

**NEKONVENČNÉ METÓDY REDUKCIE MIKROORGANIZMOV
V MLIEKARENSKOM PRIEMYSLE**
**UNCONVENTIONAL METHODS OF REDUCING MICROORGANISMS
IN THE DAIRY INDUSTRY**

Juraj Čuboň¹ – Peter Haščík¹ – Jana Tkáčová¹ – Miroslava Hlebová²

¹ Ústav potravinárstva, Fakulta biotechnológie a potravinárstva, SPU,
T. A. Hlinku 2, 94676 Nitra, Slovensko

² Univerzita Sv. Cyrila a Metoda, Fakulta prírodných vied, Ústav biológie
a biotechnológie, Katedra biológie, Nam. J. Herdu 2, 917 01 Trnava, Slovensko

<https://doi.org/10.11118/978-80-7509-996-9-0066>



ABSTRAKT

Práca rieši problematiku mikrobiologickej zabezpečenia kvality s využitím netradičných metód. Klasická pasterizácia je často využívaná pre vysokú efektívnosť pri devitalizácii mikroorganizmov ale aj enzýmov. Počas tepelného ošetrenia dochádza aj ku chemickým zmenám, ktoré menia senzorické vlastnosti potravín a v niektorých prípadoch menia ich nutričnú hodnotu. Neustále sa hľadajú technológie, ktoré by zabezpečili požadovanú mikrobiologickú kvalitu ale mali menší vplyv na senzorické vlastnosti a boli by energeticky menej náročné. Overované sú pulzujúce elektrické pole (pulsed electric field–PEF), vysokotlaková pasterizácia a tiež vysokotlaková homogenizácia. Princípom technológie PEF je aplikácia krátkych impulzov elektrického poľa s frekvenciou v mikrosekundách až milisekundách s intenzitou 10–80 kV.cm⁻¹, technológia PEF redukuje počet mikroorganizmov o 2,5–4 log KTJ. Ošetrenie potravín vysokým tlakom (HPP) využíva tlak od 100 do 1000 MPa, pri bežnej alebo sa môže zvýšiť na 60–80 °C, touto formou sa inaktivujú aj spóry avšak je potrebný čas do 30 min. Počet MO sa znižuje o 1,4–4,9 log KTJ. Vysokotlaková pasterizácia (HPP) je diskontinuálny proces založený na využívaní extrémne vysokých tlakov (400 až 600 MPa). Na rozdiel od tepelnej pasterizácie HPP má obmedzenia, nepôsobí na *Clostridium Botulinum* a niektoré ďalšie nežiaduce mikroorganizmy odolné voči tlaku. Ďalší spôsob je homogenizácia ultra vysokotlakovou pasterizáciou (UHPH) produkt sa zahreje na 75 °C pri tlaku okolo 400 MPa pred tlačением do homogenizačných trysiek. Mikroorganizmy sú inaktivované spolupôsobením vysokých klzných síl a následným prudkým znížením tlaku po prechode tryskou. Pulzujúce svetlo (PL) sa využíva na dekontamináciu povrchov. Pomocou PL sa inaktivujú mikroorganizmy pomocou svetla v krátkych časových impulzoch so spektrom medzi 200 a 1100 nm. Na zvýšenie efektivity sa využíva ukladanie elektrickej energie v kondenzátoroch relatívne dlhú dobu (zlomok sekundy) a následné uvoľnenie v čase len milióntin až tisícín sekundy.

Kľúčové slová: eliminácia mikroorganizmov, pulzujúce elektrické pole, pulzujúce svetlo, pasterizácia vysokým tlakom, homogenizácia vysokým tlakom

ABSTRACT

The work deals with the issue of microbiological quality assurance using non-traditional methods. Classic pasteurization is often used for its high efficiency in devitalizing microorganisms as well as enzymes. During heat treatment, chemical changes also occur that change the sensory properties of foods and in some cases change their nutritional value. There is a constant search for technologies that would ensure the required microbiological quality but have less impact on sensory properties and would be less energy demanding. Pulse electric field (PEF), high-pressure pasteurization and also high-pressure homogenization are verified. The principle of PEF technology is the application of short pulses of an electric field with a frequency in microseconds to milliseconds with an intensity of $10\text{--}80\text{ kV}\cdot\text{cm}^{-1}$, PEF technology reduces the count of microorganisms by $2.5\text{--}4\text{ log CFU}$. High pressure food treatment (HPP) uses pressure from 100 to 1000 MPa, at normal or can be increased to $60\text{--}80^\circ\text{C}$, this form also inactivates spores, but it takes up to 30 minutes. The number of microorganism decreases by $1.4\text{--}4.9\text{ log KTJ}$. High-pressure pasteurization (HPP) is a discontinuous process based on the use of extremely high pressures (400 to 600 MPa). Unlike heat pasteurization, HPP has limitations, it does not affect *Clostridium Botulinum* and some other undesirable pressure-resistant microorganisms. Another method is homogenization by ultra high pressure pasteurization (UHPH), the product is heated to 75°C at a pressure of around 400 MPa before being pushed into the homogenization nozzles. Microorganisms are inactivated by the interaction of high sliding forces and the subsequent sharp reduction in pressure after passing through the nozzle. Pulsed light (PL) is used to decontaminate surfaces. PL inactivates microorganisms using light in short time pulses with a spectrum between 200 and 1100 nm. To increase efficiency, the storage of electrical energy in capacitors for a relatively long time (a fraction of a second) and subsequent release in a time of only millionths to thousandths of a second is used.

