

ANTIOXIDAČNÉ A MECHANICKÉ VLASTNOSTI BIODEGRADOVATEĽNÝCH OBALOV NA BÁZE KARAGÉNANU S PRÍDAVKOM KÁVOVEJ USADENINY

ANTIOXIDANT AND MECHANICAL PROPERTIES OF CARRAGEENAN-BASED BIODEGRADABLE PACKAGING WITH SPENT COFFEE GROUNDS ADDITION

Dominika Kotianová¹ – Valeriia Kovtun¹ – Tomáš Pencák¹

Dani Dordević¹ – Bohuslava Tremlová¹

¹ Ústav hygieny a technológie potravín rastlinného pôvodu, Fakulta veterinárnej hygieny a ekológie,
Veterinárna univerzita Brno, Palackého tř. 1946/1, 612 42 Brno, Česká republika

<https://doi.org/10.11118/978-80-7701-100-6-0181>



ABSTRAKT

Využívanie vedľajších produktov potravinárskeho priemyslu pri výrobe biodegradovateľných obalov predstavuje perspektívny prístup k znižovaniu environmentálnej záťaže a k optimalizácii funkčných vlastností obalových materiálov. Príspevok sa zameriava na hodnotenie vplyvu prídavku sušenej kávovej usadeniny (SCG) na mechanické vlastnosti a obsah polyfenolov v biodegradovateľných obaloch na báze κ -karagénanu. Experimentálne boli pripravené obalové materiály s rôznymi koncentraciami SCG (0,1–0,75 %), ktoré boli porovnávané s kontrolnou vzorkou bez jej prídavku. Mechanické vlastnosti boli hodnotené stanovením pevnosti v ťahu a tuhosti pomocou texturálnej analýzy, zatiaľ čo celkový obsah polyfenolov (TPC) bol stanovený spektrofotometricky. Výsledky preukázali, že prídavok SCG viedol k štatisticky významnému ($p < 0,05$) zvýšeniu obsahu polyfenolov vo všetkých obohatených vzorkách v porovnaní s kontrolou, pričom obsah polyfenolov rástol so zvyšujúcou sa koncentráciou SCG. U mechanických vlastností bol zaznamenaný štatisticky významný ($p < 0,05$) nárast tuhosti materiálu v závislosti od koncentrácie SCG, zatiaľ čo zmeny pevnosti v ťahu neboli štatisticky významné ($p > 0,05$). Získané výsledky poukazujú na to, že prídavok SCG môže zlepšovať funkčné vlastnosti karagénanových obalov a tým podporiť ich uplatnenie v praxi.

Kľúčové slová: SCG, karagénan, cirkulárna ekonomika, TPC, udržateľné obaly

ABSTRACT

The utilization of food industry by-products in the production of biodegradable packaging represents a perspective approach to reducing environmental impact and optimizing functional properties of packaging materials. This study evaluates the effect of adding dried spent coffee grounds (SCG) on the mechanical properties and polyphenol content of κ -carrageenan-based biodegradable packaging. Packaging materials were prepared with various SCG concentrations (0.1–0.75%) and compared to a control sample without the additive. Mechanical properties were evaluated by determining tensile strength and toughness using texture analysis, while the total polyphenol content (TPC) was determined spectrophotometrically. The results demonstrated that the addition of SCG led to a statistically significant ($p < 0.05$) increase in polyphenol content in all enriched samples compared to the control, with values rising alongside the increasing concentration of SCG. Regarding mechanical properties, a statistically significant ($p < 0.05$) increase in material toughness was recorded depending on SCG concentration, whereas changes in tensile strength were not statistically significant ($p > 0.05$). The results demonstrate that SCG addition enhances the functional properties of carrageenan packaging, advancing its potential for practical industry applications.

