

Pregledni rad DOI: 10.5937/DDD26044A

ČIŠĆENJE I DEZINFEKCIJA U MLEKARSTVU KAO KLJUČNI FAKTORI KONTROLE LISTERIA MONOCYTOGENES U PROIZVODNJI SIREVA

CLEANING AND DISINFECTION IN DAIRY AS KEY FACTORS IN THE CONTROL OF LISTERIA MONOCYTOGENES IN CHEESE PRODUCTION

**Biljana Aleksić^{1*}, Zorica Zdravković¹, Nemanja Zdravković²,
Ivana Pejanović³, Nada Šmigić³**

Kratak sadržaj

Čišćenje i dezinfekcija predstavljaju ključne higijenske mere u prehrambenoj industriji, sa ciljem obezbeđivanja bezbednosti hrane i sprečavanja kontaminacije proizvodnog okruženja i gotovih proizvoda. U mlekarstvu je njihov značaj posebno izražen u proizvodnji sireva, koji zbog svojih fizičko-hemijskih osobina mogu predstavljati povoljnu sredinu za rast patogenih mikroorganizama. Među njima, *Listeria monocytogenes* zauzima posebno mesto zbog sposobnosti da opstane u nepovoljnim uslovima, uključujući niske temperature, širok opseg pH vrednosti i visoke koncentracije soli. Dodatno, sposobnost formiranja biofilmova omogućava dugotrajnu perzistenciju ovog patogena u proizvodnom okruženju i povećava otpornost na dezinfekciona sredstva. U radu je prikazan značaj čišćenja i dezinfekcije kao ključnih mera kontrole *L. monocytogenes* u proizvodnji sireva, sa posebnim osvrtom na izvore i puteve kontaminacije, opstajanje u proizvodnom okruženju, formiranje biofilmova i specifičnosti tradicionalne proizvodnje sireva. Rezultati pokazuju da efikasna kontrola ovog patogena zahteva integrisan pristup koji obuhvata pravilno sprovedeno čišćenje, odgovarajuću dezinfekciju i kontinuirano praćenje higijene u proizvodnom okruženju. Dosledna primena ovih mera značajno doprinosi smanjenju rizika od kontaminacije i unapređenju bezbednosti sireva.

Ključne reči: *Listeria monocytogenes*, proizvodnja sireva, sanitacija, dezinfekcija, biofilm

¹ Dr sci. Biljana Aleksić, naučni saradnik; spec. dr vet. Zorica Zdravković, Javna poljoprivredna služba Zavod za mlekarstvo, Smolućska 11, 11070 Beograd, R. Srbija

² Dr sci. vet. med. Nemanja Zdravković, viši naučni saradnik, Naučni institut za veterinarstvo Srbije, Janisa Janulisa 14, 11000 Beograd, R. Srbija

³ Mast. ing. tehnologije Ivana Pejanović; asistent, dr sci. Nada Šmigić, redovna profesorka, Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet, Institut za prehrambenu tehnologiju i biohemiju, Katedra za upravljanje bezbednošću i kvalitetom hrane, Nemanjina 6, 11080 Beograd, R. Srbija

* e-mail kontakt osobe: biljana1972aleksic@gmail.com

Abstract

*Cleaning and disinfection are essential hygiene measures in the food industry, aimed at ensuring food safety and preventing contamination of both the production environment and finished products. In the dairy industry, these measures are especially important in cheese production, as the physical and chemical properties of cheese can provide a favourable environment for the growth of pathogenic microorganisms. Among these, *Listeria monocytogenes* is particularly significant due to its ability to survive under adverse conditions, including low temperatures, a wide range of pH values, and high salt concentrations. Furthermore, its ability to form biofilms allows this pathogen to persist long-term in the production environment and increases its resistance to disinfectants. The paper highlights the importance of cleaning and disinfection as key measures to control *L. monocytogenes* in cheese production, with particular reference to sources and routes of contamination, survival in the production environment, biofilm formation, and the specificities of traditional cheese production. The results show that effective control of this pathogen requires an integrated approach, including properly conducted cleaning, appropriate disinfection, and continuous monitoring of hygiene in the production environment. Consistent application of these measures significantly reduces the risk of contamination and improves cheese safety.*

Key words: *Listeria monocytogenes*, cheese production, sanitation, disinfection, biofilm

