

Proteinové obaly a filmy v potravinářství

Markéta Palová

Bakalářská práce
2016



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav inženýrství polymerů

akademický rok: 2015/2016

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Markéta Palová**

Osobní číslo: **T11459**

Studijní program: **B2808 Chemie a technologie materiálů**

Studijní obor: **Polymerní materiály a technologie**

Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Proteinové filmy a obaly a jejich využití v potravinářství**

Zásady pro vypracování:

Cílem práce bude vypracovat rešerši o filmech, povlacích a obalech připravených z proteinových materiálů a zhodnotit klady a zápory jejich použití v potravinářství oproti obalům ze syntetických materiálů.



Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

WOOL, Richard P. Bio-based polymers and composites. Amsterdam: Elsevier Academic Press, c2005, 620 s. ISBN 01-276-3952-7.

SIMPSON, W a G CRAWSHAW. Wool: science and technology. Cambridge, England: Woodhead, c2002, 368 s. ISBN 08-493-2820-9.

GENNADIOS, Aristippos. Protein-based films and coatings. Boca Raton: CRC Press, 2002, 650 s. ISBN 15-871-6107-9.

DALEV, Pencho G. Utilisation of waste feathers from poultry slaughter for production of a protein concentrate. Bioresource Technology. 1994, 48(3), 265-267.

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Ondřej Krejčí, Ph.D.

Ústav inženýrství polymerů

Datum zadání bakalářské práce:

15. ledna 2016

Termín odevzdání bakalářské práce:

20. května 2016

Ve Zlíně dne 1. března 2016



doc. Ing. František Buňka, Ph.D.
děkan



Ing. Lubomír Beníček, Ph.D.
ředitel ústavu

Příjmení a jméno:

Obor:

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby ¹⁾;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 ²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně

.....

¹⁾ zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevdělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

²⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacímu zařízení (školní dílo).

³⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlídně k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Tato rešeršní bakalářská práce se zabývá proteinovými obalovými materiály, které se využívají v potravinářství. Zahrnuje hlavní informace o obalu a popisuje jeho základní charakteristiky. Hlavní část práce je zaměřena na nejčastěji používané druhy proteinových obalů, jejich vlastnosti, výrobu a využití. V závěru práce dochází ke srovnání proteinových obalových materiálů s materiály syntetickými a jsou zde uvedeny klady a zápory.

Klíčová slova: obalové materiály, proteiny, kolagen, potravinářství

ABSTRACT

This bachelor thesis deals with protein packaging materials, which are used in the food industry. It includes general information about the package and its basic characteristics. The main part is focused on the most commonly used types of protein packagings, their properties, production and usage. In conclusion, there is a comparison of protein packaging materials and synthetic materials and there are presented their positives and negatives.

Keywords: packaging materials, proteins, collagen, food industry

Dovoluji si poděkovat Ing. Ondřeji Krejčímu, PhD. za odborné rady, konzultace, nezbytnou kritiku a čas, který mi věnoval při vypracování mé bakalářské práce.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

ÚVOD.....	9
I. TEORETICKÁ ČÁST.....	10
1 OBALY V POTRAVINÁŘSTVÍ.....	11
1.1 Význam a funkce balení potravin	11
1.2 Funkce a výhody jedlých obalů	12
1.3 Složení obalů	13
1.4 Výrobní technologie pro přípravu filmů	13
1.5 Výrobní technologie pro přípravu povlaků.....	15
2 BÍLKOVINY	16
2.1 Kolagen	19
2.2 Želatina	21
2.3 Sójový protein	28
2.4 Cereální proteiny	28
2.4.1 Kukuřičný zein	28
2.4.2 Pšeničný gluten.....	29
2.5 Proteiny mléka	30
2.5.1 Kasein	30
2.5.2 Syrovátka	30
2.6 Keratin.....	31
2.7 Vaječný bílek.....	33
2.8 Další proteinové filmy	33
3 SYNTETICKÉ POLYMERY.....	34
3.1 Polyethylen (PE)	34
3.2 Polypropylen (PP).....	35
3.3 Polystyren (PS).....	35
3.4 Polyvinylchlorid (PVC)	35
3.5 Polyethylentereftalát (PET)	35
4 POROVNÁNÍ PROTEINOVÝCH A SYNTETICKÝCH OBALŮ V POTRAVINÁŘSTVÍ.....	36
ZÁVĚR.....	37
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	38
SEZNAM OBRÁZKŮ	41
SEZNAM TABULEK	42

ÚVOD

Zadáním bakalářské práce je teoreticky popsat používané proteinové obaly v potravinářství, jejich základní charakteristiku, způsob výroby a využití.

Hlavní funkcí všech obalů je chránit balený produkt od výroby až po jeho použití spotřebitelem. V dnešní době se stále ve větší míře používají v potravinářství vedle běžných obalovin materiály, které mají výhodnou vlastnost v tom, že jsou požitelné a biologicky odbouratelné. Patří mezi ně skupina přírodních polymerů – proteiny, škrob, polysacharidy a lze mezi ně zařadit i některé syntetické polymery. Právě proteiny jsou hlavní surovinou používanou v obalovém průmyslu v potravinářství.

