

¹ DRAGANA PEŠIĆ MIKULEC² PREDRAG D. PUĐA² JELENA B. MIOČINOVIĆ² MARIJA D. SLOVIĆ³ GORDANA S. BLAGIĆ¹ Naučni institut za veterinarstvo
Srbije, Beograd, Srbija² Univerzitet u Beogradu,
Poljoprivredni fakultet, Beograd -
Zemun, Srbija³ Marquies commerce, Beograd,
Srbija

NAUČNI RAD

UDK: 637.35:[66.013.8:621.528]

Mleko i mlečni proizvodi su namirnice pogodne za razvoj brojnih, posebno patogenih mikroorganizama. Pogoni za proizvodnju mlečnih proizvoda moraju se odlikovati visokim stepenom higijene, u cilju dobijanja proizvoda visokog kvaliteta i bezbednosti. S tim u vezi, savremena proizvodnja prehrambenih proizvoda u sve većoj meri podrazumeva primenu različitih tretmana vazduha.

U radu je vršeno ispitivanje mikrobiološkog statusa i radnih površina u uslovima zanatske proizvodnje sira i kajmaka pre i nakon primene tretmana vazduha primenom bipolarnе jonizacije. Ustanovljena je visoka efikasnost ovog tretmana u poboljšanju mikrobiološke slike vazduha, kao i radnih površina koje su u kontaktu sa vazduhom.

Кljučne reči: bipolarna jonizacija • vazduh
• sir • kajmak

UVOD

Mleko i mlečni proizvodi predstavljaju izuzetno pogodnu podlogu za razvoj brojnih grupa mikroorganizama, posebno patogenih. Stoga pitanja koja utiču na mikrobiološki status proizvoda od izuzetnog značaja za bezbednost, kvalitet i održivost proizvoda od mleka. Postupci karakteristični za obradu i preradu mleka u industrijskim uslovima velikim delom se obavljaju u uređajima i instalacijama zatvorenog tipa, u kojima je mogućnost uticaja okolnog vazduha bitno smanjena. Međutim, uticaj vazduha u zoni pakovanja proizvoda je veoma izražen.

Adresa autora:
Dr Dragana Pešić Mikulec, Naučni institut za veterinarstvo Srbije, Vojvode Toze 14, 11000 Beograd, tel: +381 11 2604 – 020
e-mail: dpesic@sbb.rs

ISPITIVANJE EFEKATA PRIMENE BIPOLARNE JONIZACIJE VAZDUHA U ZANATSKOJ PROIZVODNJI SIRA I KAJMAKA

Tu proizvodi od mleka dolaze u direktan kontakt sa okolnim vazduhom, a rizik negativnog uticaja vazduha se povećava sa povećanjem površine i vremena kontakta proizvoda sa vazduhom. U tom smislu, trajnost proizvoda proizvedenih u uslovima masovne industrijske proizvodnje u velikoj meri zavisi od statusa vazduha koji okružuje proizvode u periodu njihovog pakovanja. Stoga je pravilna obrada vazduha jedan od bitnih preduslova bezbedne proizvodnje.

Nasuprot industrijskom načinu rada, zanatska prerada mleka se odlikuje korišćenjem znatno jednostavnije procesne opreme. To uslovljava da je kontakt vazduha intenzivan, ne samo sa gotovim proizvodima u fazi pakovanja, već i sa sirovinama tokom postupka prerade mleka. U tom smislu, u zanatskoj preradi mleka odgovarajući tretman vazduha ima dodatni smisao, jer se adekvatnim tretmanom vazduha obezbeđuje bezbednije odvijanje postupka zanatske proizvodnje i samim tim doprinosi većoj bezbednosti finalnih proizvoda.

Zanatska proizvodnja mlečnih proizvoda u Srbiji pretežno obuhvata proizvodnju sireva, posebno sireva u salamuri, i kajmaka, kao jednog od prepoznatljivih tradicionalnih mlečnih proizvoda ovog regiona. Proizvodnja kajmaka koja se danas najčešće obavlja tradicionalnim postupkom proizvodnje obuhvata sledeće faze: kuvanje sirovog mleka, proces kajmačenja koji se vrši u toku 24 - 48h, sakupljanje, soljenje i zrenje proizvoda (Puđa i sar., 2008). Vazduh se u procesu kajmačenja javlja kao nezamenljiva komponenta, jer predstavlja radni fluid u postupku proizvodnje. Činjenice da proces kajmačenja dugo traje, kao i da su

površine mleka i kasnije kajmaka sve vreme u kontaktu sa vazduhom ukazuju da u tehnološkom postupku proizvodnje kajmaka adekvatna obrada vazduha ima poseban značaj.