UVOD

Okruženje u kome se hrana proizvodi i prerađuje ima značajnu ulogu u očuvanju bezbednosti i kvaliteta gotovih proizvoda. Kontaminirane površine u objektima za proizvodnju hrane predstavljaju važan izvor kontaminacije patogenim mikroorganizmima i mikroorganizmima uzročnicima kvara (Moore & Griffith, 2002). Pravilno sprovedeni postupci čišćenja i dezinfekcije imaju ključnu ulogu u održavanju higijene opreme i površina, kao i u sprečavanju mikrobiološke kontaminacije (Nieto-Flores i sar., 2025)

U svetu se godišnje proizvede više od 20 miliona tona sira pri čemu najveći udeo ima Evropska unija (47%), zatim Sjedinjene Američke Države (29%), dok je udeo ostalih zemalja znatno manji (Blake, 2025). U Republici Srbiji godišnja proizvodnja sira iznosi oko 60 000 tona od čega se približno 70% proizvodi u industrijskim uslovima (Vlahović i sar., 2018).

Zbog svog sastava, mleko i proizvodi od mleka predstavljaju povoljnu sredinu za rast patogenih mikroorganizama i mikroorganizama uzročnika kvara (Grace i sar., 2020). Iako se sirevi smatraju nutritivno vrednom i relativno bezbednom hranom (de Oliveira i sar., 2017), opisane su brojne epidemije bolesti koje se prenose hranom povezane sa njihovom konzumacijom (Buchanan i sar., 2017). Najčešći uzročnici bili su *Listeria monocytogenes*, enteropatogene *Escherichia coli* (među kojima je najviše zastupljena O157:H7), *Salmonella* spp. i *Staphylococcus aureus* (Gould i sar., 2014).

Široka rasprostranjenost *L. monocytogenes* u prirodi, kao i sposobnost rasta u nepovoljnim uslovima u kojima drugi patogeni ne opstaju, svrstavaju je među najznačajnije uzročnike bolesti koje se prenose hranom (Akrami-Mohajeri i sar., 2018). Učestalost *L. monocytogenes* u sirovom mleku, koje se smatra jednim od glavnih izvora kontaminacije u preradi mleka, procenjuje se u rasponu od 0,4 do 16 % (Melo i sar., 2015). U proizvodnom okruženju farmi i mlekara ova patogena bakterija može veoma dugo da opstane i kolonizuje mesta koja su teško dostupna za čišćenje i dezinfekciju kao što su pukotine u zidovima i podovima, slivnicima i druga teško dostupna mesta. Ova osobina je u velikoj meri povezana sa sposobnošću formiranja biofilmova (Ferreira i sar., 2014; Rodríguez-Melcón i sar., 2025), što predstavlja povećan rizik od perzistencije u proizvodnom okruženju i unakrsne kontaminacije hrane (de Oliveira i sar., 2017; Ribeiro i sar., 2023).

Takođe, ovaj patogen može biti identifikovan i na delovima opreme koja se koristi za proizvodnju sireva, ukoliko ona nije higijenski dizajnirana. Higijenski dizajnirana oprema, između ostalog podrazumeva da je oprema napravljena od kompatibilnih materijala, da su svi delovi lako dostupni za čišćenje i dezinfekciju, da nema nakupljanja tečnosti i nečistoća na delovima opreme i da su šuplji delove opreme hermetički zatvoreni (Pejanovic i sar., 2026).

U okviru higijene proizvodnog okruženja, potrebno je jasno razlikovati čišćenje od dezinfekcije. Čišćenje obuhvata mehaničko uklanjanje organske i neorganske materije sa površina i opreme, dok je dezinfekcija usmerena na smanjenje broja mikroorganizama primenom odgovarajućih fizičkih ili hemijskih sredstava. Prisustvo organskih ostataka može značajno da umanjuje efikasnost dezinfekcionih sredstava i otežava sprovođenje postupaka dezinfekcije (Carrascosa i sar., 2021; Nieto-Flores i sar., 2025).

Primenom pravilno sprovedenih postupaka čišćenja i dezinfekcije nivo bakterijske kontaminacije smanjuje se i do 99,8 % (Gounadaki i sar., 2008). Nepravilna primena sredstava za dezinfekciju, naročito u subletalnim koncentracijama, može doprineti povećanoj toleranciji mikroorganizama na stresne uslove i otežati njihovu kontrolu u proizvodnom okruženju (Rodríguez-López i sar., 2018; Rodríguez-Melcón i sar., 2025). Zbog toga kontrola *L. monocytogenes* u proizvodnji sireva zahteva doslednu i pravilnu primenu postupaka čišćenja i dezinfekcije, kao i kontinuirano praćenje higijenskih uslova u proizvodnom okruženju (Moore i Griffith, 2002).