Keywords: elimination of microorganisms, pulsed light, pulsed electric field, high pressure pasteurization, high pressure homogenization

ÚVOD / INTRODUCTION

Mnohé metódy netradičného ošetrovania potravín spĺňa rovnaké požiadavky ako tepelné ošetrovanie. Dôležité je udržať nutričnú kvalitu potravín, pričom spotreba energie je nižšia ako pri tepelnom ošetrovaní. V súčasnosti sa venuje pozornosť netepelným technológiám (vysoký tlak-HPP, pulzné elektrické pole-PEF), ale tiež vysoko intenzívne pulzné svetlo-PL, ožarovanie, použitie chemikálií a biochemikálií (Naliyadhara et al., 2022).

Cieľom použitia PEF (pulsed electric field) je zlepšiť mikrobiologickú kvalitu mlieka, ale aj enzymatickú aktivitu a hlavne predĺžiť dobu trvanlivosti s minimálnymi zmenami na kvalitu finálneho produktu (Zimare et al., 2021; Saini et al., 2021; Mahn et al., 2022). Zariadenie PEF sa skladá z pulzného vysoko napäťového zdroja a spracovateľskej komory.

Technológia pulzného elektrického poľa (PEF) je netepelný prístup, ktorý je použiteľný na predĺženie trvanlivosti potravín s vyššou elektrickou vodivosťou, napr. mlieko. PEF využíva elektrické pole na

vytvorenie ireverzibilnej pórovitosti bunkovej (bakteriálnej) membrány, čím sa zvyšuje jej priepustnosť (Naliyadhara et al., 2022).

Princíp PEF technológie je aplikácia krátkych impulzov elektrickým poľom s dĺžkou mikrosekúnd až milisekúnd s intenzitou $10\text{--}80\text{ kV}\cdot\text{cm}^{-1}$. Využíva sa pulzný elektrický prúd prenikajúci do výrobku v potrubí medzi elektródami. Potraviny prenášajú elektrické impulzy pomocou iónov (každý tekutý výrobok má určitý stupeň elektrickej vodivosti). Elektrický je impulz prechádza do suroviny (mlieko, ovocné šťavy, homogenizované mäsové dielo) a v dôsledku nabitých častíc sa dostane do každého bodu v surovine (Cregenzán-Alberti et al. (2015).

V súčasnosti s najviac overuje kontinuálna komora s iónovo vodivou membránou, ktorá sa skladá z 2 paralelných doskových elektród a dielektricky dištančného izolátora. Elektródy sú oddelené od potravín membránami. Medzi elektródami a komorou je elektrolyt na zlepšenie prechodu elektrického vedenia. Modifikovaná kontinuálna komora sa skladá z elektródových zón namiesto elektród dosiek, ktorá má štrbinové otvory, medzi ktorými je elektrické pole, tekuté potraviny sú dopravované pod vysokým tlakom. Priemerná doba pôsobenie je menej ako 1 min. (Jeyamkondan et al. 1999).

Kontinuálna komora so zosilneným účinkom PEF využíva systém rozšírených elektrických polí v zónach s použitím v komorách so súbežným tokom prúdenia PEF. Izolátory majú kónický tvar na odstránenie ložiska plynu v priestore pôsobenia PEF, aby napätie v priestore pôsobenia bolo skoro zhodné s napájacím napätím (Barbosa-Canovas et al., 2010; Yin at al., 2014).

Pulzné elektrické pole sa ukazuje ako vhodná alternatíva tepelných metód spracovania hlavne tekutých resp. polotekutých potravín, ako napr. mlieko, jogurt, šťavy, polievky a tekuté vajcia, ale aj jemne homogenizované mäsové dielo. Vysoká efektivita inaktivácie patogénnych mikroorganizmov pri malom zvýšení zvyšujú atraktivitu využitia PEF v potravinárskej výrobe. Na rozdiel od pasterizácie má technológia PEF aj nízky vplyv na znečistenie životného prostredia. Nevýhodou je obmedzená inaktivácia bakteriálnych spór a enzýmov. Je možné použiť kombináciu technológií, napr. PEF a baktericínov, resp. PEF a tepla (Maged et al., 2012).