V bakalářské práci jsou také popsány jednotlivé typy proteinových obalových materiálů. Mezi nejdůležitější řadíme kolagen a z něho získávanou želatinu. Dále se v menší míře využívají sójové, cereální proteiny, proteiny mléka, keratin a jiné. Tyto látky mají široké uplatnění nejen v potravinářství, ale i v jiných průmyslových oborech. Nezanedbatelnou úlohu v obalovém průmyslu mají také syntetické obaly. Tyto obaly však mají nevýhodu v nepříznivém dopadu na životní prostředí.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 OBALY V POTRAVINÁŘSTVÍ

V potravinářství se nejvíce pro obalové materiály využívá syntetických a přírodních polymerů. U syntetických polymerů je při výrobě důležitá ropa, její cena roste a výrobci jsou závislí na jejím dodání. Ovšem zásadní problém vzniká při recyklaci těchto syntetických obalů, který je v posledních pár letech hlavním tématem v odvětví příznivého dopadu na životní prostředí. Proto se začalo pracovat více s přírodními polymery, které nejsou závislé na ropě a jejichž zdrojem je rostlinná a živočišná říše ale i různé mikroorganismy. Důležitou vlastností těchto materiálů je jejich požitelnost. Patří sem filmy a povlaky na potraviny, které jsou založeny na bílkovinách, tucích a cukrech. Jedlé filmy a povlaky si představíme jako velmi tenké vrstvy, které jsou aplikovány na povrch potraviny. Tyto pojmy jsou odlišné způsobem nanesení obalu.

Filmy se vyrábějí samostatně vytlačováním nebo odléváním. Takto vzniklé filmy se aplikují na potravinu.

Povlaky se vytvářejí přímo na povrchu potraviny, jsou tedy jeho součástí a můžou se konzumovat [1,8].

Mezi hlavní filmotvorné materiály řadíme proteiny, polysacharidy, lipidy a pryskyřice. Mohou být použity samostatně nebo v kombinaci. Fyzické a chemické vlastnosti biopolymerů značně ovlivňují vlastnosti výsledných filmů a povlaků. Filmotvorné materiály mohou být buď hydrofilní nebo hydrofobní nebo obojí, avšak aby se zachovala jejich požitelnost, tak jsou použita rozpouštědla omezena na vodu nebo ethanol.

Proteiny jsou běžně používané jako materiály vytvářející film. Tvoří je makromolekuly specifických aminokyselinových sekvencí a molekulárních struktur. Jsou odvozeny z různých živočišných a rostlinných zdrojů, včetně živočišných tkání, mléka, vejce, obiloviny, olejniny.

Polysacharidy mají jednoduché monomery ve srovnání s proteiny, které mají 20 běžných aminokyselin. Avšak konstrukce konformace polysacharidu je složitější a nepředvídatelná, což má za následek mnohem větší molární hmotnosti než mají proteiny.

Lipidy a pryskyřice se rovněž používají jako materiály vytvářející film. Jsou jedlé a biologicky rozložitelné. Většina lipidů a jedlých pryskyřic jsou při pokojové teplotě měkké pevné látky a mají charakteristické fáze teploty skelného přechodu. Filmy nebo povlaky vyrobené z lipidů mají vysokou odolnost vůči vodě a nízkou povrchovou energii díky své hydrofobní povaze. Lipidy mohou být kombinovány s jinými materiály, jako jsou proteiny nebo polysacharidy, např. emulzí částic nebo vícevrstvých povlaků, proto aby se zvýšila odolnost proti vodě [3].

1.1 Význam a funkce balení potravin

Hlavní funkce obalových materiálů v potravinářství spočívá v ochraně potravin před jeho znehodnocením a to v důsledku ochrany před fyzikálními, biologickými a chemickými vlivy. Obal chrání potravinu zejména před mechanickým poškozením, oxidačně-redukčními změnami, změnami vlhkosti, změnami chuti a vůně, vlivům záření, změnám teplot,

kontaminací cizorodými látkami, mikrobiálním znehodnocením, působením hmyzu a hlodavců atd. Prakticky vždy při kontaktu potravin s obalem dochází k vzájemnému ovlivnění. Vzájemné interakce mezi obalem a balenou potravinou zahrnují chemické a fyzikální reakce mezi potravinou, jejím obalem a okolím, které ve svém důsledku ovlivňují složení, kvalitu a fyzikální vlastnosti jak potraviny, tak obalu [1,4].

1.2 Funkce a výhody jedlých obalů

- Požitelnost a biologická rozložitelnost

Nejpřínosnější vlastností jedlých filmů a povlaků je jejich požitelnost a vlastní biologická rozložitelnost. S ohledem na biologické rozložitelnosti, by všechny komponenty měly být biologicky odbouratelné a šetrné k životnímu prostředí.

- Fyzikální a mechanická ochrana

Jedlé filmy a povlaky chrání balené nebo potažené potravinářské výrobky proti fyzickému poškození, tlaku, vibracím a dalším mechanickým faktorům. Teplota je také důležitou proměnnou ovlivňující fyzikální a mechanické vlastnosti jedlých filmů a povlaků.

- Migrace, permeace a bariérové funkce

Popis bariérových vlastností jedlých filmů a povlaků se zabývá propustností vodních par, propustností kyslíku nebo oxidu uhličitého.

Jedlé filmy mají široký rozsah hodnot propustnosti kyslíku. Některé jedlé filmy jsou vynikající kyslíkové bariéry. Všechny bariérové vlastnosti jedlých filmů a povlaků jsou ovlivněny složením filmu a podmínkami okolního prostředí (např., relativní vlhkost a teplota). Přídavkem změkčovadla snižujeme teplotu skelného přechodu. Propustnost pro kyslík je citlivá na relativní vlhkost. Při vyšších hodnotách relativní vlhkosti se propustnost pro kyslík zvyšuje, proto je velmi důležité udržet prostředí o nízké relativní vlhkosti. Důležitým faktorem migrace je také teplota. Zvýšením teploty poskytujeme více energie k migraci látky a zvyšujeme propustnost.

- Pohodlí a kvalita konzervace

Zesílená povrchová pevnost křehkých produktů umožňuje jednodušší manipulaci.

Obalené ovoce a zeleniny mají mnohem vyšší odolnost vůči otlakům způsobené nárazy a vibracemi. Jedlé filmy a povlaky se používají v potravinářském a farmaceutickém průmyslu pro předem odměřenou dávku dané složky potravin či léčiv. Maskuje nežádoucí chuť léčiv.

Údržba a zvyšování kvality jsou také velmi významné funkce jedlých filmů a povlaků.