Cilj ovog rada je da kroz pregled dostupne literature prikaže značaj čišćenja i dezinfekcije u mlekarstvu kao ključnih mera za kontrolu *L. monocytogenes* u proizvodnji sireva.

LISTERIA MONOCYTOGENES – PATOGEN U PROIZVODNJI SIREVA

Listeria monocytogenes je gram-pozitivan aerobni i fakultativno anaerobni bacil, koji je široko rasprostranjen u prirodi. Sposobnost da se adaptira na različite nepovoljne uslove u okruženju, kao što su niske temperature (uključujući temperaturu hlađenja), širok opseg pH vrednosti (4-9), visoke koncentracije

solu, sposobnost da preživi u organizmu domaćina čini je značajnim patogenom u pogledu javnog zdravlja. Od ukupno trinaest serotipova tri (1/2a, 1/2b i 4b) se najčešće dovode u vezu sa oboljenjima kod ljudi i često su izolovani iz objekata za proizvodnju hrane (Gandhi & Chikindas, 2007; Mørretrø & Langsrud, 2004). Iako je incidencija listerioze relativno niska, visoka stopa smrtnosti (do 30 %) svrstava je među najopasnije patogene koji se prenose hranom. Posebno su osetljive rizične grupe uključujući starije osobe, trudnice, decu i imunokompromitovana lica (Rodríguez-Melcón i sar., 2025).

Jedan od najznačajnijih puteva prenošenja *L. monocytogenes* jeste kontaminirana hrana, naročito namirnice spremne za konzumiranje (Ribeiro i sar., 2023). U tom smislu, brojna istraživanja potvrđuju prisustvo ovog patogena duž celokupnog lanca hrane, od sirovog mleka, preko proizvodnih pogona, do malo-prodaje (Martinez-Rios i Dalgaard, 2018).

Sirevi predstavljaju posebno rizičnu kategoriju, naročito meki i sveži sirevi, zbog visokog sadržaja vlage i povoljnog pH koji pogoduju rastu i umnožavanju *L. monocytogenes*. Iako se češće detektuje u sirevima proizvedenim od sirovog mleka, brojni slučajevi epidemija povezani su i sa sirevima proizvedenim od pasterizovanog mleka (Gould i sar., 2014). Ovo se objašnjava smanjenjem kompetitorske mikrobiote tokom pasterizacije mleka, što može da omogući lakši rast *L. monocytogenes* u naknadnim fazama proizvodnje (Melo i sar., 2015). U skladu sa tim, rezultati meta-analiza ukazuju da ne postoji značajna razlika u prevalenciji ovog patogena između sireva proizvedenih od sirovog i pasterizovanog mleka (Martinez-Rios i Dalgaard, 2018). Zbog navedenih osobina, posebno sposobnosti opstanka u nepovoljnim uslovima i formiranja biofilmova, od posebnog značaja je razmatranje izvora i puteva kontaminacije u proizvodnom okruženju mlekarar.

PUTEVI KONTAMINACIJE I OPSTANAK *L. MONOCYTOGENES*

U lancu proizvodnje hrane farme i objekti za preradu mleka predstavljaju kritična mesta značajna za širenje ovog patogena. Primarni izvori kontaminacije najčešće su feces mlečnih životinja, silaža, prostirka, pojilišta, kao i prisustvo glodara i insekata (Nieto-Flores i sar., 2025). U mlekarar, ovaj patogen najčešće dospeva preko sirovog mleka (Melo i sar., 2015).

Važan rezervoar bakterija predstavlja i samo proizvodno okruženje. Dokazano je da *L. monocytogenes* može dugo da opstane u mlekararar i predstavlja važan izvor postpasterizacione kontaminacije (Akrami-Mohajeri i sar., 2018; Chowdhury i Anand, 2023). Epidemiološki podaci ukazuju da su upravo perzistentni sojevi iz okruženja često bili uzrok kontaminacije proizvoda i pojave epidemija listerioze (Palacios i sar., 2022).

Širenje patogena nije ograničeno samo na jedan proizvodni objekat. Prenos između različitih objekata moguć je putem sirovina, poluproizvoda, opreme, zaposlenih, kao i usled neadekvatnih higijenskih uslova duž lanca hrane, što omogućava širenje patogena i na globalnom nivou. Na taj način omogućeno je

dalje širenje patogena i povećanje rizika od kontaminacije u različitim fazama proizvodnje i prometa hrane (Acciari i sar., 2016).

