

# VYUŽITIE BIOPOLYMÉROV V TECHNOLOGII BALENIA SYROV

## THE USE OF BIOPOLYMERS IN CHEESE PACKAGING TECHNOLOGY

Jana Tkáčová<sup>1</sup> – Adriana Pavelková<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Ústav potravinárstva, Fakulta biotechnológie a potravinárstva,  
Slovenská poľnohospodárska univerzita, Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra, Slovensko

<https://doi.org/10.11118/978-80-7701-100-6-0399>



### ABSTRAKT

Jedlé obaly na báze biopolymérov sa v posledných rokoch čoraz viac uplatňujú ako technológia vhodná na zvyšovanie bezpečnosti, kvality a trvanlivosti syrov. Pre prípravu jedlých obalov sa využívajú biopolyméry, bielkoviny a polysacharidy. Ich použitie je často limitované mechanickými vlastnosťami. Preto sa hľadajú spôsoby ich vylepšenia. Používajú sa kombinácie jednotlivých biopolymérov. Výskum venuje pozornosť hlavne dostupným polymérom ako je alginát, pektín, chitosan, škrob ako aj možnostiam ich obohatenia o bioaktívne látky a probiotické kultúry, čím sa dosiahnu obaly s antimikrobiálnymi vlastnosťami. Prehľadový článok sa venuje aj spôsobom predlžovania trvanlivosti syrov, bioaktívnym povlakom a perspektívam ďalšieho výskumu v oblasti udržateľného balenia potravín.

*Kľúčové slová: jedlé obaly, biopolyméry, syry*

### ABSTRACT

Edible packaging based on biopolymers have been increasingly used in recent years as a technology suitable for increasing the safety, quality and shelf life of cheeses. Biopolymers of proteins and polysaccharides are used to prepare edible packaging. Their use is often limited by mechanical properties. Therefore, ways of improving them are sought. Combinations of individual biopolymers are used. Research focuses mainly on available polymers such as alginate, pectin, chitosan, starch, as well as on the possibilities of their enrichment with bioactive substances and probiotic cultures, thereby achieving packaging with antimicrobial properties. The review article also discusses methods of extending the shelf life of cheeses, active and bioactive coatings and their perspectives for further research in the field of sustainable food packaging.

*Keywords: edible packaging, biopolymers, cheeses*

### ÚVOD

Syry predstavujú skupinu tradičných fermentovaných mliečnych výrobkov, ktoré sa vyznačujú vysokou nutričnou hodnotou a senzorickou variabilitou. Z pohľadu bezpečnosti však ide o produkty s relatívne krátkou trvanlivosťou, hlavne čo sa týka čerstvých a mäkkých syrov. Syry sú náchylné na mikrobiálne kazenie, oxidáciu lipidov a stratu vlhkosti počas skladovania (Jafarzadeh et al., 2021).

Za účelom výroby a distribúcie kvalitných a bezpečných potravín je potrebné, aby obalové systémy spĺňali také vlastnosti, aby bola zabezpečená ochrana výrobku pred nepriaznivými vplyvmi vonkajšieho prostredia pri skladovaní a distribúcii. Obal okrem toho, že má slúžiť ako ochrana potraviny, má minimálne udržiavať alebo dokonca aj zlepšovať vlastnosti balenej potraviny. Má byť navrhnutý tak, aby plnil ich primárnu funkciu, a to dokázal regulovať prenos kyslíka, oxidu uhličitého a vodnej pary pri zachovaní požadovaných vlastností produktu (Jebraeili et al., 2022; Erdem, 2025). Obal má tvoriť bariéru, aby potravina nebola znehodnotená baktériami, plesňami a kvasinkami (Costa et al., 2018; Jebraeili et al., 2022).

## Jedlé obaly

Jedlé fólie a povlaky sú definované ako tenké vrstvy jedlého materiálu aplikované priamo na povrch potravy alebo môžu byť použité ako samostatný obalový materiál (Jebraeili et al., 2022). Jedlé fólie a povlaky sa považujú podľa Costa et al. (2018) za sľubnú technológiu na zlepšenie kvality a bezpečnosti potravín, pričom sa syrársky priemysel považuje za jeden zo sektorov, kde bude mať dobré uplatnenie (Jafarzadeh et al., 2021). Radia sa medzi perspektívne alternatívy k tradičným obalovým materiálom (Costa et al., 2018), nakoľko sa konzumujú spolu s potravinou (El-Sayed a Youssef, 2024) a predstavujú udržateľnejšie riešenie v porovnaní s konvenčnými obalmi, ako napríklad plasty, nakoľko spĺňajú podmienku biologicky rozložiteľných fólií, a tým podmienku environmentálne udržateľnejšieho odpadu (El-Sayed a Youssef, 2024). Ich použitím dôjde k objemovej redukcii tradičných obalov ako je papier, plast, kov a sklo (Mohamed et al., 2020; Zhao, 2021).