Ďalšia metóda je ošetrovanie potravín pomocou vysokého tlaku (High Pressure - HPP), má značný potenciál využitia pri ošetrovaní mlieka a konzervácií potravín, ako aj pri výrobe inovatívnych potravín s novými texturálnymi alebo funkčnými vlastnosťami.

Vysokotlakové ošetrovanie potravín využíva tlak od 100 do 1000 MPa, pri 20°C alebo pasterizačnej teplote od 60 do 80 °C, pre inaktiváciu spór (do 30 min.). Tlak zvyšuje teplotu potraviny približne o 2–3 °C. Výhodou HPP spracovania mlieka je schopnosť udržať si pôvodnú čerstvosť, chuť, farbu a výživovú hodnotu a pri výraznom znížení počtu mikroorganizmov (Hjelmqwist, 2005).

V súčasnej dobe je komerčne používaná HPP (Vysokotlaková pasterizácia) najznámejšou alternatívnou technológiou na báze vysokotlakového ošetrovania.

HPP je dávkový proces založený na využívaní extrémne vysokých tlakov v rozmedzí 400 až 600 MPa. Tento tlak je vyvíjaný na produkt v špeciálnej komore s cieľom za účelom inaktivácie škodlivých baktérií vo výrobku. Energia tlaku produkuje malé zvýšenie teploty v produkte, ktoré negatívne neovplyvňujú jeho vlastnosti. HPP nepôsobí na *C. Botulinum* a niektoré ďalšie mikroorganizmy, ktoré sú odolné voči tlaku. Ak sú prítomné, HPP musí byť použitý spolu s ďalším bariérovým procesom, napr. teplom. Ide o krátky proces spracovania, ktorý je menej invazívny než samotná pasterizácia (EFSA 2022).

Produkty na ošetrenie HPP musia mať vyšší obsah vody, ale nemôžu mať štruktúru, napr. jahody, pretože by boli rozdrvené tlakom. Potravina môže byť v kontajneroch, ale v obale je len zanedbateľné množstvo vzduchu. Nevýhodou je diskontinuálna a pomerne vysoké počiatočné náklady (Pereda et al., 2007).

Homogenizácia ultra vysokotlakovou pasterizáciou (UHPH) je obmedzená na tekuté výrobky, napr. v mliekarenskom priemysle a kombinuje sterilizáciu s homogenizáciou, je tiež použiteľná pre zeleninové alebo ovocné šťavy. Surovina sa zahrieva na 75 °C a tlaku okolo 400MPa pred tlačením do homogenizačných trysiek. Mikroorganizmy sú inaktivované spolupôsobením vysokých klzných síl a prudkým znížením tlaku za tryskou (Dumay et al., 2013; Zamora, Guamis, 2015).

Technológia využívajúce pulzné svetlo (Pulsed light-PL) je určená pre dekontamináciu povrchov, inaktivujú sa mikroorganizmy pomocou krátkych časových impulzov UV-C svetla. UV-C je časť elektromagnetického spektra v pásme 200 a 280 nm. PL sa vyrába zariadeniami, ktoré mnohonásobne zvyšujú výkon. Elektrická energia sa ukladá v kondenzátore relatívne dlhú dobu (zlomky sekundy) a uvoľnení sa v krátkom čase (milióntin alebo tisícin sekundy). Emitované svetlo blesku má vysoký špičkový výkon a vlnovú dĺžku 200 až 1100 nm (MacGregor et al., 1998). Využívajú sa xenónové PL svetlomety, ktoré blikajú viackrát za sekundu (Oms-Oliu, et al., 2010).

ZÁVER / CONCLUSIONS

Práca analyzuje možnosti využitia netradičných metód na zlepšenie mikrobiologickej kvality mlieka. Tradičné formy pasterizácie sú vysoko účinné ale dochádza k zmene senzorických vlastností potravín a sú energeticky náročné. V súčasnosti sa preto hľadajú nové technológie, ako sú pulzné elektrické pole (pulse electric field – PEF), vysokotlaková pasterizácia a homogenizácia. Technológia PEF využíva aplikáciu krátkych impulzov elektrického poľa (niekoľko mikrosekúnd až milisekúnd) s intenzitou 10 - 80 kV.cm⁻¹. Vysokotlakové ošetrenie tekutých potravín (HP) využíva tlak 100 až 1000 MPa, pri 20°C. Metóda vysokotlakej pasterizácia (HPP) je zatiaľ diskontinuálny proces využívajúci extrémne vysoké tlaky v od 400 do 600 MPa. HPP nepôsobí na mikroorganizmy, ktoré sú odolné voči tlaku. Vysokotlakovou pasterizáciou (UHPH) využíva zahriatie mlieka na 75 °C a tlaku okolo 400MPa a následným tlačením do homogenizačných trysiek. Technológia pulzného svetla (PL) je použiteľná na povrchy, využíva impulzy svetla v spektre 200 až 1100 nm na inaktiváciu mikroorganizmov.