Mohou zpomalit povrchovou dehydrataci, absorpci vlhkosti, oxidaci složek, ztrátu aroma, absorpcí oleje při smažení, zrání nebo stárnutí a mikrobiální kontaminaci potravin. Kromě fyzikálního a chemického zvyšování kvality přispívají jedlé filmy a povlaky k vizuální kvalitě, hladkosti povrchu, požitelnosti barevného otisku. Udržují kvalitu potravin, a to i po otevření obalu.

- Prodloužená skladovatelnost a zvýšená bezpečnost

Zvýšená ochranná funkce potravinářských výrobků prodlužuje životnost a snižuje možnost kontaminace cizími látkami [2,3].

1.3 Složení obalů

Proteiny jsou hlavní látkou při výrobě obalů.

Změkčovadla tvoří přísady (např. glycerol, propylenglykol, sorbitol), které jsou požadované při výrobě filmů a povlaků. Tyto filmové struktury jsou často křehké a tuhé z důvodu rozsáhlých interakcí mezi molekulami polymeru. Změkčovadla s nízkou molární hmotností látky jsou začleněna do polymerního filmotvorného materiálu pro zvýšení plasticity polymerů.

Rozpouštědla zlepšují flexibilitu a prodloužení proteinových filmů, ale mají také vliv na propustnost. Používá se voda nebo ethanol, které jsou bezpečné při přípravě jedlých filmů a povlaků.

Různé aktivní látky, jako jsou emulgátory, antioxidanty, antimikrobiální látky, příchutě a barviva k zlepšení kvality a bezpečnosti potravin [1,3].

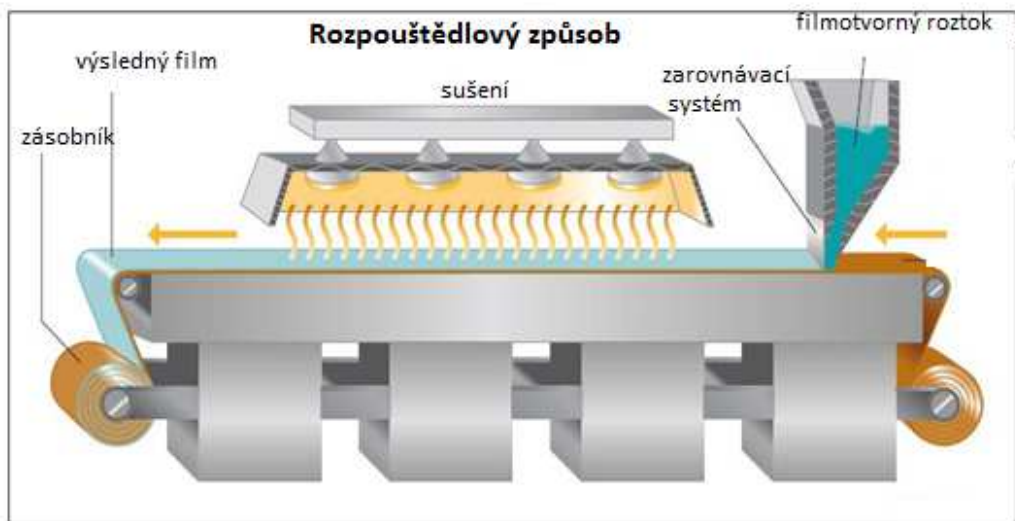
1.4 Výrobní technologie pro přípravu filmů

Rozpouštědlový způsob

Proteinové filmy a povlaky jsou tvořeny převážně odpařením rozpouštědla, obvykle vody nebo vodného ethanolu z roztoku proteinu. Jedlé filmy a povlaky vyžadují, aby ethanol odpovídal bezpečnostnímu opatření kvůli uvolňování rozpouštědla v oblasti životního prostředí do ovzduší.

Pro tvorbu filmu nebo povlaku je protein nejprve rozpuštěn v rozpouštědle. Při zahřívání nebo úpravě hodnoty pH zlepšujeme tvorbu a vlastnosti filmu.

Odplynění je důležitým krokem k eliminaci vzniku bublin v konečném filmu. Pro výrobu filmu vylijeme rovnoměrně na rovný povrch, ze kterého po vysušení vzniká výsledný film [1,6].



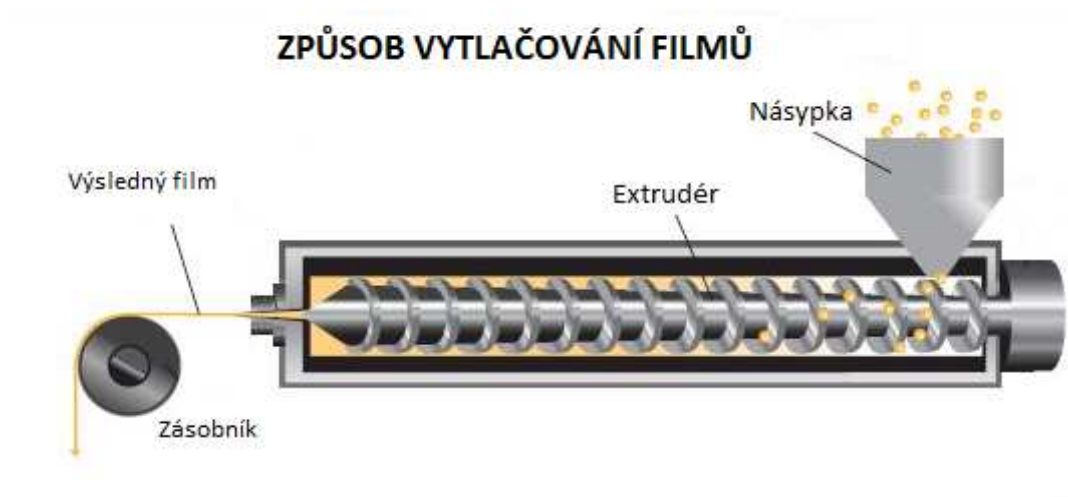
Obr. 1: Princip tvorby filmu rozpouštědlovým způsobem

Vytlačování

Alternativa k rozpouštědlovému lití je vytlačování, které se používá za zvýšené teploty do změknutí a roztavení polymeru, což umožňuje vytvoření soudržného filmu. Vytlačování proteinů do filmů má určité výhody oproti lití rozpouštědla.