Jedlé povlaky nachádzajú svoje praktické uplatnenie najmä pri výrobe čerstvých syrov, ktorých vysoký obsah vlhkosti a aktívna mikroflóra významne ovplyvňujú ich kvalitu počas skladovania (Mileriené et al., 2021). Práve povrchová kontaminácia plesňami a kvasinkami patrí medzi hlavné faktory zodpovedné za kazenie syrov. Čerstvé syry sú zároveň náchylné na mikrobiologickú kontamináciu po spracovaní a počas manipulácie, čo významne ovplyvňuje ich trvanlivosť. Tieto skutočnosti vysvetľuje rastúci záujem o aplikáciu jedlých povlakov ako alternatívnej stratégie na zlepšenie kvality a predĺženie skladovateľnosti syrov (Cerqueira et al., 2009; Costa, 2018; El-Sayed a Youssef, 2024).

Vystavenie syrov kyslíku spúšťa oxidáciu tukov, ktorá je jedným z hlavných nepriamych faktorov zhoršenia kvality syrov počas skladovania, čo sa prejavuje tvorbou nežiaducich senzorických zmien vrátane zmeny farby, chuti a pod. (Jafarzadeh et al., 2021; Vázquez et al., 2024). Obaly tvoria bariéru medzi syrom a jeho okolitým prostredím. Pôsobia na povrchu ako ochranné bariéry proti fyzikálnym zmenám ako zmena vlhkosti, prenikanie kyslíka, svetla a pôsobia proti prieniku mikroorganizmov (Costa et al., 2018, El-Sayed a Youssef, 2024). Dokonca niektoré štúdie uvádzajú, že môžu zlepšovať farbu a vôňu počas skladovania v porovnaní s konvenčnými obalmi (Chirilli a Torri, 2023).

Aby jedlé obaly spĺňali základnú funkciu, musia potravinu kompaktné pokrývať, materiál povlaku by mal byť nelepivý a ľahko emulgovateľný. Dôležitou vlastnosťou jedlých obalov je to, aby bol obal pachovo neutrálny, aby neovplyvňoval a nenarúšal kvalitu potravín (Jebraeili et al., 2022).

Za dôležitú vlastnosť jedlých fólií a povlakov sa považuje ich schopnosť pôsobiť ako nosič rôznych bioaktívnych zlúčenín, ako sú antimikrobiálne a antioxidačné látky, esenciálne oleje a rastlinné extrakty. Pridaním bioaktívnych látok dochádza k zvýšeniu bezpečnosti potravín znížením rizika kontaminácie patogénmi a dochádza k zlepšeniu senzorickej kvality potravín (Vlčko et al., 2022; Jebraeili et al., 2022; Silva et al., 2023; El-Sayed a Youssef, 2024). Na zlepšenie antimikrobiálnej kvality obalov sa využíva v Európskej únii 160 rastlinných extraktov, ktoré sú všeobecne uznávané ako bezpečné (Mileriene et al., 2021). V praktických podmienkach je potrebné zohľadniť aj fakt, že zvýšené koncentrácie rastlinných extraktov môžu negatívne ovplyvniť senzorické vlastnosti syrov. Preto je potrebná optimalizácia a validácia týchto procesov. Na druhej strane môžu jedlé fólie a povlaky pôsobiť aj ako nosiče mikroorganizmov s probiotickými vlastnosťami (Silva et al., 2023), čo predstavuje sľubnú perspektívu do budúcnosti.

Prvú aplikáciu jedlých náterov/filmov možno datovať do 12. storočia v Číne, kde sa vosky používali na konzerváciu citrusových plodov. Rovnako zlepšovali vzhľad potravín zlepšovaním lesku. Neskôr sa začali používať tuky, ako bravčová masť, na predĺženie trvanlivosti mäsových výrobkov. Z Anglicka sa tento trend preniesol aj do Ameriky, kde v 16. storočí začali používať parafín a karnaubský vosk. Na začiatku 20. storočia sa jedlé nátery/filmy z dôvodu zabránenia straty vlhkosti a na dodanie lesku používali hlavne v zelenine

a ovocí. V uvedenom období sa jedlé obaly začali uplatňovať aj v mäsovom priemysle a pri výrobe cukroviniek (Barbosa et al., 2021; Barbosa et al., 2022; Vlčko et al. 2022).

Na materiály jedlých obalov sú kladené vysoké požiadavky, čo sa týka ich funkčnosti. Ich širšie použitie v praxi si preto vyžaduje ďalšie optimalizácie z hľadiska zloženia a technologickej aplikácie.

### **Biopolyméry**

Biopolyméry predstavujú heterogénnu skupinu prírodných polymérnych materiálov na báze bielkovín, polysacharidov alebo ich kombinácií. Predstavujú ekologickú alternatívu k plastom. Vyrábajú sa z obnoviteľných zdrojov či priemyselných vedľajších produktov. Sú biologicky odbúrateľné, netoxické a biokompatibilné. Vďaka týmto vlastnostiam sú ideálne najmä pre oblasť potravinového balenia, kde zároveň spĺňajú hygienické a funkčné požiadavky (Tavassoli-Kafrani et al., 2020; Pires et al., 2024).