Mleko koje zaostaje nakon proizvodnje kajmaka najčešće se koristi za proizvodnju sireva, posebno sireva u salamuri, te stoga njegov kvalitet je od posebnog značaja. Pored toga, tokom zrenja kajmaka, proizvod je tokom stajanja na određenoj temperaturi izložen konstantnom kontaktu sa okolnim vazduhom. Ove činjenice ukazuju na značaj statusa vazduha u cilju dobijanja proizvoda visokog kvaliteta i zahtevane bezbednosti, što predstavlja dobru osnovu za njihovo bolje pozicioniranje na domaćem a posebno stranom tržištu proizvoda od mleka.

Tema ovog rada je prikaz osnovnih tehnika koje se koriste u tretmanima vazduha, sa posebnim osvrtom na bipolarnu jonizaciju vazduha. Takođe, eksperimentalni deo rada pokazuje početne rezultate u ispitivanju uticaja primene bipolarnе jonizacije na mikrobiološki kvalitet vazduha i pojedinih prostorija u zanatskoj proizvodnji sira i kajmaka.

Tehnike tretmana vazduha

U savremenoj proizvodnji prehrambenih proizvoda sve više pažnje se posvećuje povećanoj higijeni vazduha. Proces dezinfekcije vazduha može biti zasnovan na tehnici uništavanja i/ili izdvajanja mikroorganizama (Kuburović i Stanojević, 1997). U poslednje vreme sve više se govori i o kombinovanim metodama dezinfekcije vazduha.

Istorijski gledano, prva ideja dezinfekcije vazduha šezdesetih godina

XIX veka bila je zasnovana na uništavanju mikroorganizama. Kada je lord Lister u Royal bolnici u Glasgowu raspršivanjem antiseptičkog rastvora (ugljene kiseline) u vazduh operacione sale smanjio broj aerogenih infekcija (William, 2001).

Posle drugog svetskog rata dezinfekcija vazduha, zasnovana na principu izdvajanja mikroorganizama iz vazduha primenom mehaničke filtracije, sve je prisutnija. Filtracijom se iz vazduha izdvajaju čestice koje su veće ili jednake od neke kontrolisane veličine čestica. Jedan od problema dezinfekcije vazduha filtracijom je što se već izdvojene spore mogu razvijati kroz filterski medijum i vremenom prodirati kroz filter, tako da opasnost kontaminacije postoji i na strani čistog vazduha (Recknagel i sar., 2002). Dodatni nedostatak tretmana vazduha ovim postupkom je nemogućnost redukcije hemijskog zagađenja.

Ostali postupci dezinfekcije vazduha zasnovani na uništavanju mikroorganizama su: (1) termički postupci; (2) tehnike zračenja (infracrveno zračenje, ultravioletno, ultrazvuk, jonizujuće zračenje); (3) upotreba hemijskih agenasa (fenoli, aldehidi, soli teških metala, oksidi etilena).

Dezinfekcija vazduha termičkim postupcima i hemijskim agensima se danas retko koristi. zbog visoke cene, složene manipulacije, kao i toksičnosti hemijskih agenasa i sl. Ove metode se češće koriste za sterilizaciju instrumenata, odeće, radnih površina i sl.

Ostale navedene metode dezinfekcije vazduha sve češće se koriste u vidu višestepenog, kombinovanog prečišćavanja vazduha, jer svaka od navedenih metoda ima svoje prednosti i mane.

Bipolarna jonizacija vazduha

Kao specifičan vid dezinfekcije vazduha sve češće se primenjuje bipolarna jonizacija vazduha. Bipolarna jonizacija se ostvaruje električnim pražnjenjem na dielektričkim barijerama, eng. Dielectric Barrier Discharge (DBD), proizvodeći aktivne kiseonične vrste. Ovim putem dobijaju se pre svega osnovni primarni joni. Pozitivan primarni jon okuplja oko sebe 10 do 12 molekula vode stvarajući relativno stabilan nanometarski pozitivan jon. Preostali slobodan elektron iz primarne jonizacije pripaja se nekom od kiseonikovih molekula, pošto azot nema elektronski afinitet. Tako se nagrađuje negativan jon, koji privlači 4 do 10 molekula vode i formira nanometarski ne-

gativan jon. Ovo je uslovljeno dipolnošću molekula vodene pare koja iznosi 1,87 D. Zbog evidentne razlike masa nagrađenih jona, pokretljivost malih negativnih jona je oko 30% veća od pokretljivosti malih pozitivnih jona (Kolarž, 2005). U ovoj činjenici leži osnovni razlog bržeg trošenja negativnih jona u zagađenim sredinama.

