

OLEJ Z KÁVOVEJ USADENINY AKO ADITÍVUM V BIODEGRADOVATEĽNÝCH OBALOCH: HODNOTENIE CHEMICKÝCH ZMIEN CHROMATOGRAFICKOU METÓDOU

SPENT COFFEE GROUND OIL AS AN ADDITIVE IN BIODEGRADABLE PACKAGING: CHEMICAL CHANGES EVALUATED BY CHROMATOGRAPHIC METHOD

Dominika Kotianová¹ – Tomáš Pencák¹ – Dani Dordević¹ – Bohuslava Tremlová¹

¹Ústav hygieny a technológie potravín rastlinného pôvodu, Fakulta veterinární hygieny a ekologie,
VETUNI, Palackého tř. 1946/1, 612 42 Brno

<https://doi.org/10.11118/978-80-7701-048-1-0141>



ABSTRAKT

Využitie vedľajších produktov, vznikajúcich v potravinárstve, pri výrobe biodegradovateľných obalových materiálov predstavuje inovatívny prístup k znižovaniu environmentálnej záťaže spôsobenej plastovým odpadom. Táto štúdia sa zamerala na hodnotenie vplyvu oleja extrahovaného z kábovej usadeniny (SCG) na profil bioaktívnych zlúčenín v biodegradovateľných obaloch. Experimentálne boli pripravené vzorky obalových materiálov na báze κ -karagenanu s rôznymi koncentráciami SCG oleja (0,1–1 g) a dvoma typmi emulgátorov (Tween 20, Tween 80). Profil bioaktívnych zlúčenín bol analyzovaný metódou HPLC. Výsledky preukázali, že prídavok SCG oleja významne ovplyvnil chemický profil obalov, pričom vyššie koncentrácie oleja (0,8 g a 1 g) viedli k vyššej intenzite signálov bioaktívnych látok. Navyše, vzorky obsahujúce Tween 80 vykazovali vyššiu stabilitu a intenzitu bioaktívnych zlúčenín v porovnaní s Tween 20. Tieto poznatky naznačujú, že SCG olej môže zlepšiť funkčné vlastnosti biodegradovateľných obalov, čím sa otvárajú nové možnosti pre ich využitie v potravinárskom priemysle.

Kľúčové slová: udržateľné obaly, zhodnocovanie potravinového odpadu, bioaktívne zlúčeniny

ABSTRACT

The utilization of by-products generated in the food industry for the production of biodegradable packaging materials represents an innovative approach to reducing the environmental burden caused by plastic waste. This study focused on evaluating the impact of oil extracted from coffee grounds (SCG) on the profile of bioactive compounds in biodegradable packaging. Experimental samples of κ -carrageenan-based packaging materials were prepared with varying concentrations of SCG oil (0.1–1 g) and two types of emulsifiers (Tween 20, Tween 80). The profile of bioactive compounds was analyzed using HPLC. The results demonstrated that the addition of SCG oil significantly affected the chemical profile of the packaging, with higher concentrations of oil (0.8 g and 1 g) leading to an increased intensity of bioactive compound signals. Furthermore, samples containing Tween 80 exhibited greater stability and intensity of bioactive compounds compared to those with Tween 20. These findings suggest that SCG oil could enhance the functional properties of biodegradable packaging, opening new possibilities for its use in the food industry.

Keywords: sustainable packaging, food waste valorization, bioactive compounds

ÚVOD

V súčasnosti sa čoraz väčšia pozornosť venuje vývoju ekologických alternatív k tradičným plastovým obalom, ktorých nadmerná produkcia a používanie vedie k environmentálnym problémom (Leow et al., 2021). Jednou z perspektívnych možností je využitie potravinárskych odpadov na výrobu biodegradovateľných obalov, čím sa nielen znižuje množstvo odpadu, ale zároveň sa otvárajú nové možnosti pre efektívne využitie vedľajších produktov potravinárskeho priemyslu (Cristofoli et al., 2023). Keďže kávová usadenina (SCG) je bohatá na bioaktívne látky, najmä polyfenoly, tento fakt ju robí vhodným obohacujúcim prvkom v jedlých a biodegradovateľných matriciach. Produkcia a rozsiahle využívanie plastov na báze ropy síce priniesli pohodlie výrobcovi a spotrebiteľovi, ale zároveň viedli k závislosti na tomto type materiálov, ktoré sú záťažou pre životné prostredie. Prídavok SCG, obohacuje finálny produkt a zároveň zvyšuje jeho hodnotu. Literatúra podporuje tvrdenie, že SCG priaznivo ovplyvňuje finálne vlastnosti experimentálne vyrobených biopolymérov (Dordevic et al., 2023).