Hlavný dôvod použitia biopolymérov ako jedlých obalov je zlepšenie kvality potravín a predĺženie trvanlivosti. Pozitívne ovplyvňujú kvalitu potravín, nutričné vlastnosti a zlepšujú ich funkčné vlastnosti (Barbosa et al., 2021; Barbosa et al., 2022; Zhao, 2021; Vlčko et al., 2022).

### **Polysacharidy**

Jedlé fólie a povlaky na báze polysacharidov (polysacharidy, ako je pektín, karagenan, alginát, chitosan, deriváty celulózy, škrob a xantánová guma) predstavujú ekologickú alternatívu balenia potravín. Vynikajú šetrnosťou k životnému prostrediu ako ekologický a netoxický materiál na balenie potravín. Sú predmetom intenzívneho vedeckého výskumu v oblasti potravinárskych technológií, a to vďaka ich biologickej odbúrateľnosti, bezpečnosti pre spotrebiteľa, vysokej rozpustnosti vo vodnom prostredí a schopnosti vytvárať senzoricky neutrálne bezfarebné filmy a povlaky s dobrými funkčnými vlastnosťami. Jedlé fólie a povlaky na báze polysacharidov sú ťažšie priepustné pre oxid uhličitý a kyslík (Vlčko et al., 2022; Hashemi et al., 2023).

Napriek mnohým pozitívnym vlastnostiam, ktorými vynikajú polysacharidy, vyznačujú sa aj mnohými nevhodnými vlastnosťami (Zhao et al., 2021), medzi ktoré patrí nízka chemická a tepelná stabilita, čo vyúsťuje do problémov pri ich spracovaní tvarovaním. Jedlé obaly tvorené iba jedným druhom polysacharidu majú zlé mechanické vlastnosti, často sú krehké, ľahko praskajú alebo sa krčia. Po tvarovaní sa výrazne zmršťujú, preto musia byť kombinované s ďalšími materiálmi, ktoré tieto negatívne vlastnosti vylepšujú. Ďalšou nevýhodou je ich vysoká hydrofilnosť, ľahké napučiavanie vplyvom vlhkosti, slabá parozábrana a odolnosť voči vlhkosti. V prostredí s vysokou relatívnou vlhkosťou dochádza k významnému zníženiu mechanickej pevnosti takýchto jedlých obalov. Preto sa často používajú v kombináciách s inými materiálmi, ako sú zmäkčovadlá, napríklad glycerol (Vlčko et al., 2022), čím sa dosiahnu ich lepšie vlastnosti.

Alginát, ako najčastejšie používaný polysacharid na výrobu jedlých filmov, je získavaný z hnedých morských rias (Papadopoulou et al., 2022; Hashemi et al., 2023). Alginátové filmy slúžia ako vhodné matrice na začlenenie účinných látok (Costa et al., 2018). Pridanie  $\text{Ca}^{2+}$  iónov zvyšuje jeho bariérové vlastnosti proti vlhkosti, zvyšuje sa jeho pevnosť. Aplikácie alginátových povlakov s esenciálnymi olejmi preukázali výrazný antimikrobiálny účinok pri aplikácii na rôzne druhy syrov; zlepšujú mikrobiologickú kvalitu syrov vďaka ich antimikrobiálnym vlastnostiam (Erdem, 2025).

Vďaka dobrej dostupnosti a relatívne dobrým vlastnostiam sa na výrobu jedlých potahov využíva pektín, vo vode rozpustný polysacharid. Získava sa z odpadu zo spracovania potravín. Prirodzene obsahuje prírodné antioxidanty a antimikrobiálne látky (Erdem, 2025). Jedlé obaly na báze pektínov boli navrhnuté za účelom plnenia konzervačnej funkcie potravín vzhľadom k ich pozitívnym vlastnostiam – schopnosti vytvárať transparentné a senzoricky neutrálne filmy. Poskytujú bariéru proti stratám oleja,  $\text{O}_2$ ,  $\text{CO}_2$  a prchavých látok.

Experimentálne práce potvrdzujú jeho schopnosť inhibovať rast mikroorganizmov a znižovať oxidáciu lipidov (Lazaridou a Biliaderis, 2018), čo sa prejavuje predĺžením trvanlivosti syrov (Erdem, 2025).