Vytlačování je rychlejší a vyžaduje méně energie, vzhledem k tomu, že může být přiváděno více koncentrovaného roztoku do vytlačovacího zařízení. Použití vytlačování snižuje časové a energetické vstupy a náklady na tvorbu filmu.

Tento způsob probíhá v praxi tak, že se protein v prášku naplní do extrudéru, kde se smíchá s vodou a dalšími přísadami. Směs se míchá tak, aby protein s vodou vytvořil pevnou konzistenci, která se bude přes formu vytlačovat do požadovaného tvaru. Na závěr dochází k vytvrzení ochlazením (obr.2). [1,6]



Obr. 2: Schéma vytlačování filmů

1.5 Výrobní technologie pro přípravu povlaků

Jedlé povlaky jsou vytvořeny podle stejných postupů, stejnými mechanismy spojenými s rozpouštědlem odlévání filmů. Zředěný roztok proteinu se aplikuje na povrch potravinářského výrobku, kde se následně odpaří rozpouštědlo. Klasické metody pro vytváření povlaku zahrnují rýžování, zpracování fluidním ložem, rozprašování povlaku a máčení.

Rýžování je metoda, které probíhá ve velkém rotujícím bubnu. Potahovací roztok je nastříkán do otáčejícího bubnu, ve kterém se nachází produkt, který je rovnoměrně potažen.

Fluidním loži povlak, metoda, která je běžně používána ve farmaceutickém průmyslu pro potahování tablet.

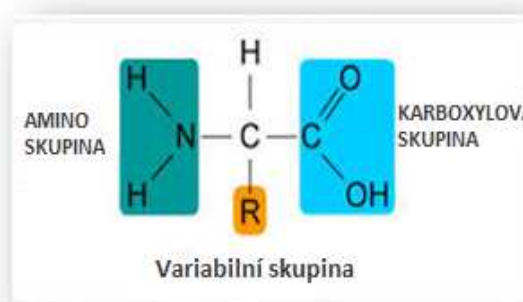
Nanášení sprejováním je metoda rovnoměrného povlaku přes povrch produktu a je potenciálně více kontrolovatelným způsobem než nanášením nátěrů či povlaku ve fluidním loži.

Máčení, další možný způsob výroby jedlých povlaků na povrchu potravin, nejlépe se hodí pro nepravidelně tvarované objekty potravin. [6]

2 BÍLKOVINY

Bílkoviny neboli proteiny jsou nedílnou součástí všech živých organismů. Uhlík, vodík, kyslík, dusík a síra utvářejí nejvšestrannější makromolekulární látky, které se vyskytují v živých systémech a slouží ke klíčovým funkcím ve všech biologických procesech.

Základními stavebními kameny všech bílkovin jsou aminokyseliny, kterých je 20 a které jsou přesně tvořeny v definovaném pořadí a zastoupení. Aminokyseliny obsahují aminoskupinu ($-\text{NH}_2$) a karboxylovou skupinu ($-\text{COOH}$), které se spojují peptidovými vazbami k centrálnímu atomu uhlíku a na kterém je navázaný boční řetězec, kam se řadí aminokyseliny, které udávají proteinu konečné vlastnosti [10].

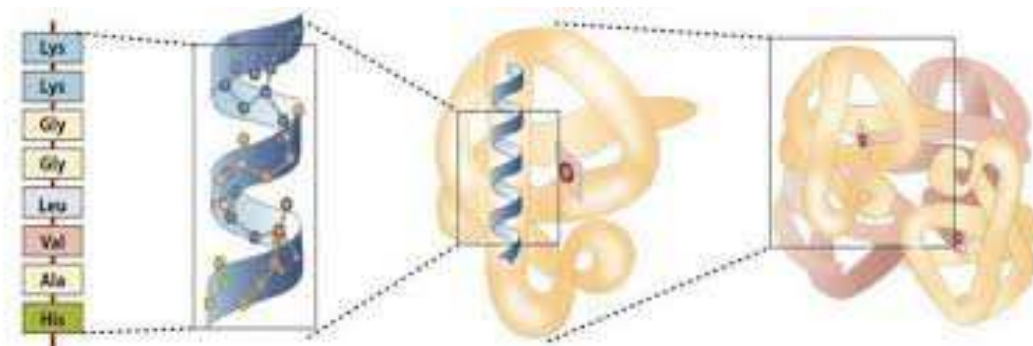


Obr. 3: Vzorec α aminokyseliny

Struktura bílkovin

Dělíme ji na čtyři druhy:

- Primární struktura – je sekvence aminokyselin v polypeptidickém řetězci
- Sekundární struktura – vzniká pravidelným uspořádáním primární struktury, má podobu šroubovice nebo skládaného listu
- Terciální struktura – uspořádání pravotočivé šroubovice do konečného prostorového tvaru molekuly bílkoviny, vzniká struktura vláknitá (fibrilární) či kulovitá (globulární)
- Kvartérní struktura – vzniká vzájemným usprádaním a propojením jednotlivých podjednotek bílkovin [11]



Obr. 4: Struktura bílkovin

Funkce bílkovin

Bílkoviny jsou důležitými látkami pro správný chod všech organismů. Aminokyseliny jako samotné slouží jako zdroj dusíku, což je nepostradatelný biogenní prvek. Bílkoviny mají tuto funkci:

- Stavební – kolagen
- Katalytickou – biokatalyzátory
- Regulační – hormony
- Obrannou – protilátky
- Transportní – hemoglobin
- Pohybovou – myosin [12]

