

Referat po pozivu**Pregledni rad DOI: 10.5937/DDD25030Z**

UV TEHNOLOGIJA KAO ALAT ZA BEZBEDNOST I KVALITET MLEČNIH PROIZVODA: FOKUS NA KVASCE I PLESNI

UV TECHNOLOGY AS A TOOL FOR THE SAFETY AND QUALITY OF DAIRY PRODUCTS: FOCUS ON YEASTS AND MOLDS

Zorica Zdravković^{1*}, Biljana Aleksić¹, Nemanja Zdravković²

Kratak sadržaj

UV (ultraljubičasto) zračenje je tehnologija koja se sve češće koristi u različitim industrijama zbog svojih efikasnih dezinfekcionih svojstava. U mlekarскоj industriji, gde je higijena ključni faktor, UV tehnologija nudi značajne prednosti u eliminaciji kvasaca i plesni, što ima direktan uticaj na kvalitet proizvoda i sigurnost potrošača. UV-C zračenje, u opsegu talasne dužine od 200-280 nm, deluje tako što oštećuje DNK mikroorganizama, uključujući kvasce i plesni. Ovo sprečava njihovu reprodukciju i dovodi do njihove smrti. Korišćenje UV tehnologije u mlekarскоj industriji pokazalo se kao efikasna metoda za dezinfekciju površina, ambalaže, vazduha u proizvodnim pogonima i vode koja se koristi u procesima pranja i sterilizacije. Jedna od glavnih prednosti UV zračenja je to što ne zahteva upotrebu hemikalija. Tradicionalne metode dezinfekcije često uključuju sredstva na bazi hlora ili drugih hemikalija, što može ostaviti ostatke na površinama i uticati na ukus ili bezbednost mlečnih proizvoda. UV tehnologija je "čista" metoda, čime se izbegavaju ovi rizici. Efikasno uklanjanje kvasaca i plesni pomoću UV zračenja može produžiti rok trajanja mlečnih proizvoda i smanjiti rizik od kvarenja. Time se povećava sigurnost za potrošače i smanjuju gubici za proizvođače. Pored efikasnosti u eliminisanju kvasaca i plesni, UV zračenje ima dodatnu prednost u očuvanju senzorskih karakteristika mlečnih proizvoda. Istraživanja su pokazala da UV tretman nema negativan uticaj na ukus, miris, teksturu i boju proizvoda, što je ključno za održavanje kvaliteta i prihvatljivosti kod potrošača. UV zračenje je relativno pristupačna tehnologija, posebno na duže staze. Ne zahteva kupovinu dezinfekcionih sredstava, a troškovi održavanja opreme su niski. Uz to, smanjuje upotrebu hemikalija, što doprinosi očuvanju životne sredine. Izvodi se zaključak da primena UV tehnologije u mlekarскоj industriji predstavlja inovativan i efikasan način za borbu protiv kvasaca i plesni. Osim što doprinosi boljoj higijeni

¹ Dr vet. med. Zorica Zdravković; spec. dr vet. Biljana Aleksić; Javna poljoprivredna služba Zavod za mlekarstvo, Auto-put za Zagreb 3, 11000 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

* e-mail kontakt osoba: zorica.zdravkovich@gmail.com

i kvalitetu proizvoda, ova metoda nudi ekološke i ekonomske prednosti. U budućnosti, sve veća primena UV tehnologije može dodatno unaprediti standarde proizvodnje u mlecarskom sektoru.