Keywords: SCG, carrageenan, circular economy, TPC, sustainable packaging

ÚVOD

Syntetické polyméry sa vďaka svojim výborným vlastnostiam a jednoduchej dostupnosti stali bežnou súčasťou mnohých priemyselných odvetví. Rastúca spotreba týchto obalových materiálov však viedla k nárastu produkcie plastového odpadu, ktorý vzhľadom na svoju vysokú odolnosť voči degradácii predstavuje vážny environmentálny problém (Evode et al., 2021). Z tohto dôvodu sa v posledných rokoch výskum intenzívne zameriava na vývoj udržateľnejších alternatív. Jednou z perspektívnych možností sú biodegradovateľné obaly vyrobené z prírodných biopolymérov, ktoré by mohli po optimalizácii poskytovať porovnateľnú funkčnosť so syntetickými materiálmi a zároveň znižovať negatívny vplyv na životné prostredie (Dordevic et al., 2023). Spomedzi biopolymérov sa do popredia dostáva práve karagénan, polysacharid získavaný z červených morských rias, a to najmä pre svoje výborné filmotvorné vlastnosti, transparentnosť a obnoviteľnosť (Ramadas et al., 2024). Napriek týmto výhodám vykazujú obaly na báze karagénanu viaceré nedostatky, ktoré obmedzujú ich využitie v praxi. V porovnaní so syntetickými polymérmi sa vyznačujú nižšou mechanickou pevnosťou, vyššou krehkosťou a menej účinnými bariérovými vlastnosťami (Liu et al., 2023). Výskumy však poukazujú na to, že tieto vlastnosti je možné zlepšiť pridaním rastlinných extraktov alebo vedľajších produktov potravinárskeho priemyslu, ktoré sú bohaté na bioaktívne látky (Khan a Iqbal, 2023).

Kávový priemysel každoročne vyprodukuje približne 6 miliónov ton kábovej usadeniny (SCG – Spent Coffee Ground), ktorá predstavuje významný odpadný produkt s environmentálnymi aj ekonomickými dopadmi (Dari et al., 2025). Hoci ide o vedľajší produkt potravinárskej výroby, SCG je stále bohatým zdrojom cenných zložiek, ako sú lignocelulóza, bielkoviny, lipidy a polyfenoly (Kovalcik et al., 2018). Mnohé štúdie zároveň poukazujú na to, že SCG vykazuje významné funkčné vlastnosti, napríklad antioxidačnú aktivitu, antimikrobiálne vlastnosti a schopnosť absorbovať UV žiarenie (Zhang et al., 2023; Bhattarai a Janaswamy, 2023). Vďaka týmto vlastnostiam a ľahkej dostupnosti sa SCG javí ako perspektívna surovina pre vývoj funkčných biologicky rozložiteľných materiálov. Z hľadiska použiteľnosti biodegradovateľných obalových materiálov v praxi sú kľúčové nie len vyššie uvedené vlastnosti, ale aj mechanické parametre, ako pevnosť v ťahu a tuhosť. Zapracovanie rastlinných zložiek do matrice môže tieto vlastnosti priaznivo ovplyvňovať, a to viacerými mechanizmami, napríklad zlepšením prenosu napätia na rozhraní pridanej zložky a matrice, zmenou pohyblivosti polymérnych reťazcov alebo úpravou mikroštruktúry filmu (Sanyang et al., 2016).

Cieľom tohto výskumu bolo zhodnotiť vplyv prídavku rôznych koncentrácií sušenej SCG na mechanické vlastnosti, konkrétne pevnosť v ťahu a tuhosť, a na obsah polyfenolov v experimentálne pripravených biodegradovateľných obaloch na báze karagénanu.

MATERIÁL A METODIKA

Na účely experimentu bola použitá SCG (zmes 50 % Arabika a 50 % Robusta), pochádzajúca z lokálnej mobilnej kaviarne v Brne. SCG bola po vysušení skladovaná pri teplote $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$, z dôvodu zachovania jej čerstvosti.

Príprava biodegradovateľných obalov

Na prípravu kontrolnej vzorky bolo navážených 0,9 g κ -karagénanu, ktorý bol následne umiestnený do laboratórnej kadičky spolu so 135 ml destilovanej vody. Zmes bola miešaná na magnetickom miešadle s výhrevnou doskou (Benchmark Hotplate Stirrer, Edison, USA) pri teplote $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ a rýchlosti 900 otáčok za minútu po dobu 10 minút, do úplného rozpustenia κ -karagénanu. Následne bolo pridaných 0,75 ml glycerolu a zmes bola miešaná ďalších 5 minút. Po uplynutí tejto doby bol pripravený roztok naliaty do Petriho misky s priemerom 18 cm. Biologicky rozložiteľné obaly boli následne sušené po dobu 48 hodín. Vzorky s prídavkom sušenej SCG boli pripravované identickým spôsobom ako kontrolná vzorka, avšak s pridaním

príslušného množstva vysušenej SCG do zmesi destilovanej vody a κ -karagénanu tesne pred umiestnením na magnetické miešadlo s výhrevnou doskou. Presné zloženie jednotlivých vzoriek (KL 0,1 %, KL 0,25 %, KL 0,5 % a KL 0,75 %) je uvedené v tabuľke 1.