POĎAKOVANIE / ACKNOWLEDGEMENT

Príspevok bol vypracovaný s podporou VEGA 1/0402/23.

LITERATÚRA / REFERENCES

- Barbosa-Cánovas, G., Bermudez-Aguirre, D. (2010): Pasteurization of milk with pulsed electric fields. In *Improving the safety and quality of milk* (pp. 400–419). Woodhead Publishing.
- Cregenzán-Alberti, O., Halpin, R. M., Whyte, P., Lyng, J. G., Noci, F. (2015): Study of the suitability of the central composite design to predict the inactivation kinetics by pulsed electric fields (PEF) in *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* and *Pseudomonas fluorescens* in milk. *Food and Bioproducts Processing*, 95, 313–322.
- Dumay, E., Chevalier-Lucia, D., Picart-Palmade, L., Benzaria, A., Gràcia-Julià, A., Blayo, C. (2013): Technological aspects and potential applications of (ultra) high-pressure homogenisation. *Trends in Food Science & Technology*, 31(1), 13–26.
- EFSA Panel on Biological Hazards (BIOHAZ Panel), Koutsoumanis, K., Alvarez-Ordóñez, A., Bolton, D., Bover-Cid, S., Chemaly, M., Allende, A. (2022): The efficacy and safety of high-pressure processing of food. *EFSA Journal*, 20(3), e07128.
- Hjelmqwist, J. (2005): Commercial high-pressure equipment. *Novel food processing technologies*, 361–373.
- Jeyamkondan, S., Jayas, D. S., Holley, R. A. (1999): Pulsed electric field processing of foods: a review. *J Food Protect.* 62(9):1088–1096.
- Maged, E. A. Ayman, M., Eissa, H. A. (2012): Pulsed electric fields for food processing technology. *Structure and function of food engineering aymanamereissa*. ISBN 978-953-51-0695-1.
- Mahn, A., Comett, R., Segura-Ponce, L. A., Díaz-Álvarez, R. E. (2022): Effect of pulsed electric field-assisted extraction on recovery of sulforaphane from broccoli florets. *Journal of Food Process Engineering*, 45(7), e13837.
- Naliyadhara, N., Kumar, A., Girisa, S., Daimary, U. D., Hegde, M., Kunnumakkara, A. B. (2022): Pulsed electric field (PEF): Avant-garde extraction escalation technology in food industry. *Trends in Food Science & Technology*, 122, 238–255.
- Oms-Oliu, G., Martín-Belloso, O., Soliva-Fortuny, R. (2010): Pulsed light treatments for food preservation. A review. *Food and Bioprocess Technology*, 3, 13–23.
- Pereda, J., Ferragut, V., Quevedo, J. M., Guamis, B., Trujillo, A. J. (2007): Effects of ultra-high pressure homogenization on microbial and physicochemical shelf life of milk. *Journal of dairy science*, 90(3), 1081–1093.

- Saini, A., Panesar, P. S., Bera, M. B. (2021): Valuation of *Citrus reticulata* (kinnow) peel for the extraction of lutein using ultrasonication technique. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 11, 2157–2165.
- Yin, S., Chen, X., Hu, C., Zhang, X., Hu, Z., Yu, J., Zheng, S. (2014): Nanosecond pulsed electric field (nsPEF) treatment for hepatocellular carcinoma: a novel locoregional ablation decreasing lung metastasis. *Cancer Letters*, 346(2), 285–291.
- Zamora, A., Guamis, B. (2015): Opportunities for ultra-high-pressure homogenisation (UHPH) for the food industry. *Food Engineering Reviews*, 7, 130–142.
- Zimare, S. B., Mankar, G. D., Barmukh, R. B. (2021): Optimization of ultrasound-assisted extraction of total phenolics and flavonoids from the leaves of *Lobelia nicotianifolia* and their radical scavenging potential. *Current Research in Green and Sustainable Chemistry*, 4, 100109.
- Kontaktná adresa / Contact Information: prof. Ing. Juraj Čuboň, CSc., Ústav potravinárstva. Fakulta biotechnológie a potravinárstva. Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre. T. A. Hlinku 2, 94676 Nitra, e-mail: juraj.cubon@uniag.sk*