Ključne reči: dezinfekcija, kvasci, mlekarstvo, plesni, UV tehnologija

Abstract

UV (ultraviolet) radiation is a technology increasingly used across various industries due to its effective disinfection properties. In the dairy industry, where hygiene is a key factor, UV technology offers significant advantages in eliminating yeasts and molds, directly impacting product quality and consumer safety. UV-C radiation, within the wavelength range of 200-280 nm, works by damaging the DNA of microorganisms, including yeasts and molds. This prevents their reproduction and leads to their death. The use of UV technology in the dairy industry has proven to be an effective method for disinfecting surfaces, packaging, air in production facilities, and water used in cleaning and sterilization processes. One of the main advantages of UV radiation is that it does not require the use of chemicals. Traditional disinfection methods often involve chlorine-based or other chemical agents, which may leave residues on surfaces and affect the taste or safety of dairy products. UV technology is a "clean" method, avoiding these risks. Effective removal of yeasts and molds through UV radiation can extend the shelf life of dairy products and reduce the risk of spoilage. This enhances consumer safety and reduces losses for producers. In addition to its efficiency in eliminating yeasts and molds, UV radiation also preserves the sensory characteristics of dairy products. Research has shown that UV treatment has no negative effects on the taste, smell, texture, or color of products, which is crucial for maintaining quality and consumer acceptance. UV radiation is a relatively cost-effective technology, especially in the long term. It does not require the purchase of disinfectants, and maintenance costs for equipment are low. Additionally, it reduces chemical usage, contributing to environmental preservation. In conclusion, the application of UV technology in the dairy industry represents an innovative and efficient way to eliminate yeasts and molds. In addition to improving hygiene and product quality, this method offers ecological and economic benefits. In the future, the increasing application of UV technology could further enhance production standards in the dairy sector.

Keywords: dairy industry, disinfection, molds, UV technology, yeasts

UVOD

Mlečna industrija se neprestano suočava sa izazovima mikrobiološke kontaminacije, pri čemu kvasci i plesni predstavljaju ozbiljan problem za kvalitet i sigurnost proizvoda. Tradicionalne metode konzervacije, uključujući termičku obradu i hemijske konzervanse, često dolaze sa ograničenjima koja podstiču potragu za alternativnim tehnologijama, dok UV tehnologija nudi inovativno rešenje za smanjenje ovih kontaminanata (Guerrero-Beltrán i Barbosa-Cánovas, 2004; Bolton i Linden, 2003). Primenom UVC zračenja, ova tehnologija efikasno

uništava mikroorganizme poput kvasaca, plesni i bakterija na površinama, u ambalaži, kao i u vazduhu unutar proizvodnih pogona. UV zračenje deluje tako što oštećuje DNK mikroorganizama, sprečavajući njihovo razmnožavanje i širenje (Hijnen i sar., 2006).

Jedna od glavnih prednosti UV tehnologije je njena sposobnost da dezinfikuje bez upotrebe hemikalija (hemikalija na bazi hlora i drugih dezinficijenasa), čime se smanjuje rizik od ostataka u proizvodima i negativnog uticaja na životnu sredinu. Pored toga, UV lampe mogu doprineti produžavanju roka trajanja mlečnih proizvoda i smanjenju kvarenja, što povećava njihovu ukupnu sigurnost i kvalitet.

UV tehnologija predstavlja revolucionarno rešenje za obezbeđivanje higijene i kvaliteta mlečnih proizvoda, posebno u borbi protiv kvasaca i plesni (Guerro-Beltrán i Barbosa-Cánovas, 2004). Ova metoda je vrlo efikasna, brza i jednostavna za primenu. Primena UV tehnologije u mlekerskoj industriji obuhvata dezinfekciju opreme, površina i ambalaže, kao i tretiranje vazduha u proizvodnim pogonima. Time se smanjuje rizik od kontaminacije proizvoda i produžava njihov rok trajanja. UV lampe su posebno korisne za kontrolu mikroorganizama poput plesni i kvasaca, koji mogu uzrokovati kvarenje mlečnih proizvoda i narušiti njihov kvalitet (Gómez-López i sar., 2007).

Jedna od ključnih prednosti UV tehnologije je njena ekološka prihvatljivost, jer eliminiše potrebu za hemijskim dezinfekcionim sredstvima i ne ostavlja štetne ostatke na proizvodima. UV zračenje je „čista” metoda, čime se izbegavaju ovi rizici. UV tretman ne utiče na ukus, miris ili nutritivne vrednosti mlečnih proizvoda (Gómez-López i sar., 2007).