Tabuľka 1: Zloženie vzoriek biologicky rozložiteľných obalov.

Vzorka	Základné zloženie
Kontrola	0,9 g κ -karagénanu + 135 ml destilovaná voda + 0,75 ml glycerolu + 0 g SCG
KL 0,1 %	0,9 g κ -karagénanu + 135 ml destilovaná voda + 0,75 ml glycerolu + 0,135 g SCG
KL 0,25 %	0,9 g κ -karagénanu + 135 ml destilovaná voda + 0,75 ml glycerolu + 0,338 g SCG
KL 0,5 %	0,9 g κ -karagénanu + 135 ml destilovaná voda + 0,75 ml glycerolu + 0,675 g SCG
KL 0,75 %	0,9 g κ -karagénanu + 135 ml destilovaná voda + 0,75 ml glycerolu + 1,013 g SCG

Príprava extraktov

Na prípravu extraktov bolo navážaných 0,1 g vzorky, ku ktorej bolo pridaných 20 ml roztoku ethanolu a vody, pripraveného v pomere 1:1. Vzorky boli v ďalšom kroku umiestnené do ultrazvukovej vodnej lázne, kde boli ponechané po dobu 30 minút a následne prefiltrované cez mikrofilter. Takto pripravené extrakty boli využité na analýzu celkového obsahu polyfenolov.

Celkový obsah polyfenolov (TPC – Total Polyphenolic Content)

Na stanovenie celkového obsahu polyfenolov vo vzorkách bola využitá optimalizovaná metodika Folin-Ciocalteu podľa Tomadoniho et al. (2016). Každá vzorka bola pripravená napipetovaním 1 ml extraktu do odmernej banky o objeme 25 ml. K extraktu bolo nasledovne pridaných 5 ml Folin Ciocalteu roztoku, nariadeného v pomere 1:10, a 4 ml 7,5% Na_2CO_3 . Inkubácia vzoriek prebiehala po dobu 30 minút, v tme. Absorbancia bola spektrofotometricky (Cecil CE, Cambridge, England) stanovená pri vlnovej dĺžke 765 nm oproti slepej vzorke, ktorá bola pripravená rovnakým spôsobom ako vzorky, pričom 1 ml extraktu bol nahradený 1 ml roztoku ethanol-voda (1:1). Výsledky merania boli vyjadrené ako obsah kyseliny gallovej v $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ vzorky.

Analýza textúry

Mechanické vlastnosti experimentálne pripravených obalov boli analyzované využitím textúrometra (TA.XT plus Texture Analyzer, Stable Micro Systems Ltd., Godalming, UK). Na ich stanovenie boli do prístroja vložené vystrihnuté pásy obalov s rozmermi 1×5 cm. Analýza bola realizovaná na 5 vzorkách z každého typu obalu. Pevnosť vzorky v ťahu (Tensile Strenght) bola vyjadrená v MPa a tuhosť vzorky (Toughness) v $\text{MJ} \cdot \text{m}^{-3}$.

Štatistické spracovanie výsledkov

Štatistická analýza bola vykonaná z nameraných hodnôt pomocou softvéru SPSS (verzia 23.0, SPSS, Chicago, IL, USA). Výsledné hodnoty boli vyhodnotené využitím one-way analýzy rozptylu (ANOVA), a bol zisťovaný štatisticky významný rozdiel medzi vzorkami ($p < 0,05$) na základe výsledkov Levene testu. Pokiaľ vyšla hodnota podľa Levene testu $p < 0,05$, bol použitý neparametrický Gamel - Howell test. V prípade, že bola zistená hodnota $p > 0,05$, bol použitý parametrický Tukey test. Zistené štatisticky významné rozdiely sú uvedené v tabuľkách ako malé písmená v hornom indexe pri číselných hodnotách.