Kávová usadenina predstavuje vedľajší produkt vznikajúci pri príprave kávy, pričom jej množstvo neustále narastá v dôsledku zvyšujúcej sa celosvetovej spotreby. Odhaduje sa, že sa jej ročne na celom svete vyprodukuje až 11,4 miliónov ton (International Coffee Organization, 2024). Táto skutočnosť robí zo SCG významný environmentálny problém, ale zároveň aj surovinu s vysokým potenciálom ďalšieho využitia. SCG obsahuje významné množstvo polyfenolov, ktoré zohrávajú dôležitú úlohu v antioxidačných mechanizmoch a môžu prispievať k stabilite a funkčnosti biodegradovateľných obalov (Pettinato et al., 2023; Bhattarai a Janaswamy, 2023). Hlavnou polyfenolovou zlúčeninou v SCG je kyselina chlorogénová, ktorá tvorí až 12 % z celkového obsahu sušiny (Esquivel a Jiménez, 2012). Prítomnosť týchto zlúčenín v obalových materiáloch môže ovplyvniť nielen ich mechanické vlastnosti, ale aj schopnosť interagovať so zabalenými potravinami. Biodegradovateľné obaly s obsahom polyfenolov môžu vykazovať aj bioaktívne vlastnosti, čím sa zvyšuje ich pridaná hodnota v oblasti ochrany potravín (Vidal et al., 2020).

Tento výskum bol zameraný na hodnotenie vplyvu prídavku oleja extrahovaného zo SCG na profil bioaktívnych zlúčenín biodegradovateľných obalov vyrobených s prídavkom rôznych typov emulgátorov, konkrétne Tweenu 20 a Tweenu 80. Hlavným cieľom bolo analyzovať, do akej miery emulgátor a olej zo SCG ovplyvňuje obsah a stabilitu polyfenolov a iných bioaktívnych zlúčenín v experimentálne vyrobených obalových materiáloch.

MATERIÁL A METODIKA

Extrakcia oleja z kávovej usadeniny

Na prípravu oleja zo SCG bola využitá káva pochádzajúca z kaviarne sídliacej v Brne, ČR. Konkrétne sa jednalo o zmes arabiky a robusty v pomere 1:1. Olej bol získaný navážením 200 g SCG, ktorá bola extrahovaná využitím 400 ml hexánu. Takto pripravená zmes bola niekoľkokrát pretrepaná a ponechaná pri izbovej teplote po dobu 4 dní. Po uplynutí tejto doby bola zmes prefiltrovaná cez filtračný papier.

Prefiltrovaný roztok bol nasledovne umiestnený na magnetickú miešačku a miešaný pri 250 rpm počas 4 hodín, až do úplného odparenia hexánu. Takto získaný olej bol skladovaný v chlade, pri teplote 8 °C.

Príprava biodegradovateľných obalov

Proces prípravy biologicky rozložiteľných obalov prebiehal v niekoľkých krokoch podľa Dordevic et al. (2023). V prvom kroku bolo odvážených 0,3 g κ -karagenanu, ku ktorému bol následne pridaný olej zo SCG v množstvách 0,1 g, 0,45 g, 0,8 g alebo 1 g, v závislosti od typu pripravovanej vzorky. Táto zmes bola doplnená destilovanou vodou do konečného objemu 45 ml a následne zahrievaná na variči až do úplného rozpustenia všetkých zložiek. Po dosiahnutí homogénnej konzistencie bola zmes prenesená na varnú magnetickú miešačku a miešaná pri 350 rpm pri teplote 50 °C počas 10 minút. Po ukončení miešania bol do zmesi pridaný glycerol v množstve 0,25 ml a následne miešaný ďalších 5 minút. V poslednej fáze prípravy bolo do zmesi pridaných 1,3 ml emulgátora (Tween 20 alebo Tween 80) a pokračovalo sa v miešaní ešte 7 minút.