Prečišćavanje vazduha uređajima za bipolarnu jonizaciju vazduha na bazi DBD dovodi do biološke i hemijske dekontaminacije vazduha. To uključuje redukciju mikroorganizama, neutralizaciju mirisa i lakoisparljivih organskih komponenti, kao i izdvajanje veoma finih čestica (PM_x) (Daniels, 2001., Kolarž, 2005). Osim što se vrši inaktivacija mikroorganizama u vazduhu, dolazi i do zaustavljanja rasta i uništavanja mikroorganizama na svim površinama koje su u kontaktu sa vazduhom. Hemijska dekontaminacija je zasnovana na razgradnji i uklanjanju potencijalno opasnih lakoisparljivih organskih materija, dok se fine čestice, koje predstavljaju potencijalno fizičko zagađenje, eliminišu aglomeracijom i taloženjem. Tretiranjem vazduha na ovaj način smanjuje se i opterećenje vazduha od izvora zagađenja u prostoriji i povećava higijena samog prostora u kom se vazduh tretira. Ovo čini velike prednosti ovakvog tretmana vazduha u odnosu na primenu samo mehaničke filtracije vazduha.

Uređaji za bipolarnu jonizaciju vazduha su veoma mali potrošači električne energije, a njihovo održavanje se svodi na redovno čišćenje jonizacionih cevi, te su eksploatacioni troškovi niski. S druge strane, uticaj jonizovanog vazduha na zdravlje ljudi je pozitivan, te se rad ovih uređaja čak preporučuje za radne i boravišne prostore, o čemu svedoče ruske sanitarne i epidemiološke norme (New SanPiN, 2003). Ovo daje veliku prednost tretmanu vazduha bipolarnom jonizacijom u odnosu na tretman samo UVC-lampama.

MATERIJAL I METODI

Ispitivanje mikrobiološkog kvaliteta radnog prostora i vazduha obavljeno je u zanatskom objektu za preradu mleka "Natura" u blizini Čačka, na obroncima planine Ovčar, u mestu Dučalovići.

Ispitivanje je sprovedeno u uslovima pre započinjanja tretmana vazduha u radnom prostoru bipolarnom jonizacijom i 15 dana nakon uključivanja instalacije za bipolarnu jonizaciju.

Obrada vazduha ostvarena je kontinuiranim korišćenjem uređaja za bipolarnu jonizaciju vazduha Aeromat 400 CAT sa DBD pražnjenjem na 3 standardne cevi tipa D (Bioclimatic GmbH, Nemačka) (Operation and Service Manual, 2004), koji je instalisan u radnom prostoru pogona. Uređaj u toku rada obezbeđuje tretman vazduha ostvarujući protok od 150 m³/h, čime je obezbeđen kontinuitet prisustva visokog nivoa jona u vazduhu, uključujući i intenzivnu izmenu vazduha, koja je neophodna za normalno odvijanje postupka proizvodnje kajmaka.

Uzorkovanje je obuhvatilo ispitivanje radnih površina i vazduha.

Radna površina testirana je uzimanjem briseva sa odgovarajućih pozicija, dok je kvalitet vazduha ispitivan ekspozicijom hranljivih podloga u petri šoljama u toku 10 minuta i to u proizvodnom prostoru, prostoru za toplu fazu kajmačenja, kao i prostoru za hladnu fazu kajmačenja. Uzorci briseva i vazduha su uzorkovani na identičnim pozicijama pre početka tretmana vazduha i 15 dana nakon otpočinjanja kontinuiranog tretmana vazduha bipolarnom jonizacijom (Đukić i Mandić, 2009).

Brisevi su uzimani sa većeg broja pozicija u pogonu (radne površine i ruke radnika) posle fizičke sanitacije i dezinfekcije. Uzimanje briseva sa radnih površina i ruku radnika je obavljeno standardnom metodom, uzorkovanjem sa površine od 10 cm² pomoću sterilnog štapića, prenošenjem u 9 mL fiziološkog rastvora, zasejavanjem na odgovarajućim podlogama za pojedine bakterije (endo agar, hranljivi agar i krvni agar) i inkubiranjem na 37°C u toku 24 do 48 h (Đukić i Mandić, 2009).

