

FYZIKÁLNE A ORGANOLEPTICKÉ VLASTNOSTI JEDLÝCH GÉLOV

PHYSICAL AND ORGANOLEPTIC PROPERTIES OF EDIBLE GELS

Melina Korčok¹ – Peter Hlaváč² – Miroslav Veverka³ – Vladimír Vietoris¹

¹ Ústav potravinárstva, Fakulta biotechnológie a potravinárstva, Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra, Slovensko

² Ústav elektrotechniky, automatizácie, informatiky a fyziky, Technická fakulta, Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra, Slovensko

³ Certex, a.s., Bratislava, Slovensko

<https://doi.org/10.11118/978-80-7701-100-6-0167>



ABSTRAKT

S rastúcim počtom seniorov sa zvyšuje potreba vyvíjať bezpečné a nutrične vyvážené potraviny, ktoré sú prispôbené špecifickým potrebám tejto vekovej kategórie. Fyziologické a patologické zmeny, najmä v ústnej dutine, môžu seniorom spôsobovať ťažkosti pri konzumácii tvrdých alebo lepkavých potravín, čím sa zvyšuje riziko zdravotných komplikácií. V tomto kontexte sa jedlé gély stávajú sľubnou formou potravy a výživových doplnkov, nakoľko ponúkajú textúru, ktorá je jednoduchá a bezpečná na konzumáciu. Gélová matrica môže byť obohatená o biologicky aktívne látky, vlákninu a ďalšie živiny, ktoré prispievajú k udržaniu zdravia seniorov a prevencii podvýživy. Na tvorbu gélov je možné využiť gélotvorné polysacharidy, ako sú arabinogalaktán (AG) a beta-glukán (BG). Boli zistené štatisticky významné rozdiely medzi hydrogélmi na báze AG a BG, a to v rámci fyzikálnych (viskozita, textúra) a organoleptických vlastností. Výsledky naznačujú, že pri vývoji gélových produktov pre seniorov je kľúčové zohľadniť nielen fyzikálne vlastnosti, ale aj senzorické aspekty, ako je tekutosť, intenzita horkej chuti a príchuti, ktoré výrazne ovplyvňujú prijateľnosť týchto produktov.

Kľúčové slová: jedlé gély, beta-glukán, arabinogalaktán, textúra, viskozita, senzorická analýza

ABSTRACT

With the growing number of seniors, there is an increasing need to develop safe and nutritionally balanced foods that are tailored to the specific needs of this age group. Physiological and pathological changes, particularly in the oral cavity, can make it difficult for seniors to eat hard or sticky foods, increasing the risk of health complications. In this context, edible gels are becoming a promising form of food and nutritional supplements as they offer a texture that is easy and safe to consume. The gel matrix can be enriched with biologically active substances, fiber, and other nutrients that contribute to seniors' health and prevent nutritional deficiencies. Gel-forming polysaccharides such as arabinogalactan (AG) and beta-glucan (BG) can be used to formulate gels. Statistically significant differences were found between AG and BG-based hydrogels in terms of physical (viscosity, texture) and organoleptic properties. The results suggest that when developing gel products for seniors, it is crucial to consider not only physical properties but also sensory aspects such as fluidity, intensity of bitter taste, and flavor, which significantly influence the acceptability of these products.

Keywords: edible gels, beta-glucan, arabinogalactan, texture, viscosity, sensory analysis