Z pancierov kôrovcov sa získava polymér chitosan deacetyláciou chitínu v alkalických roztokoch. Výhodou chitosanu pri aplikácii v jedlých obaloch je to, že je netoxický, bezpečný, obnoviteľný, biologicky odbúrateľný, bez alergénov. Rozpustnosť chitosanu vo vode je výrazne obmedzená, zatiaľ čo v kyslom prostredí je rozpustný (Hashemi et al., 2023). Na úpravu a zlepšenie jeho vlastností sa spravidla kombinuje s nízkomolekulárnymi látkami, napríklad glycerolom, alebo sa kombinuje s ďalšími prírodnými polymérmi, ako sú polysacharidy, proteíny či lipidy. Takto modifikované jedlé obaly vykazujú vyššiu mechanickú odolnosť, lepšie bariérové vlastnosti (Zhao et al., 2021). Chitosan preukázal bakteriostatické a baktericídne účinky, napr. proti *Escherichia coli* (Paidari et al., 2021; Vlčko et al., 2022). Chitosanové filmy vytvárajú bariéru proti rastu širokého spektra mikroorganizmov. Vďaka tejto vlastnosti získali chitosanové filmy veľkú obľúbenosť (Costa et al., 2018). Výskumy naznačujú, že kombinácia chitosanu ako antibakteriálnej a antioxidačnej látky s inými polymérmi alebo esenciálnymi olejmi (napr. *Mentha longifolia*) zvyšuje jeho účinnosť (Erdem, 2025).

Využitie škrobu ako najrozšírenejšieho rastlinného polysacharidu nachádzame aj pri výrobe jedlých obalov. Škrob je polysacharid tvorený amylozou a amylopektínom (Hao et al., 2024). Škrob na výrobu jedlých obalov sa získava z kukurice, sladkých zemiakov alebo ryže. Okrem týchto tradičných plodín sa používajú aj nekonvenčné rastliny, a to quinoa, semená rastlín, jadrá avokáda. S cieľom zlepšiť špecifické vlastnosti fólie, hlavne zvýšenie mechanickej pevnosti a zníženie priepustnosti vodnej pary tak, aby tieto vlastnosti vyhovovali pre balenie potravín, sa škroby modifikujú. Modifikácia škrobu sa zvyčajne delí na fyzikálnu a chemickú modifikáciu (Wang et al., 2025). V posledných rokoch sa termoplastický škrob uvádza ako perspektívny polymér pre jedlé obaly vzhľadom na jeho širokú dostupnosť, nízke náklady a priaznivé fyzikálne a mechanické vlastnosti (Balakrishnan et al., 2017). Jeho použitie je však limitované vlastnosťami ako nižšia tepelná stabilita a vysoká náchylnosť na absorpciu vlhkosti (Ghanbari et al., 2018). Z tohto dôvodu sa výskum zameriava na kombináciu termoplastického škrobu s inými látkami pre zlepšenie fyzikálnych a antimikrobiálnych vlastností. Pozitívne výsledky boli dosiahnuté pri aplikácii škrobu s kurkumou na čerstvý syr (Erdem, 2025).

Z červenej riasy *Furcellaria lumbricalis* sa získava sulfátový aniónový polysacharid s vlastnosťami podobnými agaru a karagenanu. Je netoxický, biologicky odbúrateľný a gélotvorný. Furcellaran ako taký nevykazuje biologicky aktívne účinky, jeho funkčné vlastnosti sa však významne zlepšujú po obohatení esenciálnymi olejmi, alebo proteínovými hydrolyzátmi (Vlčko et al., 2022).

Pre výrobu jedlých obalov sa využíva aj guarová guma, je to polysacharid známy svojou ľahkou rozpustnosťou v studenej vode. Guarová guma v kombinácii s chitosanom a esenciálnym olejom pomaranča preukázala zlepšenie kvality a stability syrov počas skladovania (Erdem, 2025).

Veľmi sľubné výsledky sa dosahujú pri aplikácii kombinovaných filmov na báze chitosanu, alginátu sodného a karboxymetylcelulózy (CMC), obohatené o antimikrokryštalickú celulózu a probiotiká (napr. *Bifidobacterium lactis*, *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus casei*), pričom vykazujú silný antimikrobiálny účinok, pri kvalitatívnom zachovaní zloženia syrov (Erdem, 2025).

Polysacharidové povlaky nájdu uplatnenie hlavne v balení čerstvých syrov, ktoré sa vyznačujú vysokým obsahom vlhkosti.

## Bielkoviny

Jedlé obaly na báze bielkovín vykazujú lepšie vlastnosti ako iné materiály, ktoré sa používajú pre výrobu jedlých fólií, pretože pevnosť v ťahu bielkovinových fólií (želatínová fólia 68 MPa) je vyššia ako

u polysacharidových fólií (chitosanová fólia 41 MPa). Z tohto dôvodu sa využíva pre výrobu jedlých fólií veľké množstvo materiálov na báze bielkovín. V syrárskom priemysle medzi najčastejšie využívané materiály na báze bielkovín patria srvátkový proteín, sójový proteín, želatína, kolagén, pšeničný lepok, kazeináty a ďalšie (Khin et al., 2024). Schopnosť proteínov tvoriť filmy závisí od ich molekulárnych vlastností, ako molekulová hmotnosť, konformácia, náboj, flexibilita a tepelná stabilita, ktoré určujú mechanické a bariérové vlastnosti výsledných fólií. Proteínové filmy majú dobrú afinitu k polárnym látkam, nižšiu priepustnosť vodnej pary než polysacharidové systémy (Pires et al., 2024).

