodom za dekontaminaciju mesa posljedično tome što postoji previše čimbenika koji mogu utjecati na kvalitetu same metode: gustoća i jačina akustične energije, temperatura, vremenski period djelovanja; ali i aktivnost vode, pH, udio soli te broj mikroorganizama samog proizvoda (MISRA i sur., 2017.).

Ultrazvuk se primarno počeo koristiti u mesnoj industriji kako bi unaprijedio proces hlađenja pilećeg mesa (FLORES i sur., 2018.). Niski intenzitet ultrazvuka se danas redovno koristi u svrhu održavanja mekoće, kvalitete i okusa mesa, što su i najvažnije karakteristike za potrošača. Posljednjih godina različite istraživačke grupe posvetile su se ispitivanju ultrazvuka kao metode za smanjenje mikrobiološkog onečišćenja, međutim rezultati u tom aspektu djelovanja ultrazvuka nisu bili zadovoljavajući.

Iako ultrazvuk nema zadovoljavajuće djelovanje kao samostalna metoda dekontaminacije, istraživanja su pokazala da u kombinaciji s nekim biološkim i kemijskim metodama (kloriranje, etanol, mliječna kiselina) može poboljšati njihovo djelovanje, čime se ipak svrstava u obećavajuće tehnologije u dekontaminaciji hrane (SEO i sur., 2019.).

Tablica 3. Utjecaj ultrazvuka na različite bakterije u pilećem mesu (ALBERT i sur., 2021.).

<b>Tehnologija</b>	<b>Uzorak</b>	<b>Bakterija</b>	<b>Parametri</b>	<b>Max. redukcija</b>
<b>Ultrazvuk</b>	Pileća koža	<i>Salmonella</i>	37 kHz, 380 W,	Nema značajne redukcije
		Typhimurium	5 min	
	Pileća koža	<i>Salmonella</i>	37 kHz, 380 W	Nema značajne redukcije
		Typhimurium		
	Pileća koža	<i>Salmonella</i>	37 kHz, 380 W,	Nema značajne redukcije
		Typhimurium	5 min	
Pileća koža	<i>Campylobacter jejuni</i>	37 kHz, 380 W, 5 min	Nema značajne redukcije	
Pileći batak	<i>Campylobacter jejuni</i>	40 kHz, 20 W/l, 16 min	Nema značajne redukcije	
Pileća prsa	<i>Salmonella</i>	40 kHz, 9.6	Nema značajne redukcije	
	<i>Staphylococcus aureus</i>	W/cm <sup>2</sup> , 50 min		

### 2.2.2. KEMIJSKE METODE DEKONTAMINACIJE

Unatoč sve sofisticiranijim higijenskim mjerama u klaoničkoj obradi životinja, neizbježno će doći do kontaminacije trupova te se upravo iz toga razloga preporuča na kraju linije klanja provesti jednu od metoda dekontaminacije, ukoliko je prisutan mikrobiološki rizik. Uz sve navedene fizikalne metode, također se preporuča i upotreba kemijskih metoda, prvenstveno za crveno meso poput govedeg. U njih možemo ubrojiti: primjenu klorirane vode, otopine glukoze, skladištenje u ugljikovom dioksidu te upotrebu 2-3 % otopina organskih (octena, limunska, mliječna) kiselina. Kiseline se mogu primijeniti zasebno, 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 unutarstanične pH vrijednosti, smatra se da su za inaktivaciju mikroorganizama odgovorni i poremećaji unutar stanične membrane koji nastaju prilikom prodiranja kiseline. 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 mikrobnju inaktivaciju sve

veća. Također, vrlo važan je i čimbenik da primjena organskih kiselina ne utječe na senzorna svojstva mesa (STANKOV, 2019.).

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.).

Prihvaćene otopine za dekontaminaciju ne bi smjele imati štetan učinak po zdravlje radnika i/ili potrošača (SOFOS i sur., 1999.), 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 etiketiranju (primjerice „dodani sastojci“)
- Znanstvena istraživanja podupiru njihovu djelotvornost.

U SAD-u, otopine organskih kiselina (1.5 %-2.5 %) odobrene su kao prihvatljive za korištenje u vidu dekontaminacije trupova (STANKOV, 2019.).

#### 2.2.2.1. PRIMJENA MLIJEČNE KISELINE

Mliječna kiselina se od davnina nalazi unutar široke palete hrane koju čovjek konzumira. Pri određenom pH, mliječna kiselina ima baktericidna svojstva, ali istovremeno ne utječe na senzorna svojstva hrane. Mogućnost korištenja mliječne kiseline u vidu površinske dekontaminacije svježeg mesa i nusproizvoda klanja proučavana je s posebnim osvrtom na značajno smanjenje dekontaminacije enterobakterijama i *Campylobacter* spp. te produljenje roka trajanja. Pri koncentracijama oko 1 % mliječne kiseline i pH 2,4 ne dolazi do promjene boje na površini mesa (SMULDERS i sur., 1986.).

Primjena ove vrste tretmana rezultirat će značajnim smanjenjem broja bakterija, ne samo putem pada pH vrijednosti, već i specifičnim djelovanjem kiseline u nedisociranom obliku. Budući da nema naznaka da bi primjena mliječne kiseline u klaoničkoj obradi mogla na bilo koji način ugroziti zdravlje potrošača, različita javnozdravstvena tijela dopuštaju njenu primjenu kao sredstva za dekontaminaciju, uz pridržavanje uvjeta dobre proizvođačke prakse (SMULDERS i sur., 1986.).

Europska unija je Uredbom Komisije br. 101/2013 odobrila primjenu mliječne kiseline za smanjivanje površinskog mikrobiološkog onečišćenja goveđih trupova. U 2011. godini EFSA je usvojila znanstveno mišljenje o procjeni sigurnosti i djelotvornosti mliječne kiseline za odstranjivanje površinskog mikrobiološkog onečišćenja s trupova goveda, komada i odrezaka. Također, 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. 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, nije bilo moguće doći do zaključka je li mliječna kiselina djelotvornija od primjene vode u istoj fazi klaoničke obrade (EFSA, 2018.).