Rozdělení bílkovin

Tab. 1: Tabulka rozdělení bílkovin

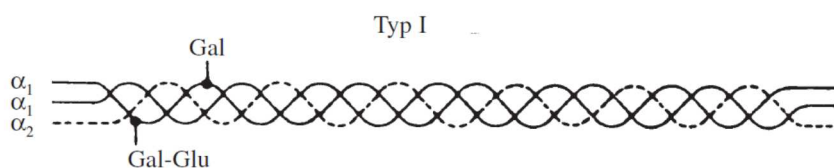
Kritérium	Druh	Vlastnosti
Podle struktury	Fibrilární	vlákna nerozpustné ve vodě s velkou relativní molekulovou hmotností
	Globulární	nerozpustné ve vodě a méně asymetrické
Podle rozpustnosti	Albuminy Globuliny Prolaminy Skleroproteiny	rozpustné ve vodě nerozpustné ve vodě rozpustné v 70 až 80% alkoholu nerozpustné vláknité bílkoviny
Podle složení	Jednoduché	Obsahují jen bílkovinnou složku
	Složené	Obsahují bílkovinou i nebílkovinnou složku <ul style="list-style-type: none"> • Glykoproteiny (sacharidy) • Fosfoproteiny (kys. fosforečná) • Lipoproteiny (lipidy) • Nukleoproteiny (nukleová kyselina) • Mukoproteiny (aminocukry)
Podle stavu	Nativní	Zachovávají si své fyzikální a chemické vlastnosti
	Denaturované	Dochází ke změně fyzikálních a chemickým vlastností
Podle výživové hodnoty	Plnohodnotné Neplnohodnotné	Obsahují všechny esenciální AMK Některé esenciální AMK chybí
Podle biologické funkce	Strukturní	Stavební složky buněk a těl organismů
	Transportní Obranné Zásobní Katalytické	Přenos látek Protilátky Enzymy, hormony

V současné době bílkoviny představují cenný obnovitelný zdroj a množství bílkovin je zpracováváno v průmyslovém měřítku pro použití v celé řadě oblastí, včetně potravin, kosmetiky, farmacie, medicíny, lepidel, balení, nátěrů, atd.

2.1 Kolagen

Kolagen je ve vodě nerozpustná bílkovina, která je hlavní bílkovinnou složkou pojivové tkáně. Tento protein je zastoupen u všech savců, kde je vláknitou složkou v kůži, kostech, šlachách, chrupavkách a zubech.

Typickou vlastností molekuly kolagenu je pevnost a trojřetězcová spirálovitá struktura. Tři kolagenové polypeptidové makromolekuly (α -řetězce) se společně stáčíjí do pravidelné pravotočivé superšroubovice.



Obr. 5: Schéma kolagenu

Existuje až 28 typů kolagenu, které se navzájem liší složením aminokyselin ve struktuře kolagenu. Hlavní aminokyseliny v kolagenu jsou glycin, prolin, hydroxyprolin a další např. alanin, arginin, threonin [13,14].

Tab. 2: Typy nejvýznamnějších kolagenů

Typ	Charakteristika	Výskyt
I.	Nejčastější typ, obsahuje málo hydroxylysinu	Kosti, šlachy, kůže, zubovina, vazivo, cévy
II.	Častý výskyt, vyšší obsah hydroxylysinu	Chrupavky, sklivec oka
III.	Vyšší obsah hydroxylysinu	Kůže, cévy, děloha
IV.	Vyšší obsah hydroxylysinu	Bazální membrány
VI.	Mikrofibrily	Spojovací tkáně
VII.	Obsahuje dlouhé řetězce	Zpevňující fibrily
IX.	Vedlejší protein chrupavek	Chrupavky

Hlavní vlastnosti kolagenních obalů jsou požitelnost, transparentnost, suchá nebo mokrá pevnost v tahu, odolnost proti teplu během používání, mají nevýraznou barvu a chuť v potravinářských výrobcích.

Kolagenové obaly mají dobré mechanické vlastnosti, vynikající bariéru proti kyslíku při relativní vlhkosti 0%, ale propustnost pro kyslík se rychle zvyšuje se zvyšující se relativní vlhkostí vzduchu. Jsou používány různé chemické látky k síťování, které zlepšují mechanické vlastnosti, snižují rozpustnost a zlepšují jeho tepelnou stabilitu [1,3].

Využití kolagenu

Kolagen je jeden z nejznámějších a nejvyužívanějších proteinových filmů v potravinářství. Využití kolagenu bylo zaznamenáno jako první v masném průmyslu při výrobě klobás.

Způsoby výroby kolagenních obalů:

1. Přírodní střeva

Přírodní střeva byly v historii prvním obalovým materiálem pro výrobky masného průmyslu. Využívaly se především vepřové, hovězí a skopové střívka ze starších zvířat z důvodu jejich větší pevnosti. Než se střeva dostaly ke zpracování, musely projít kontrolou, pokud bylo vše v pořádku, střeva prošly procesem čištění. Tento způsob plnění zvířecích střívek nebyl vhodný, protože se zjistila řada nevýhod jako je nízká pevnost, kvalita nebo ne vždy byla střeva k dostání. V dnešní době se již tento způsob tolik nepoužívají, můžeme se s ním setkat např. při domácích zabijačkách. Místo toho se začaly využívat střívka z obnovených, kolagenních vláken, které jsou pro tuto výrobu výhodnější [15].