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Analýza celkového obsahu polyfenolických látok (TPC) potvrdila súvislosť medzi množstvom pridanej SCG a antioxidačným potenciálom pripravených vzoriek biodegradovateľných obalov. Z nameraných hodnôt v tabuľke 2 vyplýva, že prídavok SCG viedol k štatisticky významnému ($p < 0,05$) zvýšeniu celkového obsahu polyfenolov vo všetkých obohatených vzorkách v porovnaní s kontrolnou vzorkou, pričom namerané hodnoty sa pohybovali v rozmedzí 1,31–5,57 $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$. Tieto výsledky korešpondujú aj s inými štúdiami zameranými na

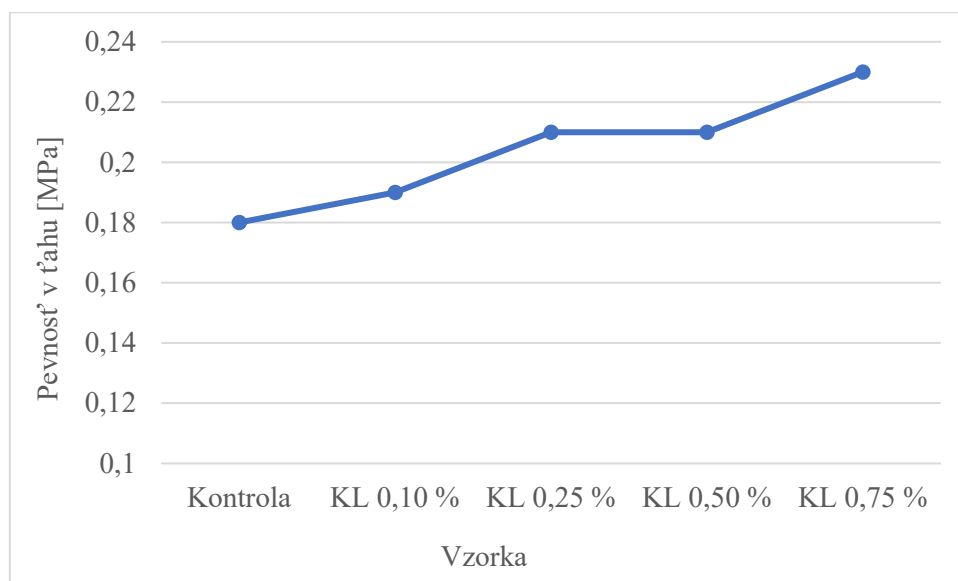
obohatenie biodegradovateľných obalových materiálov využitím SCG. V nich sa obsah polyfenolov vo finálnych materiáloch pohybuje v pomerne širokom rozmedzí, pričom môže dosiahnuť až 33,79 mg·g⁻¹, a to v závislosti od formy použitia SCG alebo spôsobu jej extrakcie (Dordevic et al., 2024; Brzezińska et al., 2023). Získané výsledky naznačujú, že fenolické zlúčeniny zo SCG sa počas prípravy filmu účinne uvoľnili a inkorporovali do obalovej matrice, čo je dôležité z hľadiska funkčnosť materiálu. Prítomnosť polyfenolov totiž podporuje antioxidačný potenciál a môže sa premietiť aj do ďalších fyzikálno-chemických a mechanických vlastností filmu, čo potvrdzujú aj viaceré práce zamerané na obaly obohatené o rastlinné polyfenoly (Ghandi et al., 2025; Dutta et al., 2025). V rámci experimentu bola taktiež spozorovaná prítomnosť nízkych koncentrácií polyfenolov v kontrolnej vzorke, ktorú možno pripísať samotnému charakteru použitého biopolyméru. Podľa štúdie Rocha de Souza et al. (2007) polysacharidy pochádzajúce z červených rias, akým je aj v našej štúdii použitý κ -karagénan, vykazujú prirodzenú antioxidačnú aktivitu, ktorá je pripisovaná prítomnosti a počtu sulfátových skupín v ich chemickej štruktúre.