U posljednje vrijeme provedena su mnoga istraživanja u svrhu utvrđivanja 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 aerobnih bakterija i *E. coli* od 2-2.5 log (CARLSON i sur., 2008.), dok su slični tretmani pokazali varijabilne rezultate u laboratorijskim uvjetima (od 0,5 do 5 log) (ANTIC, 2018.). Pranje 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 1-2 log, dok se za ostale kiseline smanjenje kreće oko 1 log. Kombinacija više organskih kiselina i njihova zajednička primjena ne pokazuje bolje rezultate (oko 1 log) (SIGNORINI i sur., 2018.). Slučajevi višestrukog pranja kiselina ili kombinacije pranja s toplinskim tehnologijama mogu dati bolje rezultate s povećanjem smanjenja mikroorganizama za 1 log. 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 log te *Salmonella* spp. za 1-1.5 log.

VAN NETTEN i sur. su još 1995. godine istraživali dekontaminacijski učinak mliječne kiseline na svinjskim trupovima u klaonici. Trupovi su prethodno kontaminirani *S. Typhimurium* u rasponu 1-2  $\log_{10}$  CFU/cm<sup>2</sup> te su ostavljeni 20 minuta kako bi se inokulum u potpunosti pridržao za površinu trupa. Dekontaminacija se provodila hladnom i vrućom mliječnom kiselinom. Primjena hladne kiseline podrazumijevala je primjenu u trajanju 60

sekundi s 2%-tnom (pH 2,3) ili 5%-tnom (pH 1,9) kiselinom, dok se primjena vruće kiseline istraživala u vremenskim intervalima od 30, 60, 90 i 120 sekundi. Prema dobivenim rezultatima utvrđeno je da tretiranje 2%-tnom i 5%-tnom hladnom kiselinom 60 sekundi može u potpunosti eliminirati *S. Typhimurium* s trupova koji su prethodno kontaminirani s  $1 \log_{10}$  CFU/cm<sup>2</sup>, dok isto nije vrijedilo za trupove kontaminirane s  $2 \log_{10}$  CFU/cm<sup>2</sup>. Ipak, isto je bilo moguće postići 2%-tnom i 5%-tnom vrućom mliječnom kiselinom u vremenskom intervalu od 60 do 120 sekundi. Dugotrajnija primjena vruće mliječne kiseline (duže od 120 sekundi) rezultirala je neprihvatljivim promjenama senzornih svojstava mesa.

Tablica 4. Propisi i smjernice o uporabi mliječne i octene kiseline za dekontaminaciju trupova na globalnoj razini (NKOSI i sur., 2021.).

<b>Godina</b>	<b>Razvoj upotrebe organskih kiselina po zemljama</b>	<b>Koncentracija organskih kiselina</b>
<b>2006.</b>	Australija i Novi Zeland. Meat & Livestock Australia.	Mliječna kiselina, octena kiselina, limunska kiselina 2.5%
<b>2013.</b>	Uredba (EU) br. 101/2013. Europska Komisija.	Mliječna kiselina 2-5%
<b>2015.</b>	Organizacija za prehranu i poljoprivredu Ujedinjenih naroda. WHO/FAO.	Mliječna kiselina 2-5%. Octena kiselina certificirana od strane vlasti.
<b>2016.</b>	FSIS 7120.1 Revizija 15 i FSIS-C-14-2004. USDAS.	Mliječna i octena kiselina 2.5-5%
<b>2019.</b>	SOR/2018-108. Canadian Food Authority.	Po odobrenju od strane vlasti

#### 2.2.2.2. PRIMJENA OCTENE KISELINE

Octena kiselina je još jedna organska kiselina koja se intenzivno koristi u prehrambenoj industriji. Može se koristiti za ubijanje ili smanjenje mikroorganizama od interesa u hrani ili mesnim proizvodima (DAN i sur., 2017.). Primjena octene kiseline predmet je rasprave mnogih znanstvenika jer bi u svom koncentriranom obliku mogla biti korisna u smanjenju broja mikroorganizama, ali njezin jak, oštar miris mogao bi odvratiti industriju od njezine primjene na svježim trupovima (HOCHREUTENER, 2017.). Navedeni problem bi se mogao prevladati



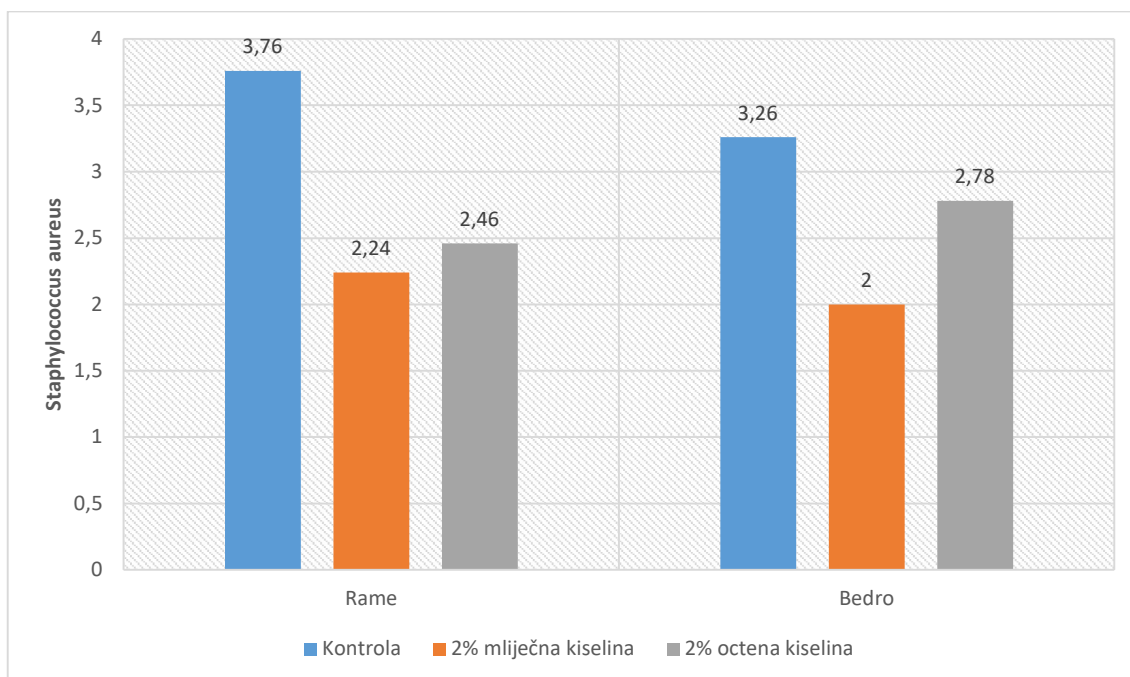
upotrebom kiseline od 4 % ili niže i njezinim raspršivanjem po područjima sklonima kontaminaciji poput vrata oko rana od iskrvarenja ili ulaznim ranama od metka nakon usmrćivanja divljači (USDAS, 2020.).