2. Kolagenní střeva

Tento kolagen se získává z podkožní škůry skotu. Postup výroby spočívá v odstranění vrstvy škůry skotu broušením a odvápněním. Přidáním kyseliny dochází k bobtnání kolagenu, který je vytlačován přes vytlačovací hlavu do finálního tvaru, kolagenního střívka, které před sušením prochází lázni roztoku soli.

a) mokrý a suchý postup

Po odvápnění se suché zpracované kůže skotu nechají odpočívat, zatímco vlhké zpracované kůže skotu se melou v nabobtnalém stavu a mísí se s vodou a kyselinou, to má za následek že vlhká zpracovaná kůže kolagenu obsahuje 4-5 % pevných látek, zatímco suchá kolagenová kůže obsahuje asi 12 % pevných látek, Suchá kolagenová kůže je vylepšena plastifikátorem a síťovadlem a je vytlačována s vodou do požadovaného tvaru.

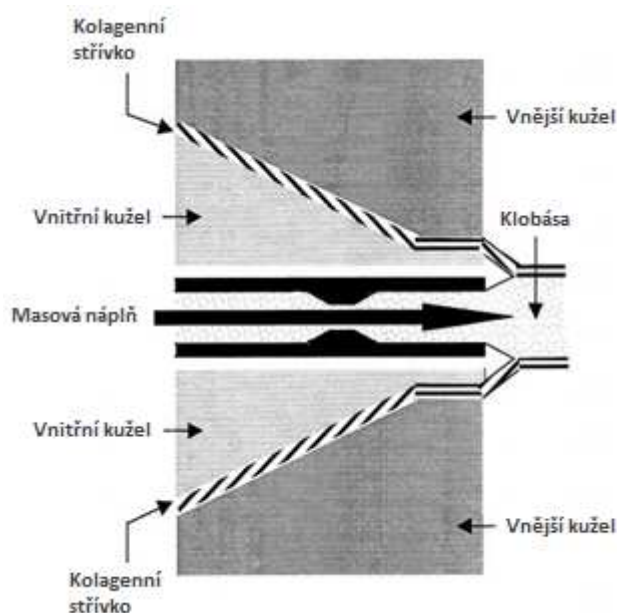
Mokrý způsob využívá disk extrudéru, který mísí kolagenové těsto proti stranám vytlačovacího stroje. Protiběžné zoubkované povrchy jsou používány k míchání a spojení kolagenového těsta.

Následné kroky pro zpracování za mokra zahrnují sušení, neutralizace a balení.

Kratší kolagenová vlákna vyrobená mokrým vytlačováním přispívají k vyšší rychlosti linky a větším objemům výroby ve srovnání s pomalejší (silnější, delší kolagenní vlákna) a dražší technologií vytlačováním suchého procesu.

b) tzv. koextruze

Kolagenní střívka se také můžou vyrábět tzv. koextruzí, kdy se kolagenní obal vytlačuje společně s jeho masovou náplní, což má za následek rychlejší a vyšší objem výroby (viz. obr.7) [1, 16].



Obr. 6: Schéma výroby koextruze

2.2 Želatina

Želatinu dosáhneme částečnou hydrolýzou kolagenu, kdy se při dosáhnutí teploty vody nad 40 °C mění její struktura, bobtná a mění se její fyzikálně chemické vlastnosti. Pro její výrobu se používají především hovězí a vepřové kůže. Tento proces může probíhat v kyselém či zásaditém prostředí. Podle toho rozlišujeme dva druhy želatiny (A, B). Želatina je ve vodě rozpustná, bez chuti, bez zápachu. Tvoří jasné, pružné, pevné a nepropustné fólie pro kyslík. Je známá pro svou jedinečnou schopnost tvořit gel. Ve vodě je rozpustná.

Želatina obsahuje asi 18 aminokyselin částečně spojených, tři skupiny aminokyselin jsou převládající. Glycin nebo alanin tvoří asi jednu třetinu až polovinu z celkového počtu zbytků aminokyselin. Asi jedna čtvrtina z aminokyselinových zbytků buď prolin nebo hydroxyprolin [18].

Želatina se již dlouho používá v potravinářském průmyslu jako činidlo, stabilizátor a ochranný povlak. Přidává se do masných výrobků, cukrovinek, zmrzlin, mléčných výrobků. Při výrobě této jedlé želatiny je nutno dbát na udržování čistoty, tedy musí splňovat přísné zdravotní a hygienické podmínky.

Jedlé povlaky s želatinou snižují přístup kyslíku, vlhkosti a migraci oleje a můžou nést antioxidanty nebo antimikrobiální látky. Mohou sloužit jako dobré bariéry plynů. Distribuce molární hmotnosti a složení aminokyselin jsou hlavními faktory, které ovlivňují fyzikální a strukturální vlastnosti želatiny a tyto vlastnosti by mohly hrát klíčovou roli ve fyzikálně chemických vlastnostech výsledných filmů.

Další důležité uplatnění je ve farmaceutickém průmyslu, kde se vyrábí kapsle, tablety, mikroenkapsulace. Využívá se také ve fotografickém průmyslu, metalurgii, výrobě plastů atd [1].

Fyzikální a chemické vlastnosti želatiny

Viskozita želatiny

Zjišťuje se viskozimetrickou pipetou v roztoku o koncentraci 6,67 % při 60 °C. Výsledná hodnota se pohybuje mezi 15 až 75. Viskozita je technologicky důležitou vlastností želatiny. U želatinových bonbonů je požadována velmi nízká viskozita, aby bylo možno bonbony dobře odlévat do forem, naopak např. u tvrdých farmaceutických kapslí je požadována vysoká viskozita želatiny.

Bloom-hodnota

Vyjadřuje želírující sílu želatiny, která je určujícím faktorem pro stanovení ceny. Měření Bloom-hodnoty se určuje pomocí vychlazeného roztoku při koncentraci 6,67 % (7,5 g želatiny a 105 g vody). Želatinový roztok je po rozpuštění při 60 °C ochlazen po dobu 16 hodin. Pevnost gelu se měří pomocí tzv. Bloom-želé-metru, toto měření spočívá na odporu želé vůči válečku o průměru 4 mm při jeho proniknutí do hloubky 12,7 mm. Pokud při použití zatížení 200 g dojde k proniknutí do této hloubky, jedná se o želatinu, jejíž Bloom-hodnota je 200 Bloomů.