Želatína je vysoko cenená ako jedlá fólia, a to vďaka dobrej dostupnosti, relatívne nízkej cene, biologickej rozložiteľnosti. Ďalej sa vyznačuje dobrými vlastnosťami, ako je vynikajúca schopnosť tvoriť film a znižovať prenos kyslíka, oleja a vlhkosti. Želatínová fólia v experimentoch vykazovala vysokú absorpciu vody, čím dochádza k oslabeniu jej mechanických vlastností a transportu vodnej pary fóliou. Z tohto dôvodu sa kombinácia želatíny s inými biopolymérmi, ako je chitosan, škrob a guma javí ako veľmi vhodná. Získava sa čiastočným rozkladom kolagénu (Ahmadi et al., 2025).

Medzi proteíny používané na výrobu fólií a povlakov patrí sójový proteín, srvátkový proteín, pšeničný lepok, kazeinát sodný, kukuričný zeín, želatína a kolagén, arašidový proteín a proteínový izolát, sezamový proteínový izolát, myofibrilárne proteíny rybieho svalu, šošovicový proteín, tekvicový proteín, vaječný bielok a ryžový proteín atď. (Khin et al., 2024).

Jedlé povlaky na báze bielkovín, najmä tie, ktoré pochádzajú z vedľajších produktov pri výrobe syrov, predstavujú ďalšiu dôležitú kategóriu. Jedlé povlaky na báze srvátkových bielkovín vďaka svojej biologickej odbúrateľnosti a dobrým bariérovým vlastnostiam predstavujú sľubnú alternatívu konzervácie potravín vrátane syrov (Milerienė et al., 2021). Relatívne nový prístup predstavuje využitie bioaktívnych povlakov. Tieto povlaky sú navrhované tak, aby podporovali prežitie baktérií mliečneho kvasenia, a tým zvyšovali mikrobiologickú kvalitu a bezpečnosť výrobkov (Vasiliauskaitė et al., 2022). Takéto povlaky sú obzvlášť dôležité vzhľadom na to, že čerstvý nezrejúci syr má krátku trvanlivosť (Milerienė et al., 2021). Srvátkový proteín sa zvyčajne používa v koncentrovanej forme, ako sú koncentráty srvátkových proteínov alebo izoláty srvátkových proteínov (Silva et al., 2023).

Kolagén a srvátkové bielkoviny sa ukázali ako vynikajúce filmové a povlakové materiály. Poskytujú slabú až stredne slabú bariéru voči vode, sú priehľadné, hydrofilné a pri vysokej vlhkosti strácajú integritu filmu. Pre hydrofóbne látky, ako sú oleje a vône, ponúkajú skvelú bariéru (Chen et al., 2019; Silva et al., 2023).

Ďalším materiálom pre výrobu jedlých obalov sa ako veľmi vhodný ukazuje pšeničný lepok s vysokým obsahom bielkovín až 75–80 %, a to vďaka jeho dostupnosti, nízkym nákladom, nízkej rozpustnosti vo vode, schopnosti tvoriť zosieťovanie pri zahrievaní a viskoelasticite. Mechanické vlastnosti vyrobených fólií sú ovplyvňované pH roztoku a obsahom lepku, zatiaľ čo priepustnosť vodnej pary súvisí s pH roztoku tvoriaceho film a percentom etanolu. Do fólií z pšeničného lepku sa môžu pridať ďalšie proteíny, polysacharidy a organické kyseliny na zlepšenie ich fyzikálno-chemických vlastností (Khin et al., 2024).

Výskumníci skúmali aj ďalšie proteínové materiály pre prípravu jedlých obalov ako napríklad hrachový alebo slnečnicový proteín. Hrachový proteín obsahuje prevažne globulíny (65–80 %) a albumíny (10–20 %). Hrachový proteín prináša do jedlých obalov niekoľko zdravotných výhod, vrátane antihypertenzív, antioxidantných účinkov, regulácie aktivity baktérií v čreve, ako aj zlepšenej emulgačnej, gélovej, penivej a zadržiavacej schopnosti oleja respektíve vody (Ge et al., 2020). Nízka flexibilita hrachových proteínov obmedzuje ich použitie ako čistej zlúčeniny vo filmových procesoch, preto je potrebné pri ich príprave použiť zmäkčovadlá (Khin et al., 2024). Výskumy naznačujú, že slnečnicový proteín môže byť dobrou matricou pre antioxidanty a rôzne antibakteriálne látky vrátane esenciálnych olejov. Použitie slnečnicového proteínu na prípravu jedlých obalov je však obmedzujúce z dôvodu jeho nižšej pevnosti v ťahu (Khin et al., 2024).