Perzistencija *L. monocytogenes* povezana je sa različitim genotipskim i fenotipskim karakteristikama sojeva, uključujući prisustvo mobilnih genetskih elemenata, koji mogu da sadrže gene odgovorne za toleranciju na stresne uslove, kao što su niske temperature, kiseline i dezinfekciona sredstva. Poseban značaj ima sposobnost formiranja biofilмова. U nepovoljnim uslovima, *L. monocytogenes* može da kolonizuje mesta koja su teško dostupna za čišćenje i dezinfekciju, uključujući površine koje dolaze u kontakt sa hranom, kao što su mlekovodi, konvejeri, sirarske kade, ali i površine bez direktnog kontakta sa hranom, kao što su podovi, zidovi, slivnici (Chowdhury i Anand, 2023).

Biofilmovi predstavljaju organizovane zajednice bakterijskih ćelija koje se nalaze u samoproizvedenom polimernom matriksu koji im omogućava dugotrajno preživljavanje i povećanu otpornost na uticaje iz okoline (Møretrø & Langsrud, 2004; Rodríguez-Melcón i sar., 2025). Zbog sposobnosti da se vežu za različite materijale, kao što su nerđajući čelik, plastika, guma, staklo, biofilmovi predstavljaju značajan izazov u prehrambenoj industriji i važan izvor unakrsne kontaminacije, jer otežavaju efikasno uklanjanje mikroorganizama primenom postupka čišćenja i dezinfekcije (Carrascosa i sar., 2021; Gandhi i Chikindas, 2007).

S obzirom na izraženu sposobnost *L. monocytogenes* da opstaje u proizvodnom okruženju i formira biofilmove, adekvatni postupci čišćenja i dezinfekcije predstavljaju ključne mere u kontroli ovog patogena u proizvodnji sireva. Međutim, efikasnost ovih mera često je ograničena specifičnostima proizvodnog okruženja i osobinama samog mikroorganizma (Carrascosa i sar., 2021).

ČIŠĆENJE I DEZINFEKCIJA U PROIZVODNJI SIREVA

Uloga čišćenja u proizvodnji sireva

Čišćenje i dezinfekcija predstavljaju ključne preventivne mere u kontroli *Listeria monocytogenes* u mlekarstvu. Njihov značaj posebno dolazi do izražaja u proizvodnji sireva, gde tehnološki uslovi, kao što su visoka vlažnost, prisustvo hranljivih materija i često složena struktura proizvodne opreme pogoduju opstanku ovog patogena. Istraživanja pokazuju da je prisustvo *L. monocytogenes* u proizvodnim pogonima često povezano sa nedovoljno efikasnim sanitacionim postupcima, naročito u teško dostupnim zonama tzv. „nišama“ (Chowdhury i Anand, 2023; Ribeiro i sar., 2023). Prisustvo ostataka mleka, masti, proteina i mineralnih naslaga može značajno da umanjuje efikasnost dezinfekcionih sredstava, zbog čega je pravilno sprovedeno čišćenje preduslov uspešne dezinfekcije (Carrascosa i sar., 2021; Nieto-Flores i sar., 2025).

Proces čišćenja u mlekarima obično se sastoji od više uzastopnih faza koje uključuju prethodno ispiranje, primenu sredstva za čišćenje, naknadno ispiranje, kontrolu čistoće i dezinfekciju (Martin i sar., 2016). Prethodno ispiranje omogućava uklanjanje do 90% rastvorljivih nečistoća, dok se primenom odgovarajućih

sredstava za čišćenje omogućava razgradnja i uklanjanje čvrsto vezanih ostataka. Efikasnost postupaka čišćenja i dezinfekcije zavisi od kombinovanog delovanja hemijskih, mehaničkih i termičkih faktora, kao i vremena kontakta (Marriott i sar., 2018).

U savremenim mlekarama široko se primenjuju sistemi čišćenja na mestu (CIP-Cleaning in Place), koji se definišu kao automatizovano i standardizovano čišćenje i dezinfekciju zatvorenih sistema, uključujući cevovode, rezervoare i opremu. Prednost ovih sistema povezana je sa ponovljivošću procesa, smanjenjem učešća ljudskog faktora i mogućnostima kontrole različitih parametara uključujući koncentraciju, temperature i vreme delovanja primenjenih sredstava. Razvoj savremenih tehnologija omogućio je praćenje efikasnosti CIP sistema u realnom vremenu i pravovremeno uočavanje odstupanja (Marriott i sar., 2018; Pant i sar., 2023).

U manjim proizvodnim pogonima i tradicionalnoj proizvodnji sireva automatizovani sistemi nisu dostupni, pa značajnu ulogu ima manuelno čišćenje. U takvim uslovima, pravilna organizacija rada, obuka zaposlenih i striktno poštovanje higijenskih procedura predstavljaju ključne faktore uspešnog čišćenja i dezinfekcije.