Bod tání a tuhnutí

Bod tání je teplota přechodového bodu od gelu k roztoku. Bod tuhnutí je bodem přechodu od roztoku ke gelu. Bod tání se pohybuje okolo 28 – 30 °C. K tuhnutí želatinového roztoku dochází pomalu a nastává při teplotě nižší než 25 °C. Bod tání a tuhnutí je důležitý u některých aplikací želatiny pro nastavení potřebných teplot ve výrobě. Velký význam mají bod tání a tuhnutí při manipulaci s některými hotovými výrobky.

Zrnitost

U pár konkrétních aplikací želatiny je potřebná specifická zrnitost. Jsou různé typy zrnitosti od hrubých krystalů až po velmi jemný pudr. Běžná tržní zrnitost je prášek (20-25 mesh) [19].

Využití želatiny

Želatinové kapsle jsou malé, většinou podlouhlé nádoby používané pro uzavření různých látek. Jsou klasifikovány jako pevné dávkové formy, které jsou určeny nejen k orálnímu užití, ale může být také použita vaginálně a rektálně. Želatina je hlavní složka k přípravě kapslí, protože se vytváří celkem silné fólie při pokojové teplotě a ochotně se rozpouští po požití. V jejich závislosti na složení želatiny mohou být klasifikovány jako kapsle měkké nebo tvrdé.

Tvrdé želatinové kapsle

Tvrdé želatinové kapsle se skládají ze dvou skořepin: tělo kapsle a kratší víčko (obr. 7). Víčko se pohodlně vejde přes otevřený konec těla kapsle. Základní tvrdé želatinové tobolky jsou vyrobeny ze směsi želatiny, cukru, a vody. Jsou čirá, bezbarvá a v podstatě bez chuti. Neobsahují změkčovadla, což jim dává pevnou strukturu.



Obr. 7: Tvrdá želatinová kapsle

Za normálních okolností obsahují tvrdé želatinové tobolky 13-16 % vlhkosti. Pokud jsou vystaveny vysoké vlhkosti prostředí, mohou ztratit svůj pevný tvar. V opačném prostředí extrémního sucha může být kapsle příliš křehká a může se rozpadat při manipulaci. Protože vlhkost může rozložit nebo uvolnit želatinové kapsle, jsou kapsle s obsahem baleny do obalů.

Tvrdé želatinové kapsle se vyrábí máčením kolíků požadovaného tvaru a průměru do zásobníku. Kolíky jsou vyrobeny z manganové bronzu. Až 500 kolíků může být připojeno na každé desce. Vzhledem k tomu, že se deska snížila do želatinové lázně, kolíky jsou ponořeny do požadované hloubky. Požadovaná tloušťka povlaku je dosažena dobou ponoření. Desky s kolíky jsou zvednuty z želatinové lázně, želatina na kolíkách se suší prostřednictvím proudění vzduchu s řízenou teplotou a vlhkostí. Po usušení se každá kapsle ořízne na správnou délku a odstraní se z kolíků. To je důležité ke kontrole tloušťky želatinových stěn kvůli přiléhavosti mezi tělem kapsle a víčkem.

Tvrdé želatinové kapsle se plní většinou práškem, ale mohou být také použity pro zapouzdření celé řady materiálů, jako jsou tablety, menší kapsle ale i kapaliny [1,20].

Měkké želatinové kapsle

Jedná se o nádoby z jednoho kusu, které obsahují změkčovadla tak, proto aby byly flexibilní. Měkké želatinové kapsle se připravují přidáním změkčovadla a vícemocného alkoholu (sorbitol). Vyrábí se v různých tvarech jako jsou kulovité, eliptické, podlouhlé a speciální tvary (obr.8).

Měkké želatinové kapsle obsahují více vlhkosti než tvrdé kapsle. Vzhledem k tomu, že je želatina předmětem pro mikrobiální rozklad, mohou být měkké želatinové kapsle připraveny s konzervačními látkami, aby se zabránilo růstu plísní.



Obr. 8: Měkká želatinová kapsle

Složení kapslí

Želatina, změkčovač (sorbitol, voda), konzervační činidlo (benzoát sodný), barviva, pigmenty, glycerol, kokosový olej, protispékavá látka, zvlhčující látka [1,21].

Funkční a obchodní výhody

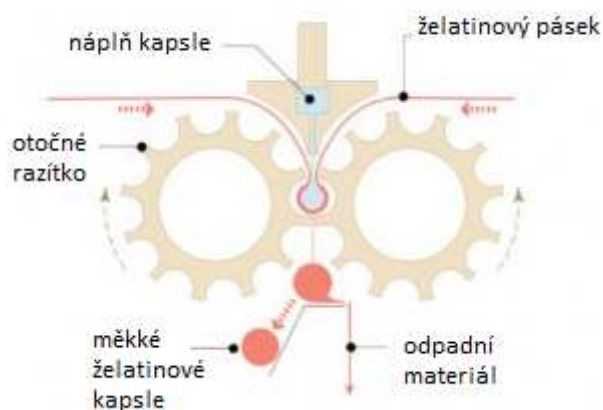
- Vykazují zvýšenou rychlost rozpouštění díky absorpci vody
- Zvýšená tělesná teplota zrychluje uvolňování obsahu tobolky
- Umožňuje podávání nižších dávek, což snižuje náklady na suroviny
- Umožňuje vyšší přesnost dávkování a rovnoměrnost obsahu
- Zabraňuje nepříjemné chuti a zápachu z účinných látek
- Snadnost polykání

Nevýhody

- Výroba je pomalejší.
- Je potřeba intenzivní kontroly v důsledku možných vad
- Zdlouhavý proces sušení
- Vyšší náklady kapslí

Existuje několik postupů jak připravit měkké želatinové kapsle. Většina měkkých želatinových kapslí vyrobených v průmyslu se připraví podle postupu rotační matrice (obr.9) [1].