Prije desetak godina ispitan je utjecaj octene kiseline na bakterije na otkoštenim pilećim prsima (HECER i ULOSOY SÖZEN, 2011.). Uzeto je 20 uzoraka koji su uronjeni u 0.2%-tnu (pH 5,9) i 0.3%-tnu (pH 5,7) octenu kiselinu na 10 minuta u laboratorijskim uvjetima. Nakon sušenja, uzorci su podvrgnuti automatskom otkoštavanju te su zatim uskladišteni 4 dana na temperaturi od 4 °C. Mikrobiološkom analizom uzoraka utvrđeno je da je octena kiselina pokazala nezadovoljavajući antimikrobni učinak.

Antimikrobna djelotvornost octene kiseline u usporedbi s mliječnom kiselinom ispitana je u istraživanju SALLAMA i sur. (2020.) na trupovima goveda. Obje kiseline korištene su u obliku spreja (2 %) u svrhu smanjenja broja aerobnih mezofilnih bakterija, enterobakterija, koliformnih bakterija te *S. aureus*. Rezultati nisu pokazali statistički značajnu razliku u smanjenju broja aerobnih bakterija između mliječne i octene kiseline. Octena kiselina pokazala je i izričitu djelotvornost u vidu smanjenja broja enterobakterija ( $2.22 \log_{10}$  CFU/cm<sup>2</sup>). Zanimljivost predstavlja činjenica da su i octena i mliječna kiselina imale jači utjecaj na smanjenje enterobakterija u odnosu na aerobne mezofilne bakterije, no to se može objasniti destruktivnim učinkom organskih kiselina na proteolitičke bakterije, specifično gram negativne. Po pitanju utjecaja octene kiseline na koliformne bakterije, zabilježeno je smanjenje od  $1.06 \log_{10}$  CFU/cm<sup>2</sup> na području mišićja ramena, dok je na području bedra iznosilo  $1.23 \log_{10}$  CFU/cm<sup>2</sup>. S druge strane, nije zabilježena značajna djelotvornost octene kiseline na *S. aureus* na području goveđeg bedra, dok je mliječna kiselina na tom području pokazala mnogo bolje rezultate.

Kako bi se eventualno povećala antimikrobna djelotvornost octene kiseline, ona se može koristiti u kombinaciji s drugim kemijskim spojevima, poput cinkovog oksida. Provedeno je istraživanje (MIRHOSSEINI i ARJMAND, 2014.) o utjecaju otopina različitih koncentracija cinkovog oksida s 1%-tnom octenom kiselinom. Cilj je bio ispitati utjecaj ove kemijske kombinacije na patogene bakterije *L. monocytogenes*, *E. coli* te *S. aureus* koje su prethodno inokulirane u janjeće meso ( $7 \log$  CFU/g). Otopine s povećanom koncentracijom cinkovog oksida (uz 1% octene kiseline) imali su snažniji utjecaj na smanjenje mikrobiološkog onečišćenja. Populacija *L. monocytogenes* je smanjena na  $4.72 \log$  CFU/g, *E. coli* na  $1.24 \log$  CFU/g te *S. aureus* na  $2.75 \log$  CFU/g.

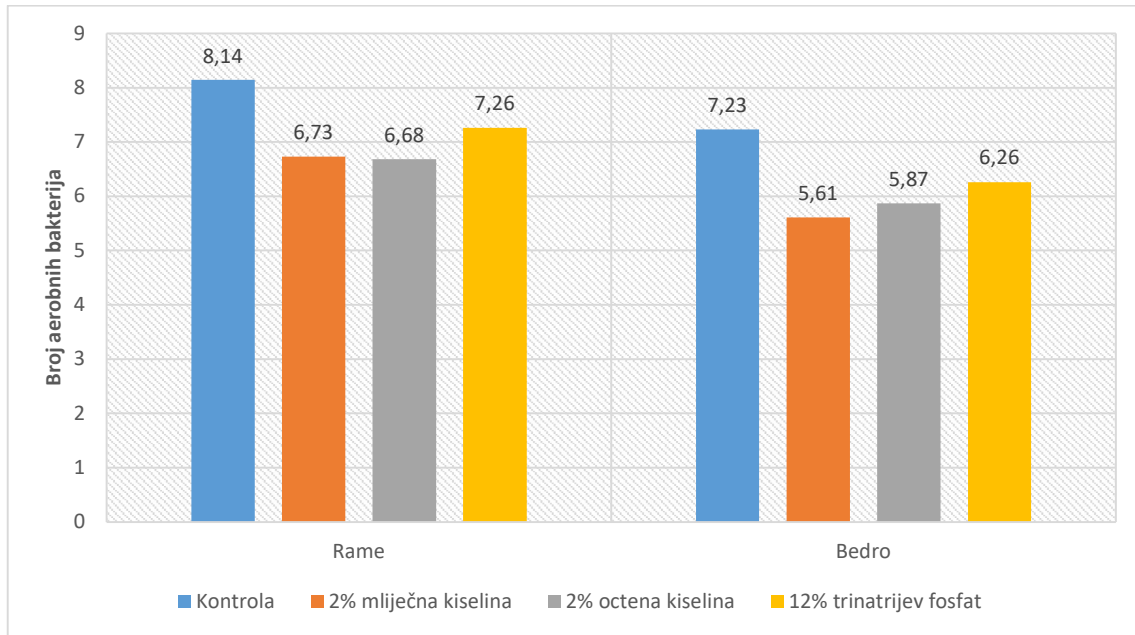
Može se smatrati da octena za razliku od mliječne kiseline ima znatno slabiji potencijal kao dekontaminacijska tehnologija, no u kombinaciji s drugim metodama može pokazati obećavajuće rezultate.



Grafikon 1. Djelotvornost mliječne i octene kiseline na *S. aureus* na goveđim trupovima ( $\log_{10}$  CFU/cm<sup>2</sup>) (SALLAM i sur., 2020.).