Dezinfekcija opreme i površina u proizvodnji sireva

Dezinfekcijom se postiže redukovanje preostalih mikroorganizama u cilju smanjenja rizika po bezbednost hrane. U mlekarstvu se najčešće koriste hemijska dezinfekciona sredstva, uključujući jedinjenja na bazi hlora, joda, kvaternarnih amonijumovih jedinjenja i organskih kiselina, a u novije vreme i ekstrakti na bazi biljaka (Pacheappan i sar., 2022).

Efikasnost dezinfekcije zavisi od više faktora, među kojima su koncentracija sredstva, vreme kontakta, temperatura, prisustvo organske materije i karakteristike površine (Manish i Muriana, 2019). Pokazano je da *L. monocytogenes* može biti osetljiva na uobičajena dezinfekciona sredstva kada se primenjuju u odgovarajućim koncentracijama, ali njihova nepravilna upotreba, naročito u subletalnim koncentracijama, može doprineti razvoju adaptacije i povećane otpornosti (Mørretrø i Langsrud, 2004; Rodríguez-López i sar., 2018).

U proizvodnji sireva primena kvaternarnih amonijumovih jedinjenja je ograničena, s obzirom na to da njihove rezidue mogu negativno da utiču na bakterije mlečne kiseline koje se koriste kao starter kulture. Dodatno, prijavljena je sposobnost adaptacije i rezistencije *L. monocytogenes* na ovu grupu jedinjenja. Zbog toga se u praksi često preporučuje primena alternativnih sredstava, kao što su kisela anjonska sredstva ili dezinfekciona sredstva na bazi joda (Marriott i sar., 2018).

Pored hemijske dezinfekcije, u određenim uslovima primenjuju se i fizičke metode, poput pare ili tople vode, ali njihova upotreba je ograničena zbog visokih energetske troškova i tehničkih zahteva za održavanje odgovarajuće temperature tokom dovoljnog vremenskog perioda (Marriott i sar., 2018).

Biofilmovi – značaj i kontrola

Jedan od ključnih mehanizama opstanka *L. monocytogenes* u mlekarama jeste formiranje biofilma. U biofilmu su bakterije zaštićene ekstracelularnim polimernim matriksom koji značajno smanjuje efikasnost dezinfekcionih sredstava (Carrascosa i sar., 2021; Gandhi i Chikindas, 2007). Efikasna kontrola biofilma zahteva integrisan pristup koji kombinuje mehaničko čišćenje i primenu odgovarajućih hemijskih sredstava. U novijim istraživanjima predlaže se primena enzimskih preparata i specijalizovanih sredstava za razgradnju biofilma (Chowdhury i Anand, 2023; Yates, 2025).

Eksperimentalna istraživanja su pokazala da su ćelije *L. monocytogenes* u biofilmu višestruko otpornije na dejstvo dezinfekcionih sredstava u odnosu na planktonske ćelije (Gandhi i Chikindas, 2007). Posebno je značajno da biofilm može da se formira na različitim materijalima, uključujući nerđajući čelik, plastiku i gumu, koji su široko zastupljeni u mlečnoj industriji (Manish i Muriana, 2019). Persirćetna kiselina, vodonik peroksid i natrijum hipohlorit smatraju se izuzetno efikasnim u sprečavanju ove bakterije da formira biofilme. Tokom sazrevanja biofilмова *L. monocytogenes* može da poveća svoju otpornost prema dezinfekcionim sredstvima. Dodatni rizik u lancu hrane naglašava i utvrđena korelacija između upotrebe dezinfekcionih sredstava i rastuće antibiotske rezistencije (Gandhi i Chikindas, 2007; Mørretrø i Langsrud, 2004).

Specifičnosti drvenih površina u tradicionalnoj proizvodnji sireva

U kontroli *L. monocytogenes* poseban izazov predstavlja upotreba drvene opreme koja se koristi u tradicionalnoj proizvodnji sireva. Osamdesetih godina prošlog veka, Švajcarsku je pogodila dugotrajna epidemija listerioze nastala usled konzumiranja sireva koji su bili kontaminirani zbog neadekvatne higijene drvenih polica za zrenje (Imhof i sar., 2017).

Drvo kao prirodan materijal doprinosi formiranju specifičnih senzornih svojstava tradicionalnih proizvoda. Međutim, njegova porozna struktura pogoduje zadržavanju vlage i mikroorganizama, što može povećati rizik od kontaminacije. Rizik od kontaminacije povećava se usled prisustva mlečne masti, proteina, soli koje se nalaze u sirevima pripremljenim za zrenje (Imhof i sar., 2017).