Ďalší zo skupiny polymérov je sójový proteínový izolát, ktorý sa používa ako surovina pre výrobu jedlých filmov. Pripravuje sa z odtučnenej sójovej múky, ktorá vzniká ako vedľajší produkt pri spracovaní sójového oleja. Sójový proteínový izolát je tvorený až 90 % globulínmi. Vyznačuje sa vynikajúcimi funkčnými vlastnosťami ako jeho schopnosť želírovať, emulgovať a zadržiavať olej vo vode. Sójový proteínový izolát je flexibilný a predstavuje vynikajúcu kyslíkovú bariéru. Osvedčil sa ako vhodný nosič bioaktívnych zlúčenín. Na druhej strane má však nízku bariéru pre vodnú paru (Paglione et al., 2019).

Biopolymérne povlaky na báze bielkovín ponúkajú množstvo materiálov pre výrobu jedlých obalov. Potrebné je ich však kombinovať s ďalšími materiálmi na dosiahnutie vhodných vlastností.

### **Bioaktívne látky**

Význam aplikácie bioaktívnych látok spočíva v ich antimikrobiálnych a antioxidačných vlastnostiach. Bioaktívne látky sú zlúčeniny, ktoré sa prirodzene nachádzajú v rastlinných alebo živočíšnych organizmoch. Môžu sa nachádzať prirodzene v obalovej matrici ako napríklad chitosan alebo sa sekundárne do jedlých obalov pridávajú ako napríklad rôzne esenciálne oleje, polyfenoly, bakteriocíny, enzýmy, probiotiká a podobne. V súčasnosti je známych približne 5000 fytochemikálií s bioaktívnymi vlastnosťami (Vlčko et al., 2022).

Možnosťami využitia jedlých filmov a náterov v praxi sa v súčasnosti začínajú venovať aj niektoré spoločnosti. Vyvíjajú jedlé filmy a nátery. Perspektívu využitia týchto obalov v praxi potvrdzuje aj niekoľko predložených patentov. Napriek tomu, že spoločnosti vidia potenciál využitia jedlých filmov a náterov v praxi, zostáva vyriešiť niektoré výzvy, a to ich vplyv na farbu a chuť, validácia pokrytia povrchu syrov a šandardizácia využitia aktívnych látok (Costa et al., 2018).

V neposlednom čase vzniká otázka možnosti využitia nanotechnológií na vylepšenie mechanických, chemických vlastností filmov a náterov, pričom táto možnosť musí byť starostlivo vyhodnotená aj z pohľadu potravinovej a zdravotnej bezpečnosti obalu. Ako účinné nanomateriály sa ukazujú nanočastice chitosanu, nanocelulóza, nanoíly, pričom boli dosiahnuté pozitívne výsledky.

Z pohľadu bezpečnosti obalov je potrebné brať do úvahy materiály obalov prichádzajúce do kontaktu s potravinami t.j. materiály vložené do rôznych druhov polymérov, ako sú látky proti hnednutiu, ktoré prichádzajú do priameho kontaktu s potravinovými materiálmi. Legislatívne bezpečnosť týchto látok zastrešuje Európsky úrad pre bezpečnosť potravín (EFSA), ktorý upravuje správne používanie rôznych druhov obalov a materiálov prichádzajúcich do kontaktu s potravinami s cieľom ochrániť zdravie spotrebiteľov pred širokou škálou potenciálne nebezpečných chemických materiálov. Pri posudzovaní bezpečnosti nových obalových materiálov je dôsledné posúdenie toxikologických vlastností. Z pohľadu používania jedlých obalov v krajinách je potrebné dodržiavať národnú legislatívu (Paidari et al., 2021).

### **ZÁVER**

Jedlé obaly predstavujú perspektívne riešenie z hľadiska zvyšovania bezpečnosti a predlžovania trvanlivosti potravín vrátane syrov. Prehľad dostupnej literatúry poukazuje na významné vlastnosti polymérnych materiálov vo vzťahu k regulácii prenosu vlhkosti a kyslíka, ktoré zohrávajú kľúčovú úlohu pri zachovaní kvality a senzorických vlastností výrobkov. Na zlepšenie funkčných vlastností jedlých obalov sa často využívajú kombinácie rôznych polymérov, ktoré umožňujú optimalizovať ich mechanické a bariérové vlastnosti. Polymérne matrice môžu zároveň slúžiť ako nosiče bioaktívnych látok, vrátane antimikrobiálnych zložiek alebo probiotických mikroorganizmov.

Napriek sľubným výsledkom publikovaných štúdií zostáva praktické využitie jedlých obalov v priemyselných podmienkach obmedzené. Z praktického hľadiska je preto dôležitá nielen funkčnosť povlakov, ale aj ich

technologická realizovateľnosť v reálnych výrobných a skladovacích podmienkach. Do budúca by sa mal výskum zamerať na optimalizáciu zloženia povlakov a ich aplikáciu v syrárskej praxi.

