

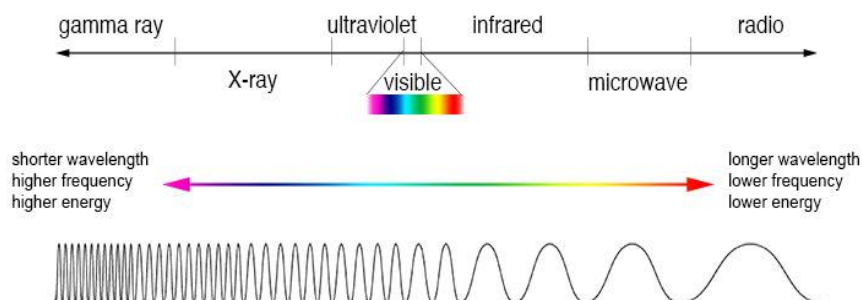
Vplyv mikrovlnného žiarenia na živé mikroorganizmy

Neustále zrýchľujúce sa tempo života ovplyvňuje všetky úkony človeka. Jednou z nevyhnutných denných činností je aj príprava a ohrev jedla, pri ktorej je pre veľa z nás rýchlosť kľúčová. Od roku 1947 [1] nám pri boji s časom pomáha efektívnosť mikrovlnky, ktorá sa stala štandardným spotrebičom väčšiny domácností, reštaurácií a internátov.

Napriek desaťročiam na trhu, okolo témy používania mikrovlniek panuje stále kontroverzia. Na jednej strane sa stretáme s názormi proti používaniu mikrovlnky, ako napríklad píše stránka Natural Society: „Výživová hodnota jedla je významne redukovaná pri používaní mikrovlnky.“ [2] Na druhej strane Svetová zdravotnícka organizácia (WHO) uvádza: „Pokiaľ ide o žiarenie mikrovlnnej rúry, pri správnom použití sa nemáme čoho obávať.“ [3] Sú teda mikrovlnky pre naše potraviny bezpečné?

Súvis medzi rôznymi typmi mikrovlnného žiarenia a živými organizmami pritiahol pozornosť vedcov od zavedenia technických zariadení, ktoré pracujú pomocou mikrovln. Dnes sme čoraz viac vystavovaní radiácii z týchto zariadení, medzi ktoré patria napríklad aj radary, WiFi alebo mobilné telefóny. Spoločne s ľuďmi bakteriálne druhy sú takisto ovplyvňované mikrovlnným žiarením - či už je to pri ohreve alebo príprave jedla. Cieľom môjho výskumu bude zistiť aký efekt má mikrovlnné žiarenie práve na živé kultúry v jogurte počas fermentácie.

Čo je to vlastne mikrovlnné žiarenie? Mikrovlnné žiarenie je typ elektromagnetického žiarenia s frekvenciou 0,3 až 300 GHz. Elektromagnetické žiarenie sa prenáša vo vlnách na rôznych vlnových dĺžkach a frekvenciách, a tento široký rozsah vlnových dĺžok je známy ako elektromagnetické spektrum. Na tomto spektre sa mikrovlny nachádzajú medzi infračerveným a rádiovým žiarením.