Tabuľka 2: Celkový obsah polyfenolických látok vo vzorkách obalov

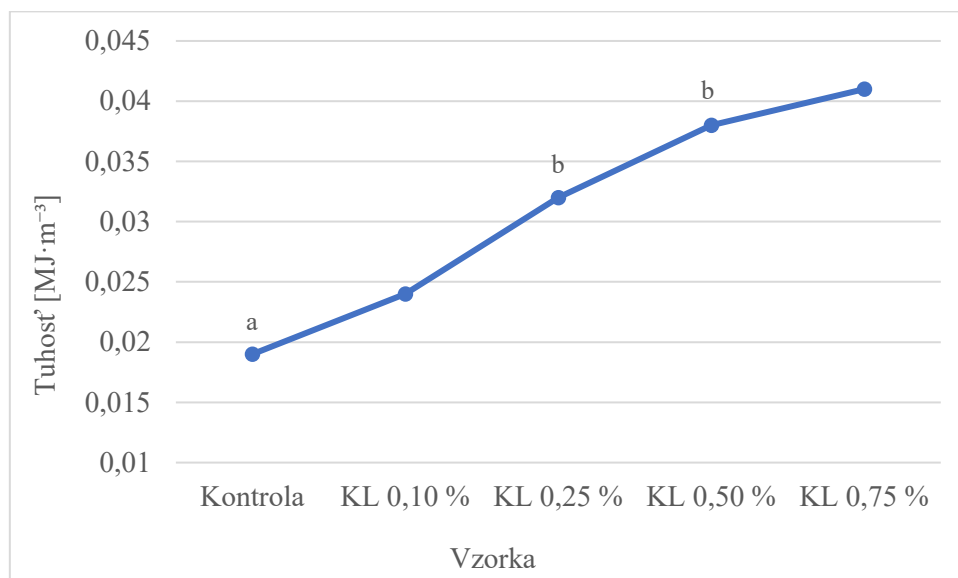
Vzorka	TPC [kys. gallová mg·g ⁻¹]
Kontrola	0,06 ± 0,02 ^a
KL 0,10 %	1,31 ± 0,11 ^b
KL 0,25 %	2,63 ± 0,02 ^c
KL 0,50 %	4,11 ± 0,02 ^d
KL 0,75 %	5,57 ± 0,04 ^e

Legenda: Malé písmená v hornom indexe značia štatisticky významný rozdiel ($p < 0,05$) v rámci stĺpca

Mechanické vlastnosti predstavujú kľúčový faktor ovplyvňujúci použiteľnosť biodegradovateľných obalov v praxi, a to predovšetkým z hľadiska ochrany potravín počas ich výroby, transportu a následného skladovania bez toho, aby došlo k ich poškodeniu. Pevnosť v ťahu a tuhosť patria medzi základné parametre používané pri hodnotení týchto vlastností, pričom sú úzko spojené s chemickým zložením obalových materiálov. Pevnosť v ťahu vyjadruje maximálne napätie, ktorému je schopný obalový materiál odolať (Shah et al., 2023). Tuhosť naopak popisuje schopnosť materiálu pohlcovať energiu a plasticky sa deformovať bez toho, aby došlo k jeho porušeniu (Zhang a Zhang, 2012).



Obrázok 1: Výsledky stanovenia pevnosti v ťahu biodegradovateľných obalov.



Obrázok 2: Výsledky stanovenia tuhosti biodegradovateľných obalov.

Na základe meraní mechanických vlastností experimentálne pripravených biodegradovateľných obalov boli zaznamenané zmeny sledovaných parametrov v závislosti od koncentrácie pridanej SCG. Avšak napriek tomu, že so zvýšeným prídavkom SCG došlo k zvýšeniu výsledných hodnôt parametru pevnosti (obr. 1), v rámci štatistickej analýzy neboli medzi jednotlivými obohatenými vzorkami experimentálne pripravených obalov preukázané štatisticky významné rozdiely. Naopak, tuhosť materiálu (obr. 2) vykazovala výrazný a štatisticky významný ($p < 0,05$) dávkovo závislý vzostup, s hodnotami rastúcimi z $0,019 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-3}$ u kontrolnej vzorky až po $0,041 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-3}$ pri najvyššej testovanej koncentrácii, pričom významné zmeny v porovnaní s kontrolou sa prejavili už pri koncentrácii 0,25 % SCG.