### 2.2.2.3. PRIMJENA TRINATRIJEVOG FOSFATA

Tijekom devedesetih godina prošlog stoljeća, istraživanja su prepoznala primjenu otopina trinatrijevog fosfata kao jednu od mogućnosti dekontaminacije mesa. Navedene otopine su odobrene na području SAD-a na temelju istraživanja koja su potvrdila njihov utjecaj na smanjenje salmonela i ostalih bakterija u piletini te svinjskom i goveđem mesu (MORRIS i sur., 1997.). Danas se najčešće otopina trinatrijevog fosfata (12%) koristi u obliku spreja koji se primjenjuje na područja sklona kontaminaciji.



Grafikon 2. Djelotvornost mliječne kiseline, octene kiseline te trinatrijevog fosfata na broj aerobnih bakterija na govedim trupovima ( $\log_{10}$  CFU/cm<sup>2</sup>). (SALLAM i sur., 2020.).

#### 2.2.2.4. PRIMJENA KLOR DIOKSIDA

Klor dioksid predstavlja spoj topljiv u vodi koji se smatra djelotvornijim od samoga klora. Ne utječe na pH te se stoga u posljednje vrijeme predstavlja kao pouzdana alternativa čistim, tradicionalnim klornim preparatima (SOFOS i SMITH, 1998.). S druge strane, istraživanje provedeno devedesetih godina (CUTTER i DORSA, 1995.) navodi kako primjena klor dioksida 10 sekundi pod tlakom 520 kPa nije bila ništa djelotvornija od primjene obične vode u smanjenju fekalne kontaminacije. Ipak, klor dioksid može biti koristan u dekontaminaciji govedih trupova, ali i u peradarskim rashlađujućim kupkama gdje ima mogućnost dužeg djelovanja. Primjena klornih preparata u dekontaminaciji uz sebe veže zabrinutost zbog korozivnog djelovanja na metale i moguć nastanak štetnih kemijskih reakcija nakon kojih mogu ostati rezidue (SOFOS i SMITH, 1998.).

### **2.3. UTJECAJ DEKONTAMINACIJSKIH TEHNOLOGIJA NA KVALITETU MESA, ROK TRAJANJA I SIGURNOST OKOLIŠA**

Utjecaj dekontaminacijskih tehnologija na sigurnost okoliša i kvalitetu hrane može stvarati brigu i ograničiti njihovu komercijalnu primjenu. Prihvatljive dekontaminacijske metode ne bi smjele imati nepovoljno toksično, ili bilo kakvo štetno djelovanje po zdravlje radnika u lancu prerade. Toplinske metode najčešće nisu povezane sa bilo kakvim štetnim djelovanjem po zdravlja potrošača ili sigurnost proizvoda (SOFOS i SMITH, 1998.). Ostale fizikalne metode koje ne koriste toplinu se također smatraju izuzetno sigurnim za kvalitetu proizvoda, u vidu toga da ne utječu znatno na senzorna svojstva. Također, smatraju se izuzetno pogodnim za sigurnost okoliša sukladno tome što ne koriste kemijska sredstva pa ne ostavljaju rezidue, a jedna zasebna metoda može biti dovoljna za značajno smanjenje broja mikroorganizama. Jedino u slučaju potrebe za postizanjem potpune sterilnosti hrane se preporuča koristiti kombinaciju fizikalnih metoda (ALBERT i sur., 2021.).

S druge strane, primjena kemijskih sredstava može biti upitne sigurnosti zahvaljujući svojim potencijalnim toksičnim svojstvima koja mogu imati nepovoljno djelovanje na okoliš. (SOFOS i SMITH, 1998.).

Potencijalno nepoželjni učinci dekontaminacijskih metoda podrazumijevaju promjenu boje, okusa i mirisa, odnosno senzornih svojstava proizvoda. Ono što se također mora uzeti u obzir jest mogući trajni učinak na kvalitetu dobivenog mesa, međutim to je teško za evaluirati zbog naknadnog rukovanja i potencijalne kontaminacije (SOFOS i SMITH, 1998.).

### 3. RASPRAVA

Unatoč tome što je sigurnost hrane, odnosno namirnica za ljudsku konzumaciju, danas regulirana od strane mnogih nadležnih tijela, industrijalizacijom i globalizacijom posljednjih godina porasla je potražnja za ostvarivanjem veće sigurnosti cjelokupne tehnologije proizvodnje. Jedan od najčešćih potencijalnih izvora zoonotskih mikroorganizama jest upravo meso koje čini sastavni dio ljudske prehrane. S epidemiološkog stajališta, istraživanjem i upravljanjem rizikom od kontaminacije 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, s čak više od 350 000 slučajeva u 2018. godini (EFSA, 2019.).

Trenutno su u razvitku, neke već i u procesu korištenja i odobrenja, različite tehnologije koje za cilj imaju smanjiti navedenu mogućnost kontaminacije, kako za vrijeme klaoničkog procesa, tako i za vrijeme naknadnog skladištenja proizvoda. Navedene tehnologije smatramo dekontaminacijskim te ih najčešće dijelimo prema antimikrobnom učinku na fizikalne i kemijske (ALBERT i sur., 2021.). Kako bi dekontaminacijska metoda bila upotrebljiva i korisna, nužno je da ima što bolji antimikrobni učinak, ali da istovremeno ne djeluje negativno na senzorna svojstva i okoliš te da je ekonomski dostupna. Od posebne je važnosti njihova primjena na mesu peradi, svinja i goveda koje je i najčešće konzumirano. Sagledavajući cijeli klaonički proces, potrebno je kvalitetno nadzirati sve kritične točke u proizvodnji, što je primjerice kod mesa peradi izuzetno važno u slučaju rizika od infekcije bakterijom *Campylobacter* (EFSA, 2011.).

Kako bi se odabrala određena tehnologija dekontaminacije u određenom trenutku, potrebno je težiti daljnjem istraživanju postojećih i otkrivanju novih metoda sa što većim učinkom. 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.