Hotová zmes bola rovnomerne nanosená na Petriho misky s priemerom 9 cm, kde prebiehal proces sušenia. Zloženie jednotlivých vzoriek biologicky rozložiteľných plastov s prídavkom oleja zo SCG je uvedené v tabuľke č. 1.

Tabuľka č. 1: Zloženie vzoriek biologicky rozložiteľných plastov.

Vzorka	Zloženie
CACO	Kontrola
CA0,1TW20	κ -karagenan + 0,1 g oleja zo SCG + Tween 20
CA0,45TW20	κ -karagenan + 0,45 g oleja zo SCG + Tween 20
CA0,8TW20	κ -karagenan + 0,8 g oleja zo SCG + Tween 20
CA1TW20	κ -karagenan + 1 g oleja zo SCG + Tween 20
CA0,1TW80	κ -karagenan + 0,1 g oleja zo SCG + Tween 80
CA0,45TW80	κ -karagenan + 0,45 g oleja zo SCG + Tween 80
CA0,8TW80	κ -karagenan + 0,8 g oleja zo SCG + Tween 80
CA1TW80	κ -karagenan + 1 g oleja zo SCG + Tween 80
CA0,1	κ -karagenan + 0,1 g oleja zo SCG

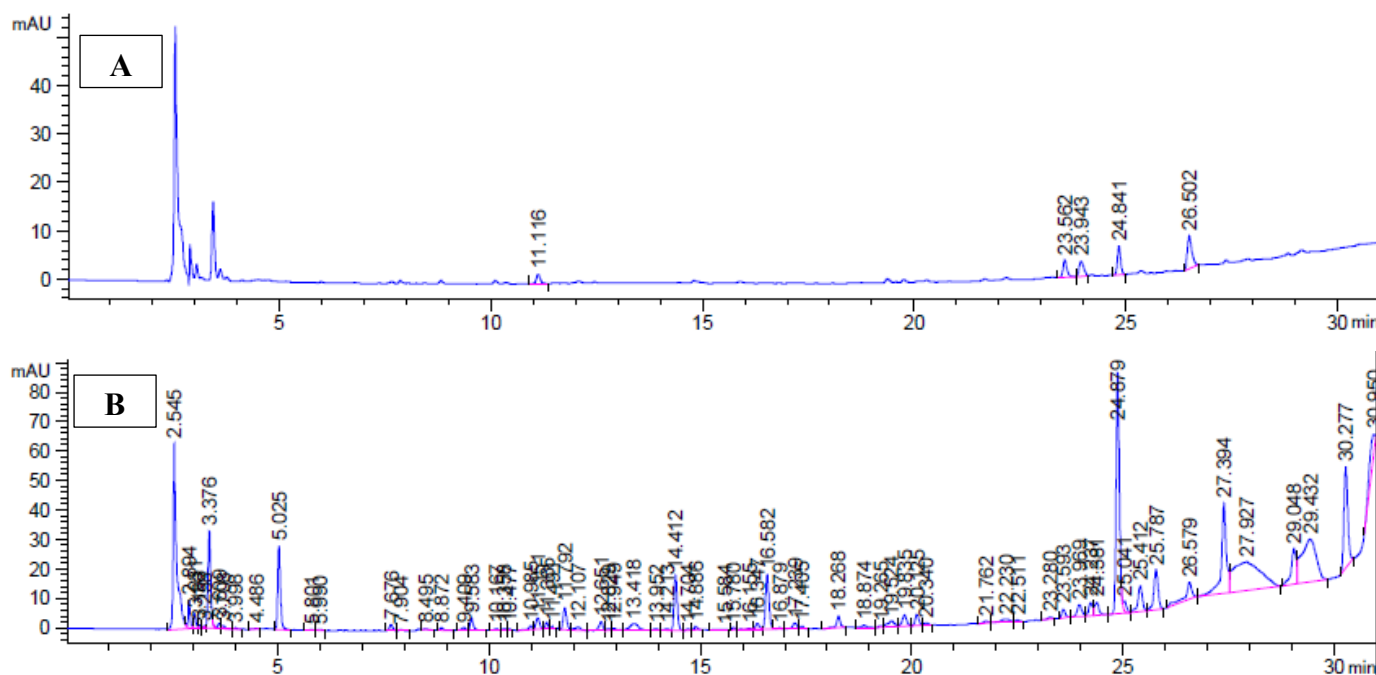
Analýza metódou HPLC

Na stanovenie profilu bioaktívnych zlúčenín, experimentálne vyrobených obalov s prídavkom oleja zo SCG, bola využitá HPLC - vysokoúčinná kvapalinová chromatografia (Agilent Technologies, Santa Clara, CA, USA). Použitá metodika vychádzala z postupov, ktoré boli opísané v štúdií autora Naegele (2016), pričom bola upravená na podmienky tohoto experimentu. Na analýzu boli navážené 2 g obalu, ktoré boli vložené do 200 ml odmernej banky. Následne bolo ku vzorke pridaných 50 ml methanolu a 50 ml deionizovanej vody. Vzorky boli po prekrytí parafilmom skladované v tme, po dobu 5 dní. Po extrakcii boli vzorky prefiltrované cez striekačkové filtre a využité k analýze. Separácia prebiehala na kolóne ZORBAX SB – C18 (4,6 x 250 mm), s využitím diodového pólového detektora (DAD) pri vlnovej dĺžke 210 nm. Objem injektovaného vzorku bol 10 μ L. Ako mobilná fáza (A) bola v rámci experimentu využitá voda s prídavkom 1 % kyseliny fosforečnej a ako mobilná fáza (B) bol použitý acetonitril s nasledovným gradientom:

10 % B (0–20 min), 20 % B (20–25 min), 30 % B (25–35 min) a 40 % (35–40 min), pričom post-time fáza trvala 10 minút. Každá vzorka bola analyzovaná 3-krát. Na spracovanie údajov bol využitý softvér Agilent ChemStation.

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Profil bioaktívnych zlúčenín vo vzorkách bol analyzovaný pomocou HPLC pri vlnovej dĺžke 210 nm, pričom sa hodnotila ich intenzita a distribúcia. Výsledky analýzy ukázali, že prítomnosť oleja extrahovaného zo SCG priaznivo ovplyvňuje-zloženie obalovej matrice. Ukážky chromatogramov sú zobrazené na obrázku č. 1.



Obrázok č. 1: Ukážka chromatogramov vzoriek biodegradovateľných obalov s prídavkom SCG oleja.

Legenda: A – kontrola, B – vzorka CA1TW80

Pri porovnaní s kontrolnou vzorkou sa najvýraznejšie píky vyskytovali, u všetkých vzoriek, v retenčných časoch medzi 23–28 min, čo naznačuje prítomnosť viacerých bioaktívnych zlúčenín pochádzajúcich zo SCG. Okrem dominantných píkov v neskorších retenčných časoch boli v chromatogramoch zaznamenané aj píky v intervaloch medzi 2,5–5 min. Ich intenzita bola výraznejšia pri vzorkách obsahujúcich vyššie množstvá SCG oleja. Najväčšie zmeny boli zaznamenané u vzoriek s prídavkom 0,8 g a 1 g oleja zo SCG. Tento jav naznačuje, že bioaktívne zlúčeniny sú dobre rozpustné v oleji, a jeho vyššia koncentrácia zlepšuje ich integráciu do obalového materiálu.

Spomedzi vzoriek s prídavkom Tweenu 20 vykazovala vzorka CA1TW20 najvyššiu celkovú plochu signálu 1502,90 mAU, pričom dominantné píky sa nachádzali pri retenčných časoch 24,88 min (263,43 mAU; 17,53 %) a 25,04 min (78,13 mAU; 5,20 %). Čo sa týka obalov s prídavkom Tweenu 80, vzorka CA1TW80 vykazovala najvyššiu celkovú intenzitu signálu s hodnotu 3988,54 mAU. Najvýraznejšie píky boli zaznamenané pri 27,87 min (1868,17 mAU; 46,84 %) a 27,39 min (847,36 mAU; 21,24 %), čo naznačuje významnú prítomnosť bioaktívnych zlúčenín v tejto vzorke. Vzorka CA0,8TW80 tiež vykazovala vysokú

celkovú intenzitu signálu (4234,62 mAU), pričom dominantný pík sa nachádzal pri 27,83 min (2280,98 mAU; 53,87 %).