ÚVOD

Potravinárske gély sú trojrozmerné polymérne štruktúry s vysokým obsahom vody, ktoré si zachovávajú svoj tvar a odolnosť voči tlaku, čím získavajú mechanickú stabilitu. Na trhu existuje množstvo potravinárskych výrobkov v podobe gélu, ako sú džemy, želé, dezerty, cukrovinky, energetické gély pre športovcov a produkty na báze ovocia alebo zeleniny (Banerjee a Bhattacharya, 2012). V potravinárskom priemysle sa najčastejšie ako gélotvorné látky používajú bielkoviny a polysacharidy. Gély získavajú v tomto odvetví čoraz väčšiu popularitu vďaka vlastnostiam ako je biokompatibilita, biologická odbúrateľnosť a stráviteľnosť a používajú sa napríklad pri balení potravín ako jedlé nátery alebo systémy s kontrolovaným uvoľňovaním látok (Pascuta et al., 2022). S rastúcou životnou úrovňou rastie dopyt po výživných, bezpečných, spoľahlivých a rozmanitých potravinách vrátane možností prispôbených individuálnym preferenciám (Liu et al., 2024). S rastúcim počtom ľudí vo veku 65 rokov a viac sa zvyšuje význam prispôbenia potravín tejto vekovej skupine, aby sa minimalizovali riziká spojené s ich konzumáciou. Zmeny v ústnej dutine súvisiace so starnutím si vyžadujú dôkladné zváženie vhodnosti textúry potravín pre starších dospelých. Tvrdé alebo suché potraviny môžu byť pre seniorov nebezpečné a náročné na konzumáciu, nakoľko ich spracovanie na dostatočne malé častice pre bezpečné prehĺtnutie je zložité. Nebezpečné môžu byť aj lepkavé a priľnavé potraviny, ktorých konzumácia môže zvyšovať riziko udusenía a hromadenia potravinových zvyškov. Medzi ideálne texturálne vlastnosti potravín pre starších ľudí patrí mäkkosť, vlhkosť a jednoduché spracovanie v ústnej dutine s minimálnou námahou pri žuvaní (Cichero, 2016). Potravinársky priemysel a vlády si stále viac uvedomujú súvislosť medzi zdravým starnutím a výživou, preto sa na trh postupne uvádzajú produkty špeciálne prispôbené potrebám staršej populácie (Szakos et al., 2020). Konzumácia potravín s vyváženým obsahom makronutrientov a kľúčových mikronutrientov môže prispieť k prevencii zdravotných problémov spojených so starnutím. Pre seniorov, najmä tých s poruchami stravovania, sú vhodné aj potraviny s upravenou textúrou obohatené o potrebné živiny. Jedlé gély nachádzajú v tejto oblasti čoraz častejšie uplatnenie. Gélové výrobky sú účinnými nosičmi prospešných látok pre seniorov, ako sú napríklad biologicky aktívne látky, vláknina a chuťové látky (Qin et al., 2024).

MATERIÁL A METODIKA

Príprava vzoriek

Podľa postupu definovaného v úžitkovom vzore č. 9963 (Veverka et al., 2024) boli pripravené vzorky jedlých gélov na báze arabinogalaktánu (AG) a beta-glukánu (BG). Formulácia jedlého BG gélu pozostávala z BG (*Pleurotus ostreatus*; Natures Ltd.; Trnava, Slovensko), hydroxypropylmetylcelulózy (Sigma-Aldrich; St. Louis, MO, USA), sladidla (palatinóza; All media group s.r.o.; Bratislava, Slovensko), sacharózy, kyseliny citrónovej, sorbanu draselného, destilovanej vody a vanilkovej príchuti (Aroco, s.r.o.; Praha, Česká republika). Pre formuláciu AG gélu bol namiesto BG použitý AG (*Larix sibirica*; Favorskii Irkutsk Institute of Chemistry, Siberian Branch, Irkutsk, Rusko), pričom ostatné zložky zostali nezmenené.

Stanovenie fyzikálnych vlastností

Dynamická viskozita bola stanovená pomocou rotačného viskozimetra Brookfield DV2T (Engineering Laboratories, Inc., Middleboro, MA, USA) s použitím vretna T-B (92) pri 200 otáčkach za minútu. Analýza sa uskutočnila pri teplote $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$. Všetky merania boli vykonané v troch opakovaniach. Texturálne vlastnosti jedlých gélov boli analyzované pomocou texturometra TA.XT. plus (Stable Micro Systems, Surrey, UK). Do nádoby s priemerom 40 mm bolo navážení 40 g vzorky a meranie sa uskutočnilo pri teplote $20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Pred začiatkom analýzy bola kalibrovaná výška sondy. Každá vzorka bola analyzovaná v troch opakovaniach.