Mikrobiološki kvalitet vazduha određivan je testiranjem vazduha u toku trajanja radnog procesa, ekspozicijom petrijevih šolja sa hranljivim i krvnim agarom u periodu od 10 minuta. Za mikrobiološko uzorkovanje vazduha posebno je značajno mesto uzorkovanja, broj uzoraka i frekvencija uzorkovanja. Mesta uzorkovanja su određena na osnovu značajnosti pojedinih tehnoloških operacija koje se obavljaju u toku postupka proizvodnje. Broj uzoraka je određen na osnovu površina prostorija a frekvencija uzorkovanja je određena metodom slučajnog izbora i procenjene klase vazduha.

Tabela 1 MIKROBIOLOŠKA ANALIZA VAZDUHA RADNIH PROSTORIJA PRE I NAKON TRETMANA VAZDUHA
Table 1. MICROBIOLOGICAL ANALYSIS OF AIR BEFORE AND AFTER TREATMENT

Mesto analize vazduha	Broj i vrsta mikroorganizama pre tretmana vazduha	Broj i vrsta mikroorganizama nakon tretmana vazduha
Prostorija za termičku obradu mleka	45 kolonija <i>Micrococcus</i> spp., <i>Bacillus</i> spp. kvasci, plesni	Bez prisustva
Pretkomora	34 kolonija <i>Micrococcus</i> spp., <i>Bacillus</i> spp. kvasci, plesni	Bez prisustva
Komora za skladištenje	Bez prisustva	Bez prisustva
Prostorija za proizvodnju sira	300 koliformnih mikroorganizama	Bez prisustva

REZULTATI I DISKUSIJA

U tabeli 1. su prikazani rezultati mikrobiološke analize vazduha u pojedinim radnim prostorijama pre i nakon tretmana vazduha.

Analizom rezultata iz tabele 1 uočava se da je u vazduhu pojedinih prostorija nađen veći broj nepoželjnih koliformnih mikroorganizama, posebno u prostoriji za proizvodnju sira. Broj mikroorganizama je, nakon primene tretmana vazduha bipolarnom jonizacijom, znatno smanjen, što potvrđuje efikasnost ovakvog tretmana.

U tabeli 2 su prikazani rezultati mikrobiološke analize briseva radnih površina i ruku radnika pre otpočinjanja tretmana vazduha i 15 dana nakon uspostavljanja kontinuiranog tretmana vazduha bipolarnom jonizacijom.

Prema rezultatima u tabeli 2 uočava se da u brisevima radnih površina i ruku radnika i pre i nakon primene bipolarne jonizacije nisu nađene patogene bakterije. Na površinama kao što su prohromski sto, polica za kajmačenje i nož nađen je određen broj mikroorganizama pretežno iz rodova *Micrococcus* spp. i *Bacillus* spp., kao i kvasci. Prema rezultatima iz tabele 2 uočava se da je broj mikroorganizama na prohromskom stolu pre tretmana vazduha iznosio 3 000 000. Nakon

tretmana vazduha nije ustanovljeno prisustvo mikroorganizama, što ukazuje na značajan pozitivan učinak postignut tretmanom bipolarne jonizacije vazduha. Broj mikroorganizama na polici za kajmačenje, koji je pre tretmana iznosio 4,500.000, nakon tretmana se smanjio za oko 30%. Manji efekat delovanja tretmana vazduha na polici za kajmačenje je verovatno posledica prisustva izvesnih količina organskih materija na polici za kajmačenje. Naime, tokom procesa kajmačenja dolazi do intenzivnog isparavanja vrućeg mleka. Formirana para sa sobom nosi sitne čestice mleka koje se talože na okolnim površinama, formirajući depozit organskih materija. Poznata je činjenica da dezinfekcija, bez obzira kojom metodom se sprovodi, daje efekat isključivo ukoliko se obavlja na prethodno očišćenim površinama, pa se time može objasniti manji učinak tretmana vazduha na takvoj površini. Ovakav rezultat istovremeno ukazuje na potrebu odgovarajućih korekcija u postupku kajmačenja u funkciji povećanja stepena bezbednosti ambijenta u kojem se realizuje proizvodnja.