Dôležitým faktorom bol aj použitý emulgátor. Vzorky s prídavkom Tweenu 80 vykazovali stabilnejšie a vyššie signály v porovnaní so vzorkami obsahujúcimi Tween 20. Tento rozdiel môže byť spôsobený vyššou schopnosťou Tween 80 interagovať s polyfenolmi, čím dochádza k lepšej disperzii a stabilizácii zlúčenín v obaloch (Vigneshwari a Dash, 2023). Vyššie koncentrácie bioaktívnych látok pri použití Tween 80 v kombinácii s olejom zo SCG (množstvo 0,8 g a 1 g) v porovnaní s Tween 20 potvrdzuje aj štúdia Dordevic et al. (2023). Podobné trendy boli pozorované aj v iných štúdiách, kde pridanie emulgátorov ovplyvnilo rozpustnosť a stabilitu polyfenolov v biologických systémoch (Zheng et al., 2023). Autori popisujú, že medzi najčastejšie zastúpené bioaktívne zlúčeniny SCG patria polyfenoly, pričom konkrétne sa jedná o kyselinu chlorogénovú, kávovú, elagovú, trans-ferulovú, galovú, p-hydroxybenzoovú, p-kumarovú. Ďalej sú tam v pomernom množstve zastúpené taníny a flavonoidy ako katechín, epikatechín, rutín a kvercetín (Angeloni et al., 2021). Niektoré štúdie poukazujú na to, že zvýšenie antioxidačnej aktivity vo vzorkách s prídavkom Tweenu 80 nemusia byť priamo spojené s jeho schopnosťou eliminovať voľné radikály. Predpokladá sa, že jeho účinok súvisí s biologickými interakciami v rámci vzorky (Pérez-Rosés et al., 2015). Napriek tomu, že použitie Tweenu 80 poskytuje značné výhody, z hľadiska stabilizácie a disperzie polyfenolických látok, je nevyhnutné vziať do úvahy, že výber emulgátora závisí od špecifických požiadaviek na finálny produkt. Výsledky tejto štúdie naznačujú, že olej zo SCG môže významne prispievať k polyfenolickému profilu biodegradovateľných obalov, pričom jeho koncentrácia a typ emulgátora sú rozhodujúce faktory ovplyvňujúce ich vlastnosti. Štúdie zamerané na experimentálnu výrobu biodegradovateľných obalov obohatených o rastlinné polyfenoly potvrdzujú ich pozitívny vplyv na antioxidačné a mechanické vlastnosti materiálov, čo môže mať významné využitie v potravinárskom priemysle (Ma et al., 2024; Tang et al., 2024).

ZÁVER

Výsledky tejto analýzy potvrdili, že prídavok oleja zo SCG má významný vplyv na polyfenolický profil biodegradovateľných obalov. Vyššia koncentrácia oleja viedla k zvýšenej intenzite polyfenolových zlúčenín, pričom rovnako dôležitú úlohu zohrával typ emulgátora. Tween 80 sa ukázal ako vhodnejší stabilizačný faktor oproti Tween 20, čo naznačuje jeho schopnosť lepšie interagovať s polyfenolmi. Tieto poznatky môžu byť užitočné pri optimalizácii zloženia biodegradovateľných obalov s cieľom zlepšiť ich antioxidačné vlastnosti a potenciálne aplikácie v potravinárskom priemysle.

POĎAKOVANIE

Výzkum bol finančne podporený interným grantom IGA VETUNI Brno 217/2022/FVHE.