Jedlé obaly v syrárskom priemysle možno v súčasnosti považovať skôr za doplnkové riešenie k existujúcim obalovým systémom. Ich širšia implementácia si však vyžaduje spoluprácu zahŕňajúcu materiálový výskum, potravinársku technológiu, ako aj zmenu v spotrebiteľskom vnímaní a akceptácii týchto inovatívnych riešení.

## POĎAKOVANIE

Práca vznikla s podporou Kultúrnej a edukačnej grantovej agentúry MŠVVaŠ SR – projekt KEGA 016SPU-4/2025 a Bilaterálnej výzvy Agentúry na podporu výskumu a vývoja – projekt SK-FR-24-0015.

## LITERATÚRA

Aditya, N., Bhatia, J. N., Yadav, A. N. (2026): Effects of nanomaterials on the properties of edible coatings and films. In: Kumar, N., Upadhyay, A., Trajkovska Petkoska, A., eds. *Trends in edible packaging: A sustainable approaches for postharvest management of fruits and vegetables*. Cham: Springer, 475 s. ISBN 978-3-032-13199-7. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/978-3-032-13199-7>

Ahmadi, E., Panahi, S., Karimzadeh, A., Hassanzadeh, H., Hosseini, M. (2025): Investigating the physicochemical and antimicrobial properties of gelatin–carboxymethyl cellulose edible film containing *Dorema aucheri* extract. *Iranian Food Science and Technology Research Journal*. Dostupné z: <https://doi.org/10.22067/IFSTRJ.2024.89620.1371>

Balakrishnan, P., Sreekala, M. S., Kunaver, M., Huskić, M., Sabu, T. (2017): Morphology, transport characteristics and viscoelastic polymer chain confinement in nanocomposites based on thermoplastic potato starch and cellulose nanofibers from pineapple leaf. *Carbohydrate Polymers*, 169, 176–188. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2017.04.017>

Barbosa, C. H., Andrade, M. A., Vilarinho, F., Fernando, A. L., Silva, A. S. (2021): Active edible packaging. *Encyclopedia*, 1(2), 360–370. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/encyclopedia1020030>

Barbosa, C. H., Andrade, M. A., Vilarinho, F., Fernando, A. L., Silva, A. S. (2022): Edible active coating systems for food purposes. In: *Advances in edible coatings*. Springer, 253–299. Dostupné z: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-90299-5\\_10](https://doi.org/10.1007/978-3-030-90299-5_10)

Cerqueira, M. A., Lima, Á. M., Souza, B. W. S., Teixeira, J. A., Moreira, R. A., Vicente, A. A. (2009): Functional polysaccharides as edible coatings for cheese. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57(5), 1456–1462. Dostupné z: <https://doi.org/10.1021/jf802726d>

Chen, H., Wang, J., Cheng, Y., Wang, C., Liu, H., Bian, H., Pan, Y., Sun, J., Han, W. (2019): Application of protein-based films and coatings for food packaging: A review. *Polymers*, 11(12), 2039. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/polym11122039>

Chen, L., Ramezan, Y., Pourramezan, H. (2025): Soy protein isolate (SPI)-based films/coatings for food packaging: Research progress on properties and applications. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 24(3), e70181. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/1541-4337.70181>

Chirilli, C., Torri, L. (2023): Effect of biobased cling films on cheese quality: Color and aroma analysis for sustainable food packaging. *Foods*, 12(19), 3672. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/foods12193672>

Costa, M. J., Maciel, L. C., Teixeira, J. A., Vicente, A. A., Cerqueira, M. A. (2018): Use of edible films and coatings in cheese preservation: Opportunities and challenges. *Food Research International*, 107, 84–92. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.02.013>