Senzorické hodnotenie

Senzorické hodnotenie sa uskutočnilo v senzorickom laboratóriu na Ústave potravinárstva, Fakulty biotechnológie a potravinových zdrojov, Slovenskej poľnohospodárskej univerzity v Nitre. Hodnotenia sa zúčastnilo 15 seniorov vo veku 65 až 76 rokov, z ktorých tretinu tvorili muži a dve tretiny ženy. Pred samotným hodnotením hodnotitelia boli zaškolení ohľadom postupu hodnotenia a hodnotených atribútov. Všetci hodnotitelia mali predchádzajúce skúsenosti so senzorickým hodnotením gélových potravín. Na neutralizáciu chuti bola podaná čistá voda. Vzorky s objemom 20 ml boli podávané v plastových pohároch v sekvenčnom poradí a boli označené trojmiestnymi kódmi. Atribúty ako vzhľad, vôňa, chuť, dochuť a celkový dojem boli hodnotené pomocou 9-bodovej hedonickej stupnice (Peryam a Girardot, 1952). Následne hodnotitelia posudzovali pomocou JAR (tak akurát) stupnice vlastnosti ako tekutosť, farbu, intenzitu sladkej a horkej chuti, ako aj intenzitu príchuti.

Štatistické spracovanie výsledkov

Štatistické vyhodnotenie výsledkov sa uskutočnilo pomocou štatistického softvéru XLSTAT (Addinsoft, 2024, New York, NY, USA) a programu Microsoft Excel. Na overenie normality údajov bol použitý Shapiro-Wilkov test. Štatisticky významné rozdiely boli identifikované pomocou parametrického t-testu ($p \geq 0,05$). Údaje získané prostredníctvom JAR škály boli analyzované pomocou penalty analýzy, pričom ako limit bola stanovená hodnota 20 %.

VÝSLEDKY A DISKUSIA

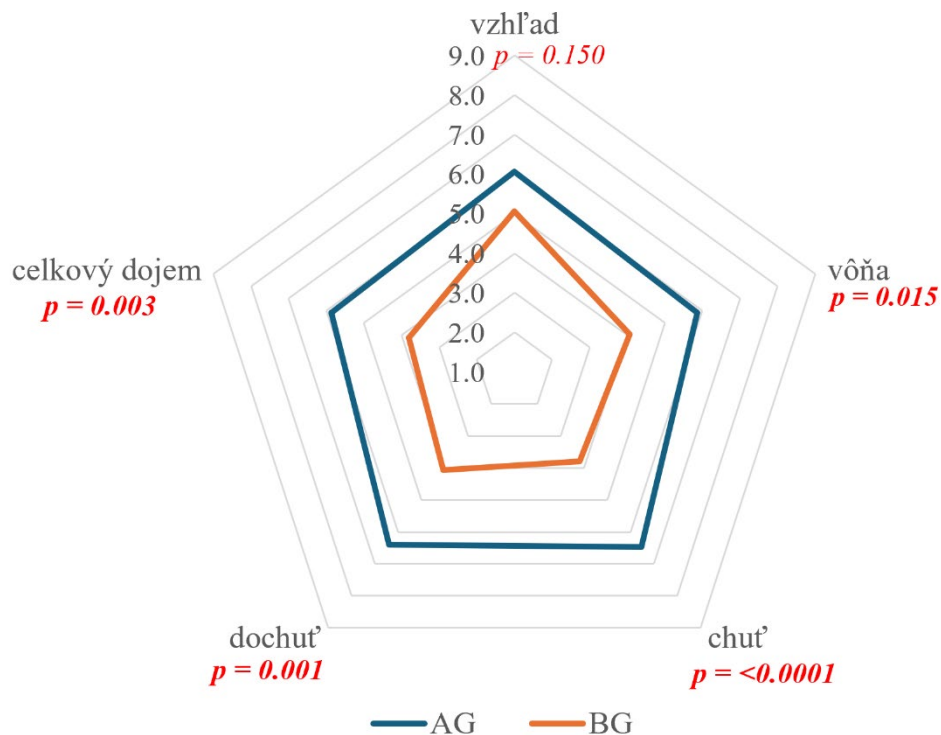
Textúra je dôležitou vlastnosťou gélov, nakoľko funkčnosť gélového materiálu súvisí s jeho reologickým správaním počas spracovania a žuvania (Jakubczyk et al., 2022). Výsledky analýz fyzikálnych vlastností sú uvedené v tabuľke 1. Boli zistené štatisticky významné rozdiely medzi vzorkami vo všetkých hodnotených vlastnostiach. Rozdiely vo viskozite, pevnosti a konzistentnosti medzi AG a BG gémi môžu byť spôsobené rozdielnou molekulovou štruktúrou a interakciami medzi polysacharidmi a vodou (Veverka et al., 2020). BG gély vykazovali viskóznejšiu a pevnejšiu gélovú štruktúru, ktorá bola tiež konzistentnejšia. Pevnú gélovú štruktúru potvrdili aj výsledky práce súdržnosti, ktoré naznačujú schopnosť vzorky zachovať si svoju štruktúru a odolávať deformácii počas testovania (Liu et al., 2007). Pri tekutých a gélových potravinách s nízkou viskozitou je vhodnejšia vyššia súdržnosť, aby sa zabránilo porušeniu homogenity a vytvoreniu niekoľkých malých kvapiek počas prehĺtania (Hadde a Chen, 2019). AG gély, na druhej strane, vykazovali nižšiu viskozitu a pevnosť. Táto vlastnosť môže byť výhodná pri vývoji produktov, ktoré vyžadujú jemnejšiu textúru.