Opisane su brojne fizikalne metode, od kojih u najstarije ubrajamo primjenu toplinskih metoda i zračenja koje je posljednjih desetljeća odobreno u više od 60 zemalja diljem svijeta (MAHERANI i sur., 2016.). Pregledom rezultata dosadašnjih istraživanja zabilježena je

zastupljenost mesa na tržištu dekontaminiranog zračenjem u razvijenijim europskim zemljama, što dokazuje djelotvornost same metode. Važno je naglasiti njezine prednosti i nedostatke. Kao nedostatak se mora uzeti u obzir da s povećanjem radijacije može doći do promjene senzornih svojstava mesa, najčešće u vidu lipidne i proteinske oksidacije. Posljedično lipidnoj oksidaciji mogu nastati promjene mirisa mesa i nutritivnih komponenti poput smanjenja nezasićenih masnih kiselina (ARSHAD i sur., 2020.). U prednosti možemo ubrojiti mogućnost djelovanja na prethodno zapakirane i smrznute proizvode te mogućnost produženja roka trajanja proizvoda. Važno je poznavati način djelovanja i poštivati optimalne doze radijacije za smanjenje mikrobiološkog onečišćenja koje se kreću oko 3 kGy (SEDEH i sur., 2007.). Općenito se može smatrati da UV-C zračenje samostalno ne može u potpunosti eliminirati mikrobiološko onečišćenje, već ga je bolje kombinirati s drugim tehnologijama (kloriranje, etanol, mliječna kiselina) (SEO i sur., 2019.). Razlog tome je što može djelovati samo na površinska onečišćenja, odnosno ne može prodrijeti duboko u komade mesa gdje i dalje zaostaje mikrobiološko onečišćenje (LAZARO i sur., 2014.). Pulsirajuće svjetlo (PL) je s druge strane pokazalo vrlo dobre rezultate u dekontaminaciji pilećeg mesa, ali ovisno o količini korištene energije, može izazvati promjene u boji, mirisu i okusu mesa što predstavlja problem za potrošače (KEKLIK i sur., 2010.; TOMASEVIC i RAJKOVIC, 2015.). Bez obzira na navedenu problematiku, smatra se poželjnom metodom jer ne ostavlja rezidue, zahtjeva izuzetno kratko vrijeme primjene i može inaktivirati bakterijske spore (KOCH i sur., 2019.). Pasterizacija i sterilizacija kao toplinske metode su u širokoj primjeni, no ukoliko se ne koriste pravilno mogu imati štetan učinak na kvalitetu proizvoda. Iz navedenog razloga, bolje je kao toplinsku metodu prije hlađenja mesa koristiti pranje vrućom vodom. Pranje trupova vrućom vodom može smanjiti broj indikatorskih bakterija za 1-2.5 log, a uz dodatno korištenje organske kiseline može se postići i veće smanjenje. Najpogodnija je za primjenu na goveđim i svinjskim trupovima. Novija i suvremenija metoda jest primjena visokog hidrostatskog tlaka (HHP). Ono što ovoj tehnici daje prednost jest gotovo trenutno djelovanje te mogućnost jednolike primjene na cijeli proizvod bez obzira na oblik i veličinu (BALASUBRAMANIAM i sur., 2016.). Zahvaljujući svojim prednostima, danas u svijetu postoji više od 300 industrijskih pogona koji koriste ovu metodu (POTTIER i sur., 2017.), ali se mora uzeti u obzir mogućnost djelovanja na senzorna svojstva.

Dekontaminacija trupova organskim kiselinama poput octene ili mliječne kiseline ovisi o nekoliko čimbenika: ravnomjerna primjena organske kiseline na trup u određenim intervalima, koncentracija organske kiseline i pH, temperatura kiseline i trupa koji se tretira,

pritisak primjene, vremenski interval kontakta i kombinacija strategija dekontaminacije. Kako bi se osigurao djelotvoran i učinkovit odgovor na kontaminaciju, industrije moraju odlučiti o najboljem planu primjene organske kiseline. Važno je da organske kiseline budu dovoljne koncentracije da postignu antimikrobni učinak, ali s druge strane ne toliko jake da uzrokuju promjene senzornih svojstava proizvoda (NEETHLING i sur., 2016.). Optimalni pH organske kiseline koja se koristi u dekontaminacijske svrhe jest 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 formalnim klaonicama gdje su sustavi grijanja i pitka voda lako dostupni. Uz pH i temperaturu, dokazano je da se veća uspješnost dekontaminacije može postići i povećanjem tlaka aplikatora organske kiseline (CHEN i sur., 2020.).

Može se prihvatiti da ne postoji savršen sustav koji bi jamčio potpuno uklanjanje mikroorganizama na površini mesa tijekom klanja. Važno je osigurati da se tijekom klanja prihvati najbolji mogući oblik intervencije antimikrobnog tretmana ili kombinacija intervencija, 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, izrezivanje sumnjivih trupova ili dijelova trupa i uvođenje organskih kiselina u odgovarajućim koncentracijama na trup te brzo hlađenje obrađenih trupova (NKOSI i sur., 2021.).

#### 4. ZAKLJUČAK

Alimentarne infekcije, odnosno bolesti prenosive hranom u današnjem svijetu predstavljaju javnozdravstveni problem širokih razmjera posljedično industrijalizaciji i globalizaciji. Iz tog razloga, sigurnost hrane namijenjene konzumaciji potrošača mora biti na visokoj razini tj. svaki korak u procesu od „*farme do stola*“ bi trebao biti strogo reguliran. Uz klasične postupke kontrole sigurnosti hrane poput dobre higijenske prakse, dobre proizvođačke prakse i inspekcije, današnja intenzivna proizvodnja traži unaprjeđenje koje se posljednjih godina postiglo uvođenjem dekontaminacijskih sustava u klaonički lanac. Svrha dekontaminacijskih sustava je ukloniti ili smanjiti koncentraciju mikroorganizama na površini trupa ili komada mesa, ali s minimalnim učinkom na kvalitetu proizvoda. Pouzdane dekontaminacijske metode odlikuju se brzinom, lakoćom primjene, djelotvornosti, lakom dostupnosti te nepostojanjem štetnih čimbenika po okoliš i zdravlje ljudi.

Iako su danas poznati mnogi oblici dekontaminacijskih tehnologija, potrebno je poznavati način primjene i djelovanja svake od njih kako bi se pravilno mogla implementirati u klaonički proces. Njihova raznolikost u vidu prednosti i nedostataka pruža mogućnost kombinacije više tehnologija u svrhu postizanja mikrobiološke ispravnosti mesa i mesnih proizvoda.