Rozdielny účinok SCG na pevnosť v ťahu a tuhosť by bolo možné pripísať forme, v akej bola táto surovina inkorporovaná do polymérovej matrice. Keďže bola SCG použitá v jej prirodzenej vysušenej forme, bez iných úprav, častice sa mohli v materiáli rozložiť nerovnomerne a nevytvárali dostatočne silné spojenie s polymérom. Tento výsledok by bolo možné ďalej vysvetliť aj prítomnosťou zostatkového oleja v sušenej SCG, ktorý mohol pôsobiť ako plastifikátor, a tým nepriaznivo ovplyvniť pevnosť v ťahu. V literatúre sa uvádza, že prídavok olejov do karagénanových filmov môže viesť k poklesu pevnosti v ťahu, keďže olej zvyšuje pohyblivosť reťazcov, zväčšuje intermolekulové rozostupy a oslabuje vodíkové väzby (Sandhu et al., 2020). Avšak, tento efekt môže byť výrazne ovplyvnený aj typom využitého polyméru, kedy je v štúdiu od Lombo Vidal et al. (2020) popísané, že u filmov na báze karboxylmetylcelulózy, sa pevnosť v ťahu po prídavku oleja zo zelenej kávy nezhoršila. A pri použití kukuričného škrobu bolo dokonca spozorovaný nárast pevnosti v ťahu po prídavku oleja zo zelenej kávy (Wang et al., 2022). Výsledky dosiahnuté v tejto štúdii sú v súlade so štúdiou Dordevic et al. (2024), kde po prídavku SCG emulzie do karagénanovej matrice došlo k štatisticky nevýznamným zmenám pevnosti v ťahu u obohatených vzoriek.

ZÁVER

Výsledky tejto práce potvrdili, že sušená SCG je perspektívnym aditívom pre vývoj obalových materiálov na báze κ -karagénanu. Zlepšenie sledovaných vlastností, najmä nárast antioxidačného potenciálu a mechanickej tuhosti, sa podarilo dosiahnuť už priamym prídavkom SCG bez predchádzajúcej úpravy, čo výrazne zjednodušuje technologický postup prípravy biodegradovateľných obalových materiálov. Vzhľadom na zvýšený obsah polyfenolov by mohli takto pripravené materiály, po ďalšej optimalizácii, nájsť uplatnenie v aktívnom balení potravín.

POĎAKOVANIE

Tento príspevok bol spracovaný s podporou projektu 2024ITA25, Veterinární univerzita Brno, Česká republika.

LITERATÚRA

- Bhattacharai, S., Janaswamy, S. (2023): Biodegradable, UV-blocking, and antioxidant films from lignocellulosic fibers of spent coffee grounds. *International Journal of Biological Macromolecules*, 249, 126798. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.126798>
- Brzezińska, R., Górská, A., Wirkowska-Vojdyla, M., Ostrowska-Ligeza, E. (2023): Spent Coffee Grounds – A Coffee By-Product Abundant in Bioactive Compounds with Antioxidant Properties. *Biology and Life Science Forum*, 23(1). 1–7. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/Foods2023-15048>
- Dari, D. N., Da Silva, L. F., Júnior, A. M. B. L., Freitas, I. S., Da Silva Aires, F. I., Dos Santos, J. C. S. (2025): Spent coffee grounds: Insights and future prospects for bioenergy and circular economy applications. *Green Technologies and Sustainability*, 3(4), 100213. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.grets.2025.100213>
- Dordevic, D., Gablo, N., Zelenkova, L., Dordevic, S., Tremlova, B. (2024): Utilization of spent coffee grounds as a food by-product to produce edible films based on κ -carrageenan with biodegradable and active properties. *Foods*, 13(12), 1833. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/foods13121833>
- Dordevic, S., Dordevic, D., Danilović, B., Tremlová, B., Gablo, N. (2023): Development of edible/biodegradable packaging based on κ -carrageenan with spent coffee grounds as active additives. *Advanced Technologies*, 12(2), 56–63. Dostupné z: <https://doi.org/10.5937/savteh2302056d>
- Dutta, K., Förster, C. Y., Orlova, O. Y., Dandekar, T., Skorb, E. V., Shityakov, S. (2025): Natural polyphenols for sustainable active, smart, and intelligent food packaging: a structured narrative review. *Frontiers in Food Science and Technology*, 5, 1–15. Dostupné z: <https://doi.org/10.3389/frfst.2025.1604816>
- Evode, N., Qamar, S. A., Bilal, M., Barceló, D., Iqbal, H. M. N. (2021): Plastic waste and its management strategies for environmental sustainability. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, 4(4), 1–8. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.cscee.2021.100142>
- Ghandi, S., Kuryntseva, P., Ghosh, M. (2025): Sustainable Antioxidant Cassava Starch–Pectin Films Functionalized With Guava Peel Nanoparticles for Food Packaging. *Packaging Technology and Science*, 39, 107–123. Dostupné z: <https://doi.org/10.1002/pts.70024>
- Khan, S., Iqbal, A. (2023): Organic polymers revolution: Applications and formation strategies, and future perspectives. *Journal of Polymer Science and Engineering*, 6(1), 1–25. Dostupné z: <https://doi.org/10.24294/jpse.v6i1.3125>
- Kovalcik, A., Obruca, S., Marova, I. (2018): Valorization of spent coffee grounds: A review. *Food and Bioproducts Processing*, 110, 104–119. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2018.05.002>
- Liu, Z. B., Liu, J., He, S., Shao, W. (2023): Constructing a biodegradable carrageenan based food packaging film according to the synergistic strategies between peppermint essential oil and thymol. *International Journal of Biological Macromolecules*, 253, 127537. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.127537>
- Lombo Vidal, O., Tsukui, A., Garrett, R., Miguez Rocha-Leão, M.H., Piler Carvalho, C.W., Pereira Freitas, S., Moraes De Rezende, C., Simões Larráz Ferreira, M. (2020): Production of Bioactive Films of Carboxymethyl Cellulose Enriched with Green Coffee Oil and Its Residues. *International Journal of Biological Macromolecules*, 146, 730–738. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.10.123>