LITERATÚRA

- Angeloni, S., Freschi, M., Marrazzo, P., Hrelia, S., Beghelli, D., Juan-García, A., Juan, C., Caprioli, G., Sagratini, G., Angeloni, C. (2021): Antioxidant and Anti-Inflammatory Profiles of Spent Coffee Ground Extracts for the Treatment of Neurodegeneration. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity* [online]. 2021(1), 1–19. Dostupné z: [10.1155/2021/6620913](https://doi.org/10.1155/2021/6620913)
- Bhattari, S., Janaswamy, S. (2023): Biodegradable, UV-Blocking, and antioxidant films from lignocellulosic fibers of spent coffee grounds. *International Journal of Biological Macromolecules* [online]. 359(2), 1–14. Dostupné z: doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.126798
- Cristofoli, N. L., Lima, A. R., Tchoukouang, R. D. N., Quintino A. C., Vieira, M. C. (2023): Advances in the Food Packaging Production from Agri-Food Waste and By-Products: Market Trends for Sustainable Development. *Sustainability* [online]. 15(7), 1–33. Dostupné z: doi.org/10.3390/su15076153
- Dordevic, D., Dordevic, S., Abdullah, F. A. A., Mader, T., Medimorec, N., Tremlova, B., Kushkevych, I. (2023): Edible/Biodegradable Packaging with the Addition of Spent Coffee Grounds Oil. *Foods* [online]. 12(13), 1–12. Dostupné z: [10.3390/foods12132626](https://doi.org/10.3390/foods12132626)
- Esquivel, P., Jiménez, M. (2012): Functional properties of coffee and coffee by-products. *Food Research International* [online]. 46(2), 488–495. Dostupné z: [10.1016/j.foodres.2011.05.028](https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.05.028)
- International Coffee Organization (2024): Coffee Development Report 2022-23. [online]. [cit. 2025-01-31]. Dostupné z: <https://www.icocoffee.org/documents/cy2024-25/coffee-development-report-2022-23.pdf>
- Leow, Y., Yew, P. Y. M., Chee, P. I., Loh, X. J., Kai, D. (2021): Recycling of spent coffee grounds for useful extracts and green composites. *RSC Advances* [online]. 11(5), 2682–2692. Dostupné z: [10.1039/D0RA09379C](https://doi.org/10.1039/D0RA09379C)
- Ma, M., Gu, M., Zhang, S., Yuan, Y. (2024): Effect of tea polyphenols on chitosan packaging for food preservation: Physicochemical properties, bioactivity, and nutrition. *International Journal of Biological Macromolecules* [online]. 259(2), 1–14. Dostupné z: [10.1016/j.ijbiomac.2024.129267](https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2024.129267)
- Naegele, E. (2016): Determination of Chlorogenic Acid in Coffee Products According to DIN 10767. Application note Agilent 4:2859. [online]. Dostupné z: <https://www.agilent.com/cs/library/applications/5991-2852EN.pdf>
- Pérez-Rosés, R., Risco, E., Vila, R., Peñalver, P., Cañigual, S. (2015): Antioxidant activity of Tween-20 and Tween-80 evaluated through different in-vitro tests. *Journal of Pharmacy and Pharmacology* [online]. 67(5), 666–672. Dostupné z: doi.org/10.1111/jphp.12369
- Pettinato, M., Bolla, M., Campardelli, R., Firpo, G., Perego, P. (2023): Potential Use of PLA-Based Films Loaded with Antioxidant Agents from Spent Coffee Grounds for Preservation of Refrigerated Foods. *Foods* [online]. 12(22), 1–20. Dostupné z: doi.org/10.3390/foods12224167

Tang, P., Li, X., Li, H., Li, J., Tang, B., Zheng, T. (2024): Development of active film based on collagen and hydroxypropyl methylcellulose incorporating apple polyphenol for food packaging. *International Journal of Biological Macromolecules* [online]. 273(1), 1–11. Dostupné z: 10.1016/j.ijbiomac.2024.132960

Vidal, O. L., Tsukui, A., Garrett, R., Rocha-Leão, M. H. M., Carvalho, C. W. P., Freitas, S. P., Moraes de Rezende, C., Ferreira, M. S. L. (2020): Production of bioactive films of carboxymethyl cellulose enriched with green coffee oil and its residues. *International Journal of Biological Macromolecules* [online]. 146:730–738. Dostupné z: 10.1016/j.ijbiomac.2019.10.123

Vigneshwari, R., Dash, S. (2023): Comparative Interaction of Flavonoid Quercetin with Different Tween Surfactants. *ACS Food Science & Technology* [online]. 3(5), 969–980. Dostupné z: 10.1021/acsfoodscitech.3c00105

Zheng, Y., Zi, Y., Shi, C., Gong, H., Zhang, H., Wang, X., Zhong, J. (2023): Tween emulsifiers improved alginate-based dispersions and ionic crosslinked milli-sized capsules. *Npj Science of Food* [online]. 7(33), 1–10. Dostupné z: doi.org/10.1038/s41538-023-00208-z

Kontaktná adresa: Mgr. Dominika Kotianová, Ústav hygieny a technologie potravin rostlinného původu, Fakulta veterinární hygieny a ekologie, VETUNI Brno, Palackého tř. 1946/1, 612 42 Brno, e-mail: kotianovad@vfu.cz