Tabuľka 1: Fyzikálne vlastnosti vzoriek gélového produktu

Vzorka	Viskozita [Pa·s], ± SD	Pevnosť [g], ± SD	Konzistentnosť [g·sec], ± SD	Súdržnosť [g], ± SD	Práca súdržnosti [g·sec], ± SD
AG	1,01 ± 0,02	10,19 ± 0,19	121,56 ± 2,54	-10,23 ± 0,42	-30,60 ± 0,16
BG	1,27 ± 0,01	13,83 ± 0,17	128,59 ± 1,75	-11,59 ± 0,39	-41,80 ± 0,20
<i>p-hodnota</i>	< 0,0001	< 0,0001	0,017	0,014	< 0,0001

Legenda: AG – arabinogalaktán, BG – beta-glukán, SD – smerodajná odchýlka

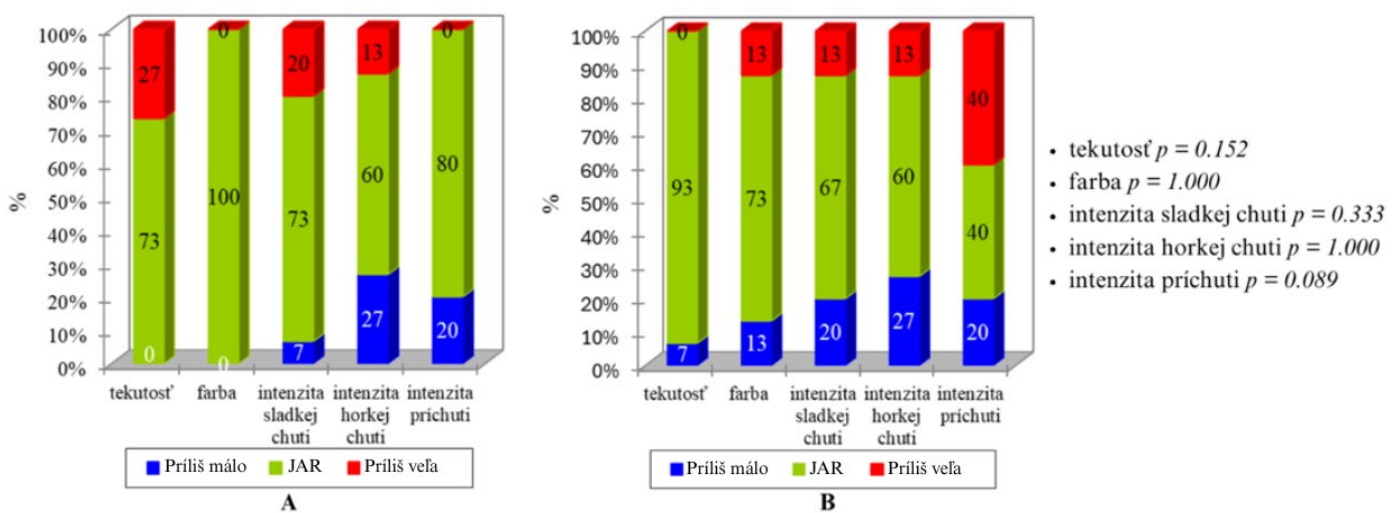
Hodnotitelia rozlične vnímali jedlé gély na báze AG a BG, nakoľko boli zaznamenané štatisticky významné rozdiely v hodnotení AG a BG gélov a to pri atribútoch ako sú vôňa, chuť, dochuť a celkový dojem (obr. 1). Môžeme konštatovať, že pre hodnotiteľov boli AG gély senzoricky prijateľnejšie vo všetkých hodnotených parametroch. AG môže vykazovať neutrálnejší alebo senzoricky prijateľnejší chuťový profil v porovnaní s BG. Predchádzajúce štúdie poukazujú na skutočnosť, že napriek preukázaným zdravotným benefitom je začlenenie BG do niektorých potravinárskych výrobkov výzvou z hľadiska zachovania ich senzorických vlastností a prijateľnosti spotrebiteľmi (Abdul et al., 2024).