- Ramadas, B. K., Rhim, J. W., Roy, S. (2024): Recent progress of carrageenan-based composite films in active and intelligent food packaging applications. *Polymers*, 16(7), 1001.
Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/polym16071001>
- Rocha De Souza, M. C., Marques, C. T., Guerra Dore, C. M., Ferreira Da Silva, F. R., Oliveira Rocha, H. A., Leite, E. L. (2007): Antioxidant Activities of Sulfated Polysaccharides from Brown and Red Seaweeds. *Journal of Applied Phycology*, 19, 153–160. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s10811-006-9121-z>
- Sandhu, K. S., Sharma, L., Kaur, M., Kaur, R. (2020): Physical, Structural and Thermal Properties of Composite Edible Films Prepared from Pearl Millet Starch and Carrageenan Gum: Process Optimization Using Response Surface Methodology. *International Journal of Biological Macromolecules*, 143, 704–713. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.09.111>
- Sanyang, M. L., Sapuan, S. M., Jawaid, M., Ishak, M. R., Sahari, J. (2016): Recent developments in sugar palm (*Arenga pinnata*) based biocomposites and their potential industrial applications: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 54, 533–549. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.10.037>
- Shah, Y. A., Bhatia, S., Al-Harrasi, A., Afzaal, M., Saeed, F., Anwer, M. K., Khan, M. R., Jawad, M., Akram, N., Faisal, Z. (2023): Mechanical Properties of Protein-Based Food Packaging Materials. *Polymers*, 15, 1724. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/polym15071724>
- Tomadoni, B., Cassani, L., Ponce, A., Moreira, M. R., Agüero, M. V. (2016): Optimization of Ultrasound, Vanillin and Pomegranate Extract Treatment for Shelf-Stable Unpasteurized Strawberry Juice. *LWT – Food Science and Technology*, 72, 475–484. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.05.024>
- Wang, Y., Wang, X., Hu, G., Al-Romaima, A., Liu, X., Bai, X., Li, J., Li, Z., Qiu, M. (2022): Effect of Green Coffee Oil as a Natural Active Emulsifying Agent on the Properties of Corn Starch-Based Films. *LWT – Food Science and Technology*, 170, 114087. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.114087>
- Zhang, S., Zhang, J. (2012): Toughness evaluation of hard coatings and thin films. *Thin Solid Films*, 520(7), 2375–2389. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.tsf.2011.09.036>
- Zhang, S. P., Zhang, X., Wan, X., Zhang, H., Tian, J. (2023): Fabrication of biodegradable films with UV-blocking and high-strength properties from spent coffee grounds. *Carbohydrate Polymers* [online], 321, 121290. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2023.121290>

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