Zahvaljujući jednostavnoj integraciji u proizvodne procese, UV tehnologija postaje nezaobilazan alat u mlekerskoj industriji, pružajući održivo i pouzdano rešenje za osiguranje visokih standarda bezbednosti hrane.

MEHANIZAM DEJSTVA UV ZRAČENJA

UV zračenje se deli u nekoliko spektralnih oblasti (UV-A, UV-B i UV-C), pri čemu UV-C (200-280 nm) ima najjači germicidni efekat. Glavni mehanizam dejstva se zasniva na oštećenju nukleinskih kiselina (DNK/RNK) mikroorganizama, što dovodi do inhibicije rasta ili potpune deaktivacije (Hijnen i sar., 2006; Schenk i sar., 2011).

Kvasci i plesni mogu dospeti u mlečne proizvode kroz različite izvore:

- **Sirovo mleko** – već u fazi proizvodnje mleka, kvasci i plesni mogu biti prisutni zbog neadekvatne higijene na farmama.
- **Proces proizvodnje** – nedovoljno sterilisana oprema, ambalaža ili kontaminacija tokom fermentacije može doprineti njihovom razvoju.
- **Skladištenje** – nepravilni uslovi čuvanja, kao što su visoka vlažnost ili nedovoljna kontrola temperature, podstiču rast ovih mikroorganizama.

KVASCI I PLESNI KAO KONTAMINENTI

Kvasci:

- *Candida* spp. – prisutan u fermentisanim mlečnim proizvodima, može izazvati kvarenje. (Fleet, 1990)
- *Saccharomyces* spp. – učestvuje u procesu fermentacije, ali u nekim slučajevima može dovesti do neželjenih efekata (Fleet, 1990)
- *Debaryomyces* spp. – često pronađen u sirevima, može doprineti razvoju nepoželjnih aroma (Fleet, 1990)

Plesni:

- *Penicillium* spp. – jedna od najčešćih plesni na sirevima, može biti korisna (npr. u proizvodnji plemenitih sireva), ali i štetna ako izazove kvarenje (Sweeney i Dobson, 1998; Gallo i sar., 2012)
- *Aspergillus* spp. – potencijalni producent mikotoksina, naročito u loše skladištenim mlečnim proizvodima (Sweeney i Dobson, 1998; Gallo i sar., 2012).
- *Fusarium* spp. – javlja se na mlečnim prerađevinama i može ugroziti bezbednost proizvoda ako se ne kontroliše (Sweeney i Dobson, 1998; Gallo i sar., 2012).

Studije pokazuju da UV tretman može značajno smanjiti prisustvo kvasaca i plesni u mlečnim proizvodima bez narušavanja nutritivnog sastava i organoleptičkih karakteristika (Gómez-López i sar., 2007). UV sterilizacija ambalaže i opreme takođe doprinosi smanjenju ukupne kontaminacije u mlečnim postrojenjima (Bintsis i sar., 2000). Neki od ključnih faktora koji utiču na efikasnost UV zračenja uključuju:

- Intenzitet zračenja: Veće doze UV-C zračenja dovode do efikasnijeg uništavanja mikroorganizama, ali se mora paziti na potencijalne promene u teksturi i ukusu proizvoda.
- Trajanje tretmana: Kraće ekspozicije mogu biti dovoljne za inhibiciju rasta kvasaca, dok je za plesni često potrebno duže izlaganje.
- Specifičnost proizvoda: UV tretman je najefikasniji u tečnim mlečnim proizvodima (poput mleka, jogurta) i na površini čvrstih proizvoda (kao što su sirevi).