Zaključno, potrebno je u budućnosti i dalje istraživati dekontaminacijske tehnologije i njihovu mogućnost primjene u cilju razvoja sve boljih i naprednijih sustava kontrole sigurnosti mesa koje je u današnjem svijetu od iznimne važnosti za zdravlje potrošača.



## 5. LITERATURA

1. ALARCON-ROJO, A. D., H. JANACUA, J. C. RODRIGUEZ, L. PANIWNKY, T. J. MASON (2015): Powerultrasound in meat processing. *Meat Sci.* 107, 86–93.
2. 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.
3. 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.
4. ANTIC, 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.
5. ANTIC, D., K. HOUF, E. MICHALOPOULOU, B. BLAGOJEVIC (2021): Beef abattoir interventions in a risk-based meat safety assurance system. *Meat Sci.* 182, 1-12.
6. ARSHAD, MS., HJ. KWON, RD. AHMAD, K. AMEER, S. AHMAD, Y. JO (2020): Influence of E-beam irradiation on microbiological and physicochemical properties and fatty acid profile of frozen duck meat. *Food Sci. Nutr.* 8, 1020–1029.
7. BALASUBRAMANIAM, VM., GV. BARBOSA-CANOVAS, HLM. LELIEVELD (2016): High pressure processing of food. *Spring. Sci. + Business*, 758, 3-35.
8. BARBA, F.J., A.S. SANT'ANA, V. ORLIEN, M. KOUBAA (2018): Inactivation of Spoilage and Pathogenic Microorganisms. U: *Innovative Technologies for Food Preservation*. (Barb, F., Sant'Ana, A., Orlien, V., Koubaa, M., Eds.), Acad. Press., pp. 305-315.
9. BLACK, E.P., D. STEWART, G. HOOVER (2011): Microbial aspects of high-pressure food processing. U: *Nonthermal processing technologies for food*. (Zhang, H.Q., Barbosa-Cánovas, G.V., Balasubramaniam, V.M., Dunne, C.P., Eds.), Blackwell Publishing, pp. 51-71.
10. BLACK, J.L., J. JACZYNSKI (2006): Temperature effect on inactivation kinetics of *Escherichia coli* O157:H7 by electron beam in ground beef, chicken breast meat and trout fillets. *J. Food Sci.* 71, 221-227.
11. BUNCIC, S., J. SOFOS (2012): Interventions to control *Salmonella* contamination during poultry, cattle and pig slaughter. *Food Res.* 45, 641–655.

12. 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.
13. 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.
14. CHANDRAPALA, J., C. OLIVER, S. KENTISH, M. ASHOKKUMAR (2012): Ultrasonics in food processing. *Ultrason. Sonochem.* 19, 975–983.
15. CHEMAT, F., H. ZILLE, M.K. KHAN (2011): Applications of ultrasound in food technology: Processing preservation and extraction. *Ultrason. Sonochem.* 18, 813-835.
16. 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.
17. CUTTER, C.N., W.J. DORSA (1995): Chlorine dioxide spray washes for reducing fecal contamination on beef. *J. Food Prot.* 58, 1294–1296.
18. DAN, S.D., M. MIHAIU, O. REGET, D. OLTEAN, A. TĂBĂRAN (2017): Pathogens Contamination Level Reduction on Beef Using Organic Acids Decontamination Methods. *Bull. UASVM Vet. Med.* 74, 2.
19. EFSA (2011): Scientific Opinion on *Campylobacter* in broiler meat production: control options and performance objectives and/or targets at different stages of the food chain. *EFSA J.* 9, 2105.
20. 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.
21. EFSA (2019): The European Union one health 2018 zoonoses report. *EFSA J.* 17, 5926.
22. ELMNASSER, N., S. GUILLOU, F. LEROI, N. ORANGE, A. BAKHROUF, M. FEDERIGHI (2007): Pulsed-light systems as a novel food decontamination technology: a review. *Can. J. Microbiol.* 53, 813-821.
23. FARKAS, D.F., D.G. HOOVER (2000): High pressure processing. *J. Food Sci.* 65, 47-64.
24. FLORES, D. R. M., C. C. B. BRASIL, P. C. B. CAMPAGNOL, E. JACOB-LOPES, L. Q. ZEPKA, R. WAGNER, A. J. CICHOSKI (2018): Application of ultrasound in

- chicken breast during chilling by immersion promotes a fast and uniform cooling. *Food Res. Int.* 109, 59–64.
25. GUTIĆ, S. (2015): Značaj bolesti koje se prenose hranom. *Meso* 16, 4, 362-365.
  26. HAUGHTON, P., J. LYNG, D. MORGAN, D. CRONIN, F. NOCI, S. FANNING (2012): An evaluation of the potential of high-intensity ultrasound for improving the microbial safety of poultry. *Food Bioprocess. Technol.* 3, 992-998.
  27. 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.
  28. HEINRICH, V., M. ZUNABOVIC, T. VARZAKAS, J. BERGMAIR, W. KNEIFEL (2016): Pulsed Light Treatment of Different Food Types with a Special Focus on Meat: A Critical Review. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 56, 591-613.
  29. HEINZ, G., P. HAUTZINGER (2007): Meat processing technology for small to medium scale producers. 1st ed., Food and Agriculture Organization of the United Nations Regional Office for Asia and the Pacific, Bangkok.
  30. HOCHREUTENER, M., C. ZWEIFEL, S. CORTI, R. STEPHAN (2017): Effect of a commercial steam-vacuuming treatment implemented after slaughtering for the decontamination of cattle carcasses. *Ital. J. Food Saf.* 16, 6864.
  31. HOGAN, E., A. L. KELLY, D. W. SUN (2005): High pressure processing of foods: An Overview. *Food Sci. Technol.* 1, 1-27.
  32. JANJEČIĆ, Z. (2004): Utjecaj predklaoničkih i klaoničkih faktora na kvalitetu mesa peradi. *Meso* 6, 6, 31-32.
  33. JAVANMARD, M., N. ROKNI, S. BOKAIE, G. SHAHHOSSEINI (2006): Effects of gamma irradiation and frozen storage on microbial, chemical and sensory quality of chicken meat in Iran. *Food Control* 17, 469-473.
  34. 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.
  35. KEETON, J., S. RICKE, R. ANDERSON, D. MILLER, N. AZEFOR (2004): Application of Novel Hurdle Technologies to Meat Carcasses and Trimmings for Reduction of Pathogens. *USDA-FSIS.* 14, 2-41.