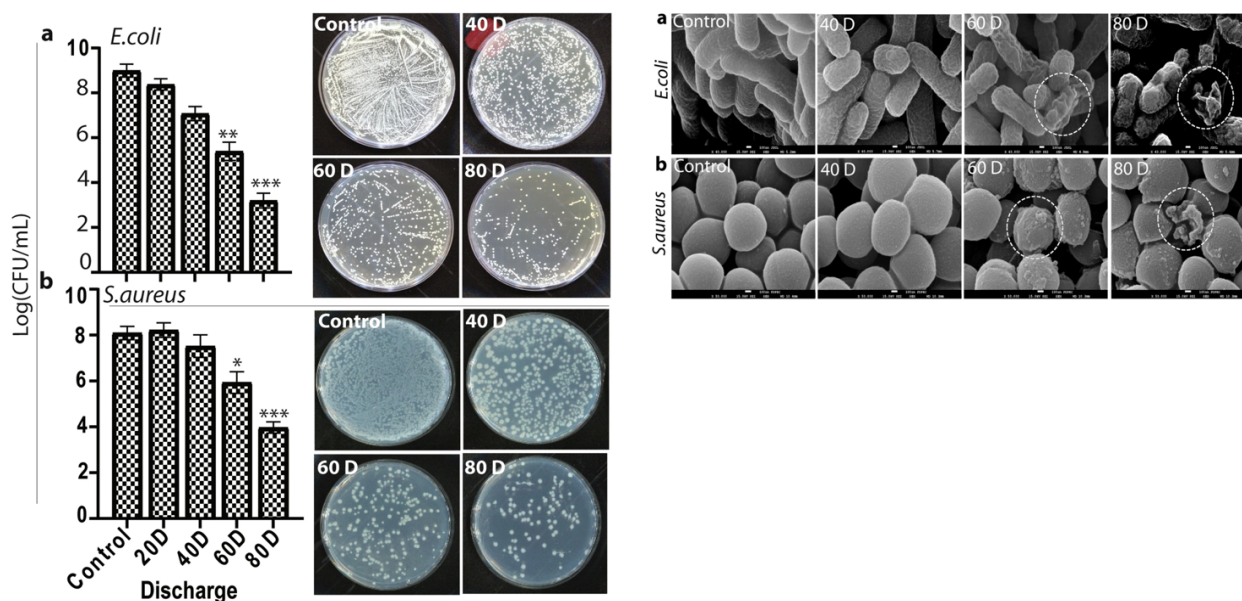
Šírenie elektromagnetických vln možno prirovnať ku rozvíreniu hladiny vody po dopade kameňa. Vzniknuté vodné vlny rozkolíšu loďku plávajúcu na hladine. Táto rozvírená vodná hladina nám predstavuje elektrické a magnetické pole a pád kameňa zase zdroj elektromagnetického poľa. Z toho vyplýva fakt, že keď elektromagnetické vlny narazia na vhodnú elektricky nabitú alebo zmagnetizovanú časticu, rozkmitajú ju.

Ako vlastne funguje mikrovlnka? Mikrovlnka využíva schopnosť mikrovln rozkmitať molekuly vody, cukrov a tukov v potravinách. Elektromagnetické pole vytvorené mikrovlnami začne meniť polaritu molekúl, molekuly sa začnú otáčať, vrážať do seba a hmýriť sa. Toto vysokorýchlostné kmitanie následne generuje teplo, a potravinu sa tak zahrieva. [4]

Vo viacerých jedlách sa nachádzajú rozličné živé mikroorganizmy, ktoré sú pre nás z nutričného hľadiska veľmi dôležité. Jedny z nich sa nazývajú probiotiká alebo probiotické kultúry a nájdeme ich napr. v kefire, kyslej kapuste alebo v jogurte. Tieto baktérie prispievajú k správne fungovaniu tráviaceho traktu a udržiavaniu vyváženej mikroflóry v črevách. Home-made mliečne produkty obsahujúce probiotiká sa často vyrábajú použitím mikrovlnky alebo rúry na pečenie. Sú však vzniknuté produkty rovnako zdravé? Obsahujú rovnaké množstvo živých kultúr?

Pri ožarovaní živých mikroorganizmov, medzi ktoré patria aj probiotiká, majú mikrovlnky dva typy efektov: termálny a netermálny. Absorpcia mikrovlnnej energie, ktorá spôsobí kmitanie a následne celkové zahrievanie bunky - je termálny efekt. Nízke teploty stimulujú rast kultúr, naopak vysoké teploty a frekvencie ich ničia. Netermálny efekt zahŕňa všetky dôsledky na rast, ktoré nie sú spôsobené teplotou. [5]

Štúdia z roku 2021 skúmala práve netermálny vplyv mikrovlnného žiarenia na bakteriálne bunky. Efekty mikrovlnného žiarenia určovali na baktériách *Escherichia coli* a *Staphylococcus aureus*, ktoré vystavovali mikrovlnnému žiareniu pri teplote 25 °C. Baktérie vystavovali rôznym výkonom a výsledky skúmali pod elektrónovým mikroskopom. Zistili, že so zvyšovaním výkonu sa aj deštrukcia a deaktivácia buniek zvyšovala. [6]



Výsledky tejto štúdie inšpirovali aj môj experiment, v ktorom sme porovnali rast baktérii z jogurtov fermentovaných dvoma spôsobmi - v mikrovlnke a v klasickej rúre na pečenie. Z jogurtov sme odobrali vzorky, naniesli ich na Petriho misku, nechali rásť a porovnali, ktorá kultúra lepšie prosperovala.