Obrázok 1: Výsledky senzoričného hodnotenia jedlých gélov na 9-bodovej hedonickej stupnici

Legenda: AG – arabinogalaktán, BG – beta-glukán, tučným – štatisticky významné rozdiely ($p \geq 0,05$)

Penalty analýzou boli identifikované vlastnosti gélov, ktoré významne ovplyvnili prijateľnosť AG a BG gélov (obr. 2). Hladina významnosti bola stanovená na 20 % (Plaehn, 2013). V prípade AG gélov vyššia tekutosť gélu ovplyvnila jeho prijateľnosť, keďže tento gél vykazoval nižšiu viskozitu a pevnosť. V prípade BG gélov príliš vysoká intenzita príchuťi, ako aj príliš vysoká intenzita horkej chuti ovplyvnili hodnotenie celkového dojmu. Pri atribútoch hodnotených prostredníctvom JAR škále neboli zistené štatisticky významné rozdiely.



Obrázok 2: Výsledky senzoričného hodnotenia jedlých gélov na JAR škále

Legenda: A – jedlý gél na báze arabinogalaktánu; B – jedlý gél na báze beta-glukánu

ZÁVER

Textúra gélov je kľúčovou vlastnosťou, ktorá zásadne ovplyvňuje ich funkčnosť pri manipulácii v ústnej dutine a prehĺtaní. Boli zistené štatisticky významné rozdiely medzi AG a BG géľmi, ktoré sa prejavujú predovšetkým v ich fyzikálnych vlastnostiach, ako sú viskozita, pevnosť a ďalšie texturálne parametre. Hodnotitelia preferovali AG gély z hľadiska organoleptických vlastností, najmä vďaka neutrálnejšiemu chuťovému profilu použitého polysacharidu. Gélotvorné polysacharidy môžu predstavovať efektívnu stratégiu pri vývoji gélových výrobkov, ktoré sú bezpečné a nutrične prospešné, najmä pre starších spotrebiteľov. Rozdiely vo výsledkoch fyzikálnych a senzorických vlastností AG a BG gélov naznačujú, že ich uplatnenie je potrebné prispôbiť konkrétnym vlastnostiam, aby sa maximalizovala ich funkčnosť a prijateľnosť spotrebiteľmi.

POĎAKOVANIE

Táto práca bola podporovaná Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č. APVV-20-0078 "Vývoj potravy a aplikácie na báze jedlého gélu v cieľovom segmente starnúcej populácie".