Pregled literature ukazuje da specifična mikrobiota koja se može naći na površini drvenih polica koje se koriste u zrenju sireva pokazuje antagonistički efekat na *L. monocytogenes*. Zbog toga kontrola kontaminacije na drvenim površinama zahteva poseban pristup, koji obuhvata pravilno održavanje higijene i kontrolu uslova zrenja. Primena odgovarajućih higijenskih postupaka koji uključuju sušenje, mehaničko čišćenje, termičke tretmane zagrejanom vodom i vodenom parom kao i kontrola vlage doprinose značajnom smanjenju nivoa kontaminacije drvenih površina (Mariani i sar., 2011; Zangerl i sar., 2010).

MONITORING HIGIJENE U MLEKARAMA

Sistematsko praćenje higijene u mlekarama je ključno za proveru efikasnosti primenjenih postupaka čišćenja i dezinfekcije. Ono obuhvata mikrobiološko uzorkovanje površina, opreme i okruženja, kao i analizu gotovih proizvoda (Ribeiro i sar., 2023). U tom kontekstu, plan monitoringa proizvodnog okruženja (engl. Environmental Monitoring Program, EMP) može predstavljati koristan alat za sistematsko praćenje higijene i kontrolu *L. monocytogenes*. Iako se ne primenjuje rutinski u svim mlekarama, njegov značaj je posebno izražen u objektima sa povećanim rizikom od perzistencije patogena, dok se u pojedinim zakonskim okvirima i standardima bezbednosti hrane njegova primena zahteva ili posebno naglašava (FDA, 2017; SQFI, 2020).

Tradicionalni indikatori higijene uključuju određivanje ukupnog broja aerobnih bakterija i koliformnih bakterija, ali se sve veći značaj pridaje specifičnom monitoringu prisustva *Listeria* spp. i *Listeria monocytogenes* u proizvodnom okruženju, čime je omogućeno pravovremeno otkrivanje kontaminacije i identifikacija kritičnih mesta u proizvodnom procesu. Savremeni pristupi uključuju i primenu brzih metoda detekcije, kao i praćenje parametara u realnom vremenu u okviru CIP sistema, čime se omogućava pravovremena korekcija higijenskih postupaka (Carrascosa i sar., 2021; Yates, 2025).

ZAKLJUČAK

U proizvodnji sireva *L. monocytogenes* predstavlja značajan rizik. Sposobnost da dugo opstane u proizvodnom okruženju i formira biofilmove otežavaju njenu eliminaciju i povećavaju rizik od unakrsne kontaminacije.

Pravilno sprovedeni postupci čišćenja i dezinfekcije koji uključuju adekvatno čišćenje, izbor odgovarajućeg dezinfekcionog sredstva i kontrolisane uslove njihove primene su ključni u obezbeđivanju bezbednosti sireva. Poseban značaj ima kontinuirano praćenje higijene, kojim se postiže pravovremeno otkrivanje kontaminacije i primena korektivnih mera. Integracijom ovih postupaka u proces proizvodnje značajno se unapređuje bezbednost sireva i smanjuje rizik po zdravlje potrošača.

LITERATURA

1. Acciari, V. A., Iannetti, L., Gattuso, A., Sonnessa, M., Scavia, G., Montagna, C., Addante, N., Torresi, M., Zocchi, L., Scattolini, S., Centorame, P., Marfoglia, C., Prencipe, V. A., & Gianfranceschi, M. V. (2016). Tracing sources of *Listeria* contamination in traditional Italian cheese associated with a US outbreak: Investigations in Italy. *Epidemiology and Infection*, 144(13), 2719–2727. <https://doi.org/10.1017/S095026881500254X>
2. Akrami-Mohajeri, F., Derakhshan, Z., Ferrante, M., Hamidiyan, N., Soleymani, M., Conti, G. O., & Tafti, R. D. (2018). The prevalence and antimicrobial resistance of *Listeria* spp in raw milk and traditional dairy products delivered in Yazd, central Iran (2016). *Food and Chemical Toxicology*, 114(November 2017), 141–144. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2018.02.006>
3. Blake, H. (2025). Top 10 Cheese Producers Worldwide (2024). *Food & Beverages*, <https://Deepmarketinsights.Com/Statistic/7/Top-10-Cheese-Producers-Worldwide>, Pristupljeno 09.03.2026.