36. KEKLIK, N.M., A. DEMIRCI, V.M. PURI (2010): Decontamination of unpacked and vacuum-packaged boneless chicken breast with pulsed ultraviolet light. *Poult. Sci.* 89, 570-581.
37. KOCH, F., C. WIACEK, P.G. BRAUN (2019): Pulsed light treatment for the reduction of *Salmonella* Typhimurium and *Yersinia enterocolitica* on pork skin and pork loin. *Int. J. Food Microbiol.* 292, 64-71.
38. KORHONEN, R.W., J.O. REAGAN, J. A. CARPENTER, D. R. CAMPION (1981): Effects of brief exposure of high intensity ultraviolet light on microbial survival and growth rates and formation of oxidative rancidity in beef at the retail level. *J. Food Qual.* 4, 217-227.
39. KOUTCHMA, T., L. FORNEY, C. MORARU (2019): *Ultraviolet Light in Food Technology: Principles and Applications*. 1st ed., CRC Press, Boca Raton, USA, pp. 1-296.
40. KWON, J. H. (2010): Safety and understanding of irradiation on food. SY Yoo and KW Lee, Korea Food Safety Research Institute, Seoul.
41. LAWSON, L.G., J.D. JENSEN, P. CHRISTIANSEN, M. LUND (2009): Cost-effectiveness of *Salmonella* reduction in Danish abattoirs. *Int. J. Microbiol.* 134, 126–132.
42. LAZARO, C.A., C.A. CONTE-JUNIOR, M.L.G. MONTEIRO, A.C.V.S. CANTO, B.R.C. COSTA – LIMA, S.B. MANO, R.M. FRANCO (2014): Effects of ultraviolet light on biogenic amines and other quality indicators of chicken meat during refrigerated storage. *Poult. Sci. Ass. Inc.* 9, 2304-2313.
43. LUO, H., F. SCHMID, P.R. GRBIN, V. JIRANEK (2012): Viability of common wine spoilage organisms after exposure to high power ultrasonics. *Ultrason. Sonochem.* 19, 415–420.
44. MAHERANI, B., F. HOSSAIN, P. CRIADO, Y. BEN-FADHEL, S. SALMIERI, M. LACROIX (2016): World market development and consumer acceptance of irradiation technology. *Foods.* 79, 1-21.
45. 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.
46. MCDONALD, K.F., R.D. CURRY, T.E. CLEVINGER, K. UNKLESBAY, A. EISENSTARK, J. GOLDEN, R.D. MORGAN (2000): A comparison of pulsed and continuous ultraviolet light sources for the decontamination of surfaces. In: *IEEE Transactions on Plasma Science* 28, 1581-1587.

47. MIRHOSSEINI, M., V. ARJMAND (2014): Reducing Pathogens by Using Zinc Oxide Nanoparticles and Acetic Acid in Sheep Meat. *J. Food Protect.* 77, 1599-1604.
48. MISRA, NN., PJ. CULLEN, KT. BRIJESH (2017): Ultrasound processing applications in the meat industry. In: *Emerging technologies in meat processing: Production, Processing and Technology*. John Wiley & Sons, Washington DC, USA, pp. 149–170.
49. MORRIS, C.A., L.M. LUCIA, J.W. SAVELL, G.R. ACUFF (1997): Trisodium phosphate treatment of pork carcasses. *J. Food Sci.* 62, 402–405.
50. NEETHLING, J., L. HOFFMAN, M. MULLER (2016): Factors influencing the flavour of game meat: A review. *Meat Sci.* 113, 139–153.
51. NETTEN, P., D.A.A. MOSSEL (1980): The ecological consequences of decontaminating raw meat surfaces with lactic acid. *Arch. Lebensmittelhyg.* 31, 190-191.
52. 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.
53. NJARI, B., N. ZDOLEC (2012): *Klaonička obrada i veterinarski pregled*. Veterinarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.
54. OH, SR., I. KANG, MH. OH, SD. HA (2014): Inhibitory effect of chlorine and ultraviolet radiation on growth of *Listeria monocytogenes* in chicken breast and development of predictive growth models. *Poult. Sci.* 93, 200-207.
55. PASKEVICIUTE, E., I. BUCHOVEC, Z. LUKSIENE (2010): High-power pulsed light for decontamination of chicken from food pathogens: A study on antimicrobial efficiency and organoleptic properties. *J. Food Saf.* 31, 61-68.
56. PATTERSON, MF. (2005): Microbiology of pressure-treated foods. *J. Appl. Microbiol.* 98, 1400-1409.
57. POTTIER, L., M. DE LAMBALLIERE, A. BEKHIT, H. YANF, A. ROSENTHAL (2017): Manipulation of meat quality: high pressure treatment. In: *Advances in meat processing technology*. (Alaa El-Din A. Bekhit, Eds.), CRC press, Boca Raton, USA, pp. 169-218.
58. PURROY, F., B. VAL, C. TONELLO (2012): Industrial high pressure processing of foods: Review of evolution and emerging trends. *J. Food Sci. Eng.* 2, 543-549.
59. RASTOGI, RP., D. MADAMWAR, A. INCHAROENSAKDI (2015): Multiple defense systems in cyanobacteria in response to solar UV radiation. In: *Cyanobacteria*, (Davison, D., Eds.), Nova Science Publishers, New York, USA, pp. 125-158.