Na vytvorenie jogurtov sme použili plnotučné mlieko a štartovacie baktérie - *Lactobacillus bulgaricus*, *Streptococcus thermophilus*. Liter mlieka sme zmiešali s 1 gramom baktérii, rozdelili na polovicu a odobrali 130 ml do dvoch extra pohárikov. Jeden jogurt sme vložili do rúry s teplotou 36 °C, kde zrel po dobu 8 hodín. Druhý jogurt sme každých 45 minút po dobu 6 hodín vložili do mikrovlnky na 30 s, tak aby jeho teplota nepresiahla 36 °C. Následne sme oba jogurty cez noc odložili na vychladnutie do chladničky.

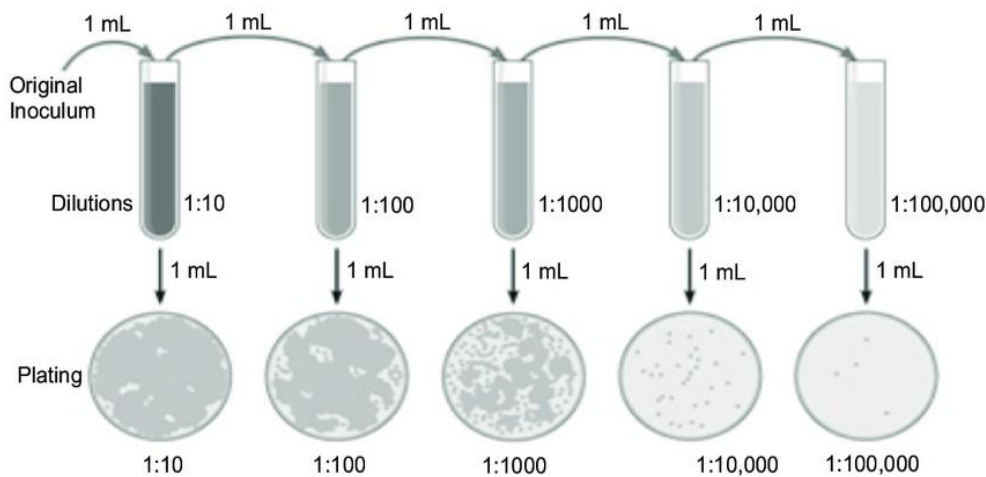
Keďže jogurt môže obsahovať miliardy baktérii, na porovnanie našich jogurtov sme nepočítali jednotlivé baktérie, ale počet CFU/ml. CFU je skratka anglického termínu “Colony Forming Unit”, teda jednotky tvoriacej kolónie. Je to vlastne bakteriálna bunka, ktorá dokáže rásť a vytvoriť kolóniu, keď ju dáme na vhodné médium. Počet CFU sa stanovuje metódou, kedy sa zriedená vzorka baktérie naniesie na Petriho misku s mliečno-paradajkovým agarom a po inkubácii sa spočítajú vytvorené kolónie.

Prečo práve takáto zmes agaru? Jogurtové baktérie sú baktérie kyseliny mliečnej a majú špeciálne požiadavky na rast. V 20. rokoch 19. storočia vedci, snažiaci sa vyrásť kultúry

baktérie *Lactobacillus acidophilus*, experimentovali s pridaním mlieka a iných potravín na médium. Zistili, že mlieko a paradajková šťava sú najlepšie na rast mliečnych baktérii. Mlieko poskytuje zdroj uhlíka (laktózový cukor) a zdroj dusíka (mliečny proteín). Paradajková šťava zase poskytuje zmes solí a kyselín, ktoré zlepšujú rast baktérií. [7]

Túto zmes sme si vyrobili zmiešaním 50 ml mlieka, 50 ml paradajkovej šťavy, 10 g agaru a 390 ml vody. Následne sme ju vysterilizovali použitím tlakového hrnca, rozliali do jednotlivých Petriho misiek a nechali stuhnúť.