4. Buchanan, R. L., Gorris, L. G. M., Hayman, M. M., Jackson, T. C., & Whiting, R. C. (2017). A review of *Listeria monocytogenes*: An update on outbreaks, virulence, dose-response, ecology, and risk assessments. *Food Control*, 75, 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2016.12.016>
5. Carrascosa, C., Raheem, D., Ramos, F., Saraiva, A., & Raposo, A. (2021). Microbial biofilms in the food industry—a comprehensive review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(4), 1–31. <https://doi.org/10.3390/ijerph18042014>
6. Chowdhury, B., & Anand, S. (2023). Environmental persistence of *Listeria monocytogenes* and its implications in dairy processing plants. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 22(6), 4573–4599. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.13234>
7. de Oliveira, C. A. F., Corassin, C. H., Lee, S. H. I., Gonçalves, B. L., & Barancelli, G. V. (2017). Pathogenic Bacteria in Cheese, Their Implications for Human Health and Prevention Strategies. In *Nutrients in Dairy and Their Implications for Health and Disease*. Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809762-5.00005-X>
8. FDA. (2017). Control of *Listeria monocytogenes* in ready-to-eat foods: Guidance for industry Draft Guidance. *U.S. Department of Health and Human Services, Food and Drug Administration, Center for Food Safety and Applied Nutrition, January 2017*, 1–79. <https://www.fda.gov/downloads/Food/GuidanceRegulation/GuidanceDocumentsRegulatoryInformation/UCM535981.pdf>
9. Ferreira, V., Wiedmann, M., Teixeira, P., & Stasiewicz, M. J. (2014). *Listeria monocytogenes* persistence in food-associated environments: Epidemiology, strain characteristics, and implications for public health. *Journal of Food Protection*, 77(1), 150–170. <https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-13-150>
10. Gandhi, M., & Chikindas, M. L. (2007). *Listeria*: A foodborne pathogen that knows how to survive. *International Journal of Food Microbiology*, 113(1), 1–15. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2006.07.008>
11. Gould, L. H., Mungai, E., & Barton Behravesh, C. (2014). Outbreaks attributed to cheese: Differences between outbreaks caused by unpasteurized and pasteurized dairy products, United States, 1998–2011. *Foodborne Pathogens and Disease*, 11(7), 545–551. <https://doi.org/10.1089/fpd.2013.1650>
12. Gounadaki, A. S., Skandamis, P. N., Drosinos, E. H., & Nychas, G. J. E. (2008). Microbial ecology of food contact surfaces and products of small-scale facilities producing traditional sausages. *Food Microbiology*, 25(2), 313–323. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2007.10.001>
13. Grace, D., Wu, F., & Havelaar, A. H. (2020). MILK Symposium review: Foodborne diseases from milk and milk products in developing countries—Review of causes and health and economic implications. *Journal of Dairy Science*, 103(11), 9715–9729. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-18323>
14. Imhof, R., Schwendimann, L., & Riva Scettrini, P. (2017). Sanitising wooden boards used for cheese maturation by means of a steam-mediated heating process. *Journal Fur Verbraucherschutz Und Lebensmittelsicherheit*, 12(3), 255–263. <https://doi.org/10.1007/s00003-017-1114-0>
15. Manish, A., & Muriana, P. M. (2019). Efficacy of Commercial Sanitizers Used in Food Processing Facilities for Inactivation of *Listeria monocytogenes*, *E. Coli* O157:H7, and *Salmonella* Biofilms. *Foods*, 8(12).
16. Mariani, C., Oulahal, N., Chamba, J. F., Dubois-Brissonnet, Notz, E., & Briandet, R. (2011). Inhibition of *Listeria monocytogenes* by resident biofilms present on wooden shelves used for cheese ripening. *Food Control*, 22(8), 1357–1362. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2011.02.012>
17. Marriott, N. G., Schilling, M. W., & Gravani, R. B. (2018). *Dairy Processing Plant Sanitation*. 295–309. https://doi.org/10.1007/978-3-319-67166-6_16
18. Martin, J. G. P., de Oliveira e Silva, G., da Fonseca, C. R., Morales, C. B., Souza Pamplona Silva, C., Miquelluti, D. L., & Porto, E. (2016). Efficiency of a cleaning protocol for the removal of enterotoxigenic *Staphylococcus aureus* strains in dairy plants. *International Journal of Food Microbiology*, 238, 295–301. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2016.09.018>