UV zračenje se već koristi u određenim segmentima mlečne industrije, ali njegovo punopravno uvođenje zahteva dalja istraživanja i tehnološke inovacije. Trenutni načini primene uključuju:

- UV sterilizacija ambalaže i opreme: Sprečava sekundarnu kontaminaciju mlečnih proizvoda (Marriott i sar., 2005; Shama, 2007)
- UV tretman sirovog mleka: Pomaže u redukciji patogena pre procesiranja (Shama, 2007)
- UV tretman površina fermentisanih proizvoda: Održava kvalitet sireva i drugih mlečnih prerađevina bez dodatka hemijskih sredstava (Reed, 2010).

Dodatne inovacije, poput kombinovanja UV tretmana sa visokim pritiskom ili ultrazvukom, otvaraju nove mogućnosti za poboljšanje bezbednosti i kvaliteta mlečnih proizvoda (Bintsis i sar., 2000; Reed, 2010).

ZAKLJUČAK

UV tehnologija predstavlja inovativnu i održivu alternativu u borbi protiv kvasaca i plesni u mlečnoj industriji. Njena primena pruža mogućnost smanjenja upotrebe hemijskih konzervanasa, produženja roka trajanja proizvoda i poboljšanja mikrobiološke sigurnosti. Osim što doprinosi boljoj higijeni i kvalitetu proizvoda, ova metoda nudi ekološke i ekonomske prednosti. U budućnosti, sve veća primena UV tehnologije može dodatno unaprediti standarde proizvodnje u mlekarskom sektoru.

LITERATURA

1. Bintsis, T., Litopoulou-Tzanetaki, E., & Robinson, R. K. (2000). Existing and potential applications of ultraviolet light in the food industry. *Trends in Food Science & Technology*, 11(8), 296–302. [https://doi.org/10.1016/S0924-2244\(00\)00054-X](https://doi.org/10.1016/S0924-2244(00)00054-X)
2. Bolton, J. R., & Linden, K. G. (2003). Standardization of methods for UV dose determination in water treatment. *Journal of Environmental Engineering*, 129(3), 209–215. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9372\(2003\)129:3\(209\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9372(2003)129:3(209))
3. Fleet, G. H. (1990). Yeasts in dairy products. *Journal of Applied Bacteriology*, 68(3), 199–211. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.1990.tb02505.x>
4. Gallo, A., Solfrizzo, M., & Visconti, A. (2012). Development of a rapid and reliable solid-phase extraction method for aflatoxin M1 analysis in milk and dairy products. *Food Chemistry*, 135(3), 1631–1636. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.06.024>
5. Guerrero-Beltrán, J. A., & Barbosa-Cánovas, G. V. (2004). Review: Advantages and limitations on processing foods by UV light. *Food Science and Technology International*, 10(3), 137–147. <https://doi.org/10.1177/1082013204044368>
6. Hijnen, W. A., Beerendonk, E. F., & Medema, G. J. (2006). Inactivation credit of UV radiation for viruses, bacteria, and protozoan (oo)cysts in water: A review. *Water Research*, 40(1), 3–22. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2005.10.030>
7. Marriott, N. G., Schilling, M. W., & Gravani, R. B. (2005). *Principles of food sanitation*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-0-387-23413-9>
8. Pitt, J. I., & Hocking, A. D. (2009). *Fungi and food spoilage*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-4615-0989-7>
9. Reed, C. (2010). Mold control in dairy industry. *Dairy Processing Journal*, 15(2), 45–53.
10. Schenk, M., Raffellini, S., Guerrero, S., & Jagus, R. (2011). Inactivation of *Penicillium* and *Aspergillus* spores in a medium resembling cheese by UV-C and combined treatments. *Journal of Food Engineering*, 107(3), 344–349. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2011.06.011>
11. Shama, G. (2007). Ultraviolet light in food technology: Principles and applications. *Trends in Food Science & Technology*, 18(9), 469–478. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2007.04.006>
12. Sweeney, M. J., & Dobson, A. D. W. (1998). Mycotoxin production by *Fusarium* species. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 48(6), 597–606. <https://doi.org/10.1007/s002530051103>