60. ROBERTS, P. B. (2014): Food irradiation is safe: half a century of studies. *Radiat. Phys. Chem.* 105, 78-82.
61. 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.
62. SEDEH, F.M., K. ARBABI, H. FATOLAH, M. ABHARI (2007): Using gamma irradiation and low temperature on microbial decontamination of red meat in Iran. *Indian J. Microbiol.* 47, 72-76.
63. SEO, MK., HL. JEONG, SH. HAN, I. KANG, SD. HA (2019): Impact of ethanol and ultrasound treatment on mesophilic aerobic bacteria, coliforms, and *Salmonella* Typhimurium on chicken skin. *Poult. Sci.* 98, 6954–6963.
64. 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.
65. SMULDERS, F.J.M., P. BARENSEN, 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.
66. SOFOS, J.N., K.E. BELK, G.C. SMITH (1999): Processes to reduce contamination with pathogenic microorganisms in meat. *Proceedings 45th International Congress of Meat Science and Technology, Yokohama, Japan*, pp. 596–605.
67. SOFOS, J.N., G.C. SMITH (1998): Nonacid meat decontamination technologies: Model studies and commercial applications. *Int. J. Food Microbiol.* 44, 171-188.
68. STANKOV, V. (2019): Utjecaj organskih kiselina na antimikrobnu zaštitu mesa. *Meso* 21, 3, 222-223.
69. STERMER, R.A., M. LASATER-SMITH, C.F. BRASINGTON (1987): Ultraviolet Radiation – An Effective Bactericide for Fresh Meat. *J. Food Prot.* 50, 108-111.
70. TOMASEVIC, I., I. DJEKIC, S. NOVAKOVIĆ, F. BARBA, J.M. LORENZO (2019): The feasibility of pulsed light processing in the meat industry. *The 60th International Meat Industry Conference MEATCON2019, IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 333, 012034.

71. TOMASEVIC, I., A. RAJKOVIC (2015): The sensory quality of meat, game, poultry, seafood and meat products as affected by intense light pulses: a sistematic review. *Procedia Food Sci.* 5, 285-289.
72. TORRES, J.A., G. VALAZQUEZ (2005): Commercial opportunities and research challenges in the high pressure processing of foods. *J. Food Eng.* 67, 95-112.
73. 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.
74. URED ZA PUBLIKACIJE EUROPSKE UNIJE (2018): Tematsko izvješće br. 31: Dobrobit životinja u EU-u: premošćivanje jaza između ambicioznih ciljeva i praktične primjene. Luxembourg, Europska Unija.
75. UREDBA KOMISIJE (EU) br. 101/2013 od 4. veljače 2013. o primjeni mliječne kiseline za smanjivanje površinskog mikrobiološkog onečišćenja goveđih trupova. Europska Unija. 2013.
76. 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.
77. 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.
78. YANG, S., M. SADEKUZZAMAN, S. HA (2017): Reduction of *Listeria monocytogenes* on chicken breasts by combined treatment with UV-C light and bacteriophage. *Food Sci. Technol.* 86, 193-200.
79. ZDOLEC, N. (2017): Novi trendovi u sustavima sigurnosti mesa. U: Zbornik radova Veterinarski dani 2017. (Harapin, I. ur.), 81-85.
80. ZDOLEC, N., A. KOTSIRI, K. HOUF, A. ALVAREZORDÓÑEZ, B. BLAGOJEVIC, N. KARABASIL, M. SALINES, D. ANTIC (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.
81. 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.

## 6. SAŽETAK

### **Blažević, M.: Primjena dekontaminacijskih tehnologija u klaoničkoj obradi životinja**

Misija javnog zdravstva u današnjem svijetu podrazumijeva očuvanje i unaprijeđenje zdravlja ljudi, što posljedično globalizaciji može obuhvatiti istovremeno vrlo široke populacije. Jedno od glavnih predmeta rasprave u pogledu javnog zdravstva posljednjih godina jest sigurnost hrane namijenjene ljudskoj konzumaciji u svrhu sprječavanja bolesti prenosivih hranom. Iako je sigurnost hrane danas regulirana od strane višestrukih nadzornih tijela, njezino održavanje na visokoj razini može biti itekako izazovno. Jedan od najvažnijih faktora u sigurnosti mesa za potrošače je pravilna kontrola klaoničke obrade životinja. Uz tradicionalne postupke u kontroli mesa na razini klaonice, posljednjih godina počela se javljati potražnja za nešto razvijenijim sustavima kako bi se što više smanjila mogućnost kontaminacije. Iz tog razloga, razvijene su različite dekontaminacijske tehnologije koje su u ovom radu predstavljene i opisane. Neke od njih (toplinska obrada, zračenje, primjena mliječne kiseline) su danas u širokoj primjeni na razini cijelog svijeta, dok su neke još u fazi istraživanja i odobrenja od strane nadležnih tijela. Svaka pojedina opisana tehnologija ima svoj specifičan način djelovanja i primjene te je potrebno poznavati njihov učinak kako bi se mogle pravilno upotrebljavati. Moguće je koristiti i kombinaciju više tehnologija u istom sustavu kako bi se postigla što efikasnija inaktivacija mikroorganizama i time zaštitilo ljudsko zdravlje.

Ključne riječi: javno zdravstvo, sigurnost hrane, klaonica, dekontaminacijske tehnologije



## 7. SUMMARY

### **Blažević, M.: Application of decontamination technologies in slaughter processing of animals**

The mission of public health in today's world is to maintain and improve the health of people, which, because of globalization, can simultaneously involve very large populations. One of the main topics of public health debate in recent years has been the safety of food intended for human consumption in order to prevent foodborne illness. Although food safety is now governed by several regulatory agencies, it can be very difficult to maintain at a high level. One of the most important factors in making meat safe for consumers is proper control of animal processing at the slaughterhouse. In addition to traditional meat inspection procedures, somewhat more advanced systems have been required in recent years to reduce the possibility of contamination as much as possible. For this reason, several decontamination technologies have been developed and are presented and described in this paper. Some of them (heat treatment, irradiation, application of lactic acid) are now used worldwide, while others are still in the phase of research and approval by the competent authorities. Each individual technology described has its own specific mode of action and application, and it is necessary to know its effect in order to use it properly. It is possible to combine several technologies in one system to achieve the most efficient inactivation of microorganisms and thus protect human health.

Key words: public health, food safety, slaughterhouse, decontamination technologies

## **8. ŽIVOTOPIS**

Rođena sam 03. listopada 1997. godine u Sisku. Osnovnoškolsko obrazovanje sam završila u Osnovnoj školi Ivana Kukuljevića u Sisku, nakon čega svoje obrazovanje nastavljam u Gimnaziji Sisak, smjer opća gimnazija. Po završetku srednje škole, 2016. godine upisujem integrirani preddiplomski i diplomski studij veterinarske medicine na Veterinarskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu. Za vrijeme studija posvetila sam se volonterskom radu, sudjelovala u projektima, pohađala kongrese te napisala znanstveni rad nagrađen Rektorovom nagradom.