ZAKLJUČAK

U preradi mleka u zanatskim uslovima, zahvaljujući intenzivnijem kon-

taktu proizvoda sa vazduhom, povećani je rizik mikrobiološke kontaminacije, što ukazuje na potrebu odgovarajućeg tretmana vazduha. Primenom bipolarne jonizacije vazduha obezbeđuje se veoma kvalitetna dezinfekcija vazduha, kao i površina koje dolaze u kontakt sa vazduhom. Proverom mikrobiološkog statusa vazduha i radnih površina u uslovima zanatske proizvodnje sira i kajmaka ustanovljena je visoka efikasnost primene bipolarne jonizacije u tretmanu vazduha, kao i adekvatno očišćenih radnih površina koje su u kontaktu sa vazduhom.

LITERATURA

- Daniels, S., L. (2001): On The Ionization Of Air For Removal Of Noxious Effluvia, Second International Symposium on Nonthermal Medical/Biological Treatments Using Electromagnetic Fields and Ionized Gases, Portsmouth, VA, May 20-23.
- Đukić, D., A., Mandić G. L. (2009): Praktikum iz mikrobiologije, Stylos Art, Novi Sad
- Kolarž, P. (2005): Merenje koncentracije nanometarskih jona u prizemnom sloju atmosfere, Magistarski rad, Fizički fakultet, Beograd.
- Kuburović, M., Stanojević, M. (1997): Biotehnologija procesi i oprema, SMEITS, Beograd.
- Operation and Service Manual (2004): Aeromat 400CAT, Bioclimatic GmbH, Nemačka.
- Puđa, P., Đerovski, J., Radovanović, M. (2008): Autochthonous Serbian product – Kajmak. Characteristics and production procedures, Dairy Science and Technology, 88, 163-172.

Tabela 2. MIKROBIOLOŠKA ANALIZA RADNIH POVRŠINA I RUKU PRE I NAKON TRETMANA VAZDUHA
Table 2. MICROBIOLOGICAL ANALYSIS OF SURFACES AND HANDS BEFORE AND AFTER AIR TREATMENT

Mesto uzimanja brisa	Broj patogenih bakterija pre tretmana	Broj patogenih bakterija posle tretmana	Ukupan broj mikroorganizama pre tretmana	Vrste mikroorganizama	Ukupan broj mikroorganizama posle tretmana
Posuda spremna za rad	Bez prisustva	Bez prisustva	Bez prisustva	-	Bez prisustva
Prohromski sto	Bez prisustva	Bez prisustva	3.000.000	Kvasci <i>Micrococcus</i> spp	Bez prisustva
Polica za kajmačenje	Bez prisustva	Bez prisustva	4.500.000	<i>Bacillus</i> spp. <i>Micrococcus</i> spp. Kvasci	3.000.000
Sto za sirenje	Bez prisustva	Bez prisustva	Bez prisustva	-	Bez prisustva
Kalupi za gruš	Bez prisustva	Bez prisustva	Bez prisustva	-	Bez prisustva
Nož za sečenje sira	Bez prisustva	Bez prisustva	30	<i>Bacillus</i> spp. Kvasci	Bez prisustva
Radnik 1	Bez prisustva	Bez prisustva	Bez prisustva	-	Bez prisustva
Radnik 2	Bez prisustva	Bez prisustva	Bez prisustva	-	Bez prisustva

Recknagel, H., Springer, S., Čeperković, S. (2002): Grejanje i klimatizacija, Interklima, Vrnjačka Banja.

SanPiN (Sanitary and Epidemiological Norms) 2.2.4.1294-03 (New SanPiN from June, 16, 2003), Ministry of Health of Russian Federation, 2003.

William, W. (2001): Cleanroom Technology: Fundamentals of Design, Testing and Operation, University of Glasgow.

SUMMARY

INVESTIGATION OF AIR BIPOLAR IONIZATION EFFECTS IN CHEESE AND KAJMAK CRAFT PRODUCTION

¹Dragana Pešić Mikulec, ²Predrag D. Puđa, ²Jelena B. Miočinović, ²Marija D. Slović, ³Gordana S. Blagić

¹Scientific Veterinary Institute of Serbia, Beograd, Serbia

²University of Belgrade, Faculty of Agriculture, Serbia

³Marquies commerce, Belgrade, Serbia

Milk and dairy products are sustainable to the development of numerous micro-organisms, especially pathogens. Therewith, it is necessary to achieve a high level of hygiene in dairy plants, in order to get safe and high quality products. Based on that, modern food production implies application of different air treatments.

Microbiological status of air and working surfaces in the cheese and kajmak craft production, before and after air treatment by bipolar ionization, was investigated. It is concluded that bipolar ionization may be considered as an efficient method for improving of microbiological status of air, as well as surfaces that are in contact with the air.

Key words: bipolar ionization • air • cheese • kajmak