LITERATÚRA

- Abdul, M., Hameed, K., Alsafah, A. H., Mahdi, H. T. (2024): Beta-Glucan: An Overview of its Properties, Sources, Health Benefits, Immunity, and Extraction Methods. *Kerbala Journal of Pure Sciences*, 21(2). Dostupné z: <https://journals.uokerbala.edu.iq/index.php/UOKJ/article/view/2665>
- Banerjee, S., Bhattacharya, S. (2012): Food Gels: Gelling Process and New Applications. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 52(4), 334–346. Dostupné z: <https://doi.org/10.1080/10408398.2010.500234>
- Cichero, J. A. Y. (2016): Adjustment of Food Textural Properties for Elderly Patients. *Journal of Texture Studies*, 47(4), 277–283. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/JTXS.12200>
- Hadde, E. K., Chen, J. (2021): Texture and texture assessment of thickened fluids and texture-modified food for dysphagia management. *Journal of Texture Studies*, 52(1), 4–15. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/jtxs.12567>
- Jakubczyk, E., Kamińska-Dwórznička, A., Kot, A. (2022): The Rheological Properties and Texture of Agar Gels with Canola Oil—Effect of Mixing Rate and Addition of Lecithin. *Gels*, 8(11), 738. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/GELS8110738>
- Liu, B., Yang, H., Zhu, C., Xiao, J., Cao, H., Simal-Gandara, J., Li, Y., Fan, D., Deng, J. (2024): A comprehensive review of food gels: formation mechanisms, functions, applications, and challenges. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 64(3), 760–782. Dostupné z: <https://doi.org/10.1080/10408398.2022.2108369>
- Liu, H., Xu, X. M., Guo, Sh. D. (2007): Rheological, Texture and Sensory Properties of Low-Fat Mayonnaise with Different Fat Mimetics. *LWT – Food Science and Technology*, 40(6), 946–954. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/J.LWT.2006.11.007>
- Pascuta, M. S., Varvara, R. A., Teleky, B. E., Szabo, K., Plamada, D., Nemeş, S. A., Mitrea, L., Martău, G. A., Ciont, C., Călinoiu, L. F., Barta, G., Vodnar, D. C. (2022): Polysaccharide-Based Edible Gels as Functional Ingredients: Characterization, Applicability, and Human Health Benefits. *Gels*, 8(8), 524. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/GELS8080524>
- Peryam, D., Girardot, N. (1952): Advanced Taste-Test Method. *Food Engineering* 24, 58–61.

Plaehn, D. (2013): What's the Real Penalty in Penalty Analysis? *Food Quality and Preference*, 28(2), 456–469. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/J.FOODQUAL.2012.11.009>

Qin, Y., Pillidge, C., Harrison, B., Adhikari, B. (2024): Pathways in Formulating Foods for the Elderly. *Food Research International*, 186, 114324. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2024.114324>

Szakos, D., Ózsvári, L., Kasza, G. (2020): Perception of Older Adults about Health-Related Functionality of Foods Compared with Other Age Groups. *Sustainability*, 12(7), 2748.

Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/SU12072748>

Veverka, M., Dubaj, T., Gallovič, J., Veverková, E., Šimon, P., Lokaj, J., Jorík, V. (2020): Formulations of Staphylococcus aureus Bacteriophage in Biodegradable Beta-Glucan and Arabinogalactan-Based Matrices. *Journal of Drug Delivery Science and Technology*, 59, 101909.

Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/J.JDDST.2020.101909>

Veverka, M., Vodný, Š., Vietoris, V., Korčok, M. (2024): Jedlé gély dietetických vláknin, spôsob ich prípravy a použitie. Úrad priemyselného vlastníctva Slovenskej republiky [online]. Dostupné z: <https://wbr.indprop.gov.sk/WebRegistre/UzitkovyVzor/Detail/50044-2023?csrt=1275966899610332453>

Kontaktná adresa: Ing. Melina Korčok, Ústav potravinárstva, Fakulta biotechnológie a potravinárstva, Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra, Slovensko, e-mail: xkorcok@uniag.sk