Keďže by bolo veľmi náročné zistiť počet baktérii v celom 130 mililitrovom jogurte, potrebujeme ho zriediť. Toto vykonáme tzv. sériovým riedením, ktoré je efektívne, pretože vyžaduje relatívne malý objem vody.



Najprv vezmeme 1 ml jogurtu a zmiešame ho v skúmavke s 9 ml vody, to nám dá koncentráciu 1:10. Potom vezmeme 0,1 ml vzorky z tejto zmesi a zmiešame ju s 0,9 ml vody, to nám dá koncentráciu 1:100. Proces opakujeme až kým dostaneme koncentráciu 1:10 000 000.

Následne vezmeme naše skúmavky s koncentraciami 1:100 až 1:10 000 000, z každej odoberieme 0,1 ml a tieto vzorky nanesieme na jednotlivé Petriho misky. Proces opakujeme aj pre druhý jogurt, takže dostaneme 12 Petriho misiek. Uzavreté misky zalepíme a odložíme na dobu 4 dní na miesto s izbovou teplotou.

Výsledky:



Mikrovlnná rúra



Rúra na pečenie

Po 4 dňoch sme porovnali naše výsledky. Najviditeľnejšie kultúry narástli na Petriho miskách s koncentráciou 1:1 000 000. Baktérie z mikrovlnky vytvorili veľa drobných kolónii, ktorých počet nevieme jednoducho určiť.

Na druhej strane baktérie z klasickej rúry vytvorili menej väčších kolónii, ktoré vieme spočítať a určiť z nich hodnotu CFU/ml. Na Petriho miske vzorkou sme narátali približne 102 kolónii. Keďže sme na miskú dali len 0,1ml zmesi, toto číslo musíme vynásobiť 10, aby sme dostali CFU/ml. Zároveň túto hodnotu vynásobíme 1 000 000, keďže na tejto miske bola koncentrácia 1:1 000 000. A teda: $102 * 10 * 1\,000\,000 = 1\,020\,000\,000$ CFU/ml, táto hodnota akurát spĺňa minimum pre označenie "probiotický jogurt".

Experiment ukázal vplyv mikrovlnného žiarenia na živé kultúry, pre potvrdenie navrhujem zopakovanie experimentu v laboratóriu na väčšom počte vzoriek s presnejšími pomôckami, preskúmanie jednotlivých bakteriálnych buniek elektrónovým mikroskopom a prípadne overiť vplyv na zdravie človeka - sledovaním biomarkerov po skonzumovaní potravín pripravovaných v mikrovlnnej rúre.

Zoznam bibliografických údajov:

1. Remko J. Detz, Bob van der Zwaan; Surfing the microwave oven learning curve; Journal of Cleaner Production; Volume 271; 2020; 122278; ISSN 0959-6526; <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122278>; Dostupné na internete: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652620323258>
2. <https://naturalsociety.com/microwaves/>
3. <https://www.who.int/news-room/q-a-detail/radiation-microwave-ovens>
4. Jiang H, Liu Z, Wang S. Microwave processing: Effects and impacts on food components. Crit Rev Food Sci Nutr. 2018;58(14):2476-2489. doi: 10.1080/10408398.2017.1319322. Epub 2017 Aug 14. PMID: 28613917; Dostupné na internete: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28613917/>
5. Jankovic, Slobodan & Milosev, Milorad & Novakovic, Milan. (2014). The effects of microwave radiation on microbial cultures. Hospital Pharmacology - International Multidisciplinary Journal. 1. 102-108. 10.5937/hpimj1402102J. Dostupné na internete: https://www.researchgate.net/publication/311551549_The_effects_of_microwave_radiation_on_microbial_cultures/citation/download
6. Shaw, P., Kumar, N., Mumtaz, S. et al. Evaluation of non-thermal effect of microwave radiation and its mode of action in bacterial cell inactivation. Sci Rep 11, 14003 (2021). <https://doi.org/10.1038/s41598-021-93274-w>; Dostupné na internete: <https://www.nature.com/articles/s41598-021-93274-w#cities>
7. <https://syntheticbiology1.com/courses/making-yogurt-the-scientific-way/lessons/how-to-make-tomato-milk-plates/>