19. Martinez-Rios, V., & Dalgaard, P. (2018). Prevalence of *Listeria monocytogenes* in European cheeses: A systematic review and meta-analysis. *Food Control*, 84, 205–214.
20. Melo, J., Andrew, P. W., & Faleiro, M. L. (2015). *Listeria monocytogenes* in cheese and the dairy environment remains a food safety challenge: The role of stress responses. *Food Research International*, 67, 75–90. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2014.10.031>
21. Moore, G., & Griffith, C. (2002). A comparison of traditional and recently developed methods for monitoring surface hygiene within the food industry: An industry trial. *International Journal of Environmental Health Research*, 12(4), 317–329.
22. Mørtrø, T., & Langsrud, S. (2004). *Listeria monocytogenes*: biofilm formation and persistence in food-processing environments. *Biofilms*, 1(2), 107–121.
23. Nieto-Flores, K., Sabillón, L., Stratton, J., & Bianchini, A. (2025). Determination of an Effective Sanitizing Procedure for *Listeria innocua* in Personal Protective Equipment Used in Dairy Facilities. *Journal of Food Protection*, 88(3), 100455. <https://doi.org/10.1016/j.jfp.2025.100455>
24. Pachéappan, G. D., Samsudin, N. I. P., & Hasan, H. (2022). The effects of different disinfectants and application conditions on microbial contaminants at dairy processing line. *Journal of Food Processing and Preservation*, 46(1), 1–11. <https://doi.org/10.1111/jfpp.16172>
25. Palacios, A., Otto, M., Flaherty, E., Boyle, M. M., Malec, L., Holloman, K., Low, M., Wellman, A., Newhart, C., Gollarza, L., Weeks, T., Muyombwe, A., Lozinak, K., Kafka, E., O'Halloran, D., Rozza, T., Nicholas, D., Ivory, S., Kreil, K., ... Conrad, A. (2022). Multistate Outbreak of *Listeria monocytogenes* Infections Linked to Fresh, Soft Hispanic-Style Cheese — United States, 2021. *MMWR. Morbidity and Mortality Weekly Report*, 71(21), 709–712. <https://doi.org/10.15585/mmwr.mm7121a3>
26. Pant, K. J., Cotter, P. D., Wilkinson, M. G., & Sheehan, J. J. (2023). Towards sustainable Cleaning-in-Place (CIP) in dairy processing: Exploring enzyme-based approaches to cleaning in the Cheese industry. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 22(5), 3602–3619. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.13206>
27. Pejanovic, I., Djekic, I., & Kljajevic, N. (2026). *Assessment and Standards in Hygienic Design of Food Equipment: A Comprehensive Cross-Industry Review*. 1–20.
28. Ribeiro, A. C., Almeida, F. A. De, Medeiros, M. M., Miranda, B. R., & Pinto, U. M. (2023). *Listeria monocytogenes*: An Inconvenient Hurdle for the Dairy Industry. *Dairy*, 4, 316–344. <https://doi.org/10.3390/dairy4020022>
29. Rodríguez-López, P., Rodríguez-Herrera, J. J., Vázquez-Sánchez, D., & Cabo, M. L. (2018). Current knowledge on *Listeria monocytogenes* biofilms in Food-Related environments: Incidence, resistance to biocides, ecology and biocontrol. *Foods*, 7(6), 1–19. <https://doi.org/10.3390/foods7060085>
30. Rodríguez-Melcón, C., Capita, R., & Alonso-Calleja, C. (2025). Exposure to Low Doses of Biocides Increases Resistance to Other Biocides and to Antibiotics in Strains of *Listeria monocytogenes*. *Biology*, 14(5). <https://doi.org/10.3390/biology14050495>
31. SQFI. (2020). Food Safety Code: Food Manufacturing. *The Food Industry Association*. https://www.sqfi.com/docs/sqfilibraries/code-documents/edition-9/code-pdfs/20227fmin_food-manufacturing_v3-2-final-w-links.pdf?sfvrsn=7f70c75a_8
32. Vlahović, B., Mugoša, I., Puškarić, A., & Užar, D. (2018). Unapređenje proizvodnje i plasmana sira. *Poljoprivredni Fakultet, Univerzitet u Novom Sadu*, 1–188.
33. Yates, C. R. (2025). Moving the dial on *Listeria monocytogenes* in the dairy industry: Managing risks for consumers and processors. *Journal of Dairy Science*. <https://doi.org/10.3168/jds.2025-28208>
34. Zangerl, P., Matschweiger, C., Dillinger, K., & Eliskases-Lechner, F. (2010). Survival of *Listeria monocytogenes* after cleaning and sanitation of wooden shelves used for cheese ripening. *European Journal of Wood and Wood Products*, 68(4), 415–419. <https://doi.org/10.1007/s00107-009-0381-6>