- El-Sayed, S. M., Youssef, A. M. (2024): Emergence of edible coatings in cheese packaging for extending shelf-life. *Food Measurement and Characterization*, 18, 5265–5280.  
Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s11694-024-02564-0>
- Erdem, T. (2025): The use of edible films and coatings in cheese production. In: *Emerging, Contemporary and Future Visions in Food Industry*. Astana Publishing House, 116–127. ISBN 978-625-6125-81-0
- Ge, J., Sun, C., Gan, R.-Y. (2020): The health benefits, functional properties, modifications and applications of pea (*Pisum sativum* L.) protein. *Food and Function*, 11(9), 7981–8001.  
Dostupné z: <https://doi.org/10.1039/D0FO01891B>
- Ghanbari, A., Tabarsa, T., Ashori, A., Shakeri, A., Mashkour, M. (2018): Thermoplastic starch foamed composites reinforced with cellulose nanofibers: Thermal and mechanical properties. *Carbohydrate Polymers*, 197, 305–311. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2018.06.017>
- Hao, Z., Xu, H., Yu, Y., Gu, Z., Wang, Y., Li, C., Xiao, Y., Liu, Y., Liu, K., Zheng, M., Du, Y., Zhou, Y., Yu, Z. (2024): Insights into ball milling treatment promotes the formation of starch-lipid complexes. *Food Hydrocolloids*, 146, 109277. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2023.109277>
- Hashemi, S. M. B., Kaveh, S., Abedi, E., Phimolsiripol, Y. (2023): Edible polysaccharide-based films/coatings for meat and fish preservation. *Foods*, 12(17), 3268. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/foods12173268>
- Jafarzadeh, S., Salehabadi, A., Mohammadi Nafchi, A., Oladzadabbasabadi, N., Jafari, S. M. (2021): Cheese packaging by edible coatings and biodegradable nanocomposites. *Trends in Food Science and Technology*, 116, 218–231. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.07.021>
- Jebraeili, S., Hesari, J., Manafi Dizajyekan, M. (2022): Edible coating for different types of cheeses: A review. *Journal of Food and Bioprocess Engineering*, 4(2), 115–122.  
Dostupné z: <https://doi.org/10.22059/jfabe.2022.344697.1120>
- Khin, M. N., Ahammed, S., Kamal, M. M., Saqib, M. N., Liu, F., Zhong, F. (2024): Investigating next-generation edible packaging: Protein-based films and coatings. *Food Hydrocolloids for Health*, 6, 100182. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.fhfh.2024.100182>
- Lazaridou, A., Biliaderis, C. G. (2018): Edible Films And Coatings As Food Packaging Systems. In: Grumezescu, A. M., ed. *Food Packaging and Preservation*. Academic Press, 361–402. ISBN 978-0-12-812151-1. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812151-1.00012-4>
- Milerienė, J., Serniene, L., Henriques, M., Gomes, D., Pereira, C., Kondrotiene, K., Kasetiene, N., Lauciene, L., Sekmokiene, D., Malakauskas, M. (2021): Effect of liquid whey protein concentrate-based edible coating enriched with cinnamon extract. *Journal of Dairy Science*, 104(2), 1504–1517. Dostupné z: <https://doi.org/10.3168/jds.2020-18732>
- Mohamed, S. A. A., El-Sakhawy, M., El-Sakhawy, M. A.-M. (2020): Polysaccharides, protein and lipid-based natural edible films in food packaging: A review. *Carbohydrate Polymers*, 238, 116178. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2020.116178>
- Paglione, I. Dos S., Galindo, M. V. (2019): Optimization of the conditions for producing soy protein isolate films. *Emirates Journal of Food and Agriculture*.
- Paidari, S., Zamindar, N., Tahergorabi, R., Kargar, M., Ezzati, S., Shirani, N., Musavi, S. H. (2021): Edible coating and films as promising packaging: A mini review. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 15(5), 4205–4214.



Papadopoulou, O. S., Argyri, A. A., Bikouli, V. C., Lambrinya, E., Chorianopoulos, N. (2022): Quality evaluation of cheese slices packed in sodium alginate edible films. *Foods*, 11(18), 2855. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/foods11182855>

Pires, A. F., Díaz, O., Cobos, A., Pereira, C. D. (2024): A review of recent developments in edible films and coatings—Focus on whey-based materials. *Foods*, 13(16), 2638. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/foods13162638>

Silva, S., Teixeira, J., Silva, C. (2023): Recent advances in the use of edible films and coatings with probiotic bacteria. *Food Bioscience*, 56, 103196. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2023.103196>

Tavassoli-Kafrani, E., Gamage, M. V., Dumée, L. F., Kong, L., Zhao, S. (2020): Edible films and coatings for shelf life extension of mango: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. Dostupné z: <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1853038>

Vasiliauskaitė, A., Milerienė, J., Songisepp, E., Rud, I. (2022): Application of edible coating based on liquid acid whey protein concentrate. *Foods*, 11(21), 3353. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/foods11213353>

Vázquez, M., Flórez, M., Cazón, P. (2024): Laminated films of bacterial cellulose and chitosan loaded with antioxidant extract. *Food Hydrocolloids*, 156, 110232. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2024.110232>

Vlčko, T., Golian, J., Fikselová, M., Rybníkář, S. (2022): Current overview in the field of application of edible coatings/films. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, 12(Special Issue), e9281. Dostupné z: <https://doi.org/10.55251/jmbfs.9281>

Wang, Y., Ju, J., Diao, Y., Zhao, F. (2025): The application of starch-based edible film in food preservation: A comprehensive review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. Dostupné z: <https://doi.org/10.1080/10408398.2024.2349735>

Zhao, Y., Li, B., Li, C., Xu, Y., Luo, Y., Liang, D., Huang, C. (2021): Comprehensive review of polysaccharide-based materials in edible packaging. *Foods*, 10(8), 1845. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/foods10081845>

*Kontaktná adresa: Ing. Jana Tkáčová, Ph.D., Ústav potravinárstva, Fakulta biotechnológie a potravinárstva, Slovenská poľnohospodárska univerzita, Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra, e-mail: jana.tkacova@uniag.sk*