V tomto procesu jsou dvě spojitě želatinové pásy sruženy mezi dvojitě otočné razítko. V okamžiku, kdy razidla tvoří kapsu, želatinový pásek se naplní odměřeným náplňovým materiálem a vstříkne se mezi stužky. Pak jsou kapsy s obsahem náplně želatiny utěsněny pomocí tlaku a tepla. Kapsle jsou následně oddělena od pásu. Tobolky jsou řezány z proužků, mohou být shromažďovány v chlazené nádobě, aby se zabránilo ulpívání kapslí k sobě a také kvůli získání matného povrchu [22].



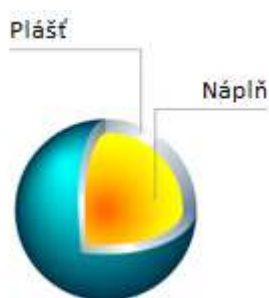
Obr. 9: Schéma výroby měkké želatinové kapsle

Mohou obsahovat nevodné kapaliny, suspenze, pastovité hmoty nebo suché prášky. Jsou zvláště důležité kvůli ochraně těkavých léčivých látek nebo materiálů náchylných k poškození v přítomnosti vzduchu.

Mikroenkapsulace

Mikroenkapsulace je balení malých kapiček kapaliny nebo částic. Většina mikrokapslí má průměr mezi několika mikrometry a několika milimetry

Mikrokapsle sestává z jádra a pláště (obr. 10). Materiál jádra obsahuje účinnou látku, zatímco plášť materiál pokrývá a zároveň chrání materiál jádra. Konfigurace jádra může být kulovitá nebo nepravidelné částice.



Obr. 10: Znázornění mikrokapsle

Mikroenkapsulaci lze provést k ochraně citlivé látky z vnějšího prostředí, k zamaskování organoleptických vlastností (barva, chuť, zápach látky), pro získání řízeného uvolňování léčivé látky, pro bezpečnou manipulaci s toxickým materiálem, pro cílené uvolňování léčiva a zabránění nepříznivých účinků jako je podráždění žaludku [21].

Techniky mikroenkapsulace

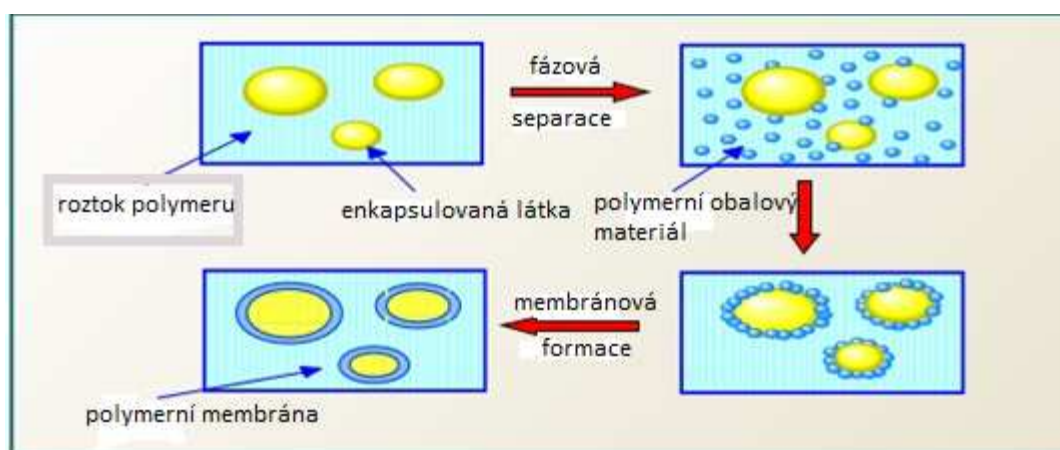
1. Chemické metody

Koacervace mikroenkapsulace

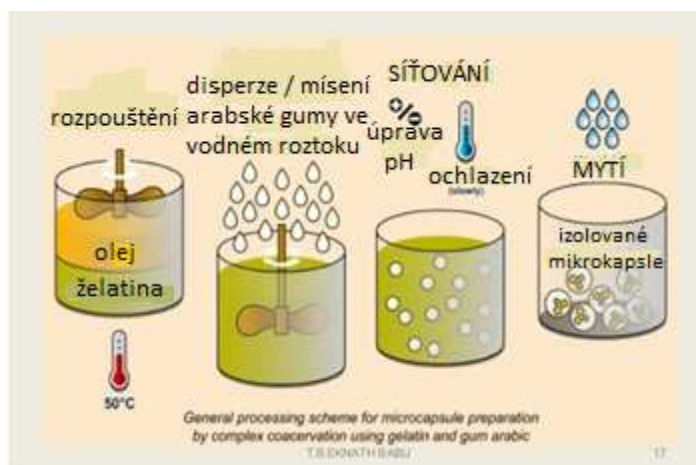
Je to separace jedné nebo více hydrokoloidů z původního roztoku a následné ukládání nově vytvořené koacervátové fáze okolo aktivní složky suspenze nebo emulze ve stejném reakčním prostředí. Koacervace je unikátní technologie mikroenkapsulace. Koacervace se obvykle používá pro zapouzdření aromatických olejů a může být také upravena pro zapouzdření rybích olejů, živin, vitamínů a konzervačních látek.

Existují dva způsoby koacervace a to jednoduchý a složený proces. Mechanismus vzniku mikrokapslí pro oba procesy je totožný jen s výjimkou způsobu, ve kterém se oddělení fází provádí.

Jednoduché koacervace postupuje v přidání desolvatačního činidla k oddělování fází (obr.11), zatímco složená koacervace se týká komplexů mezi dvěma opačně nabitými polymery (obr. 12) [22]:



Obr. 11: Schéma postupu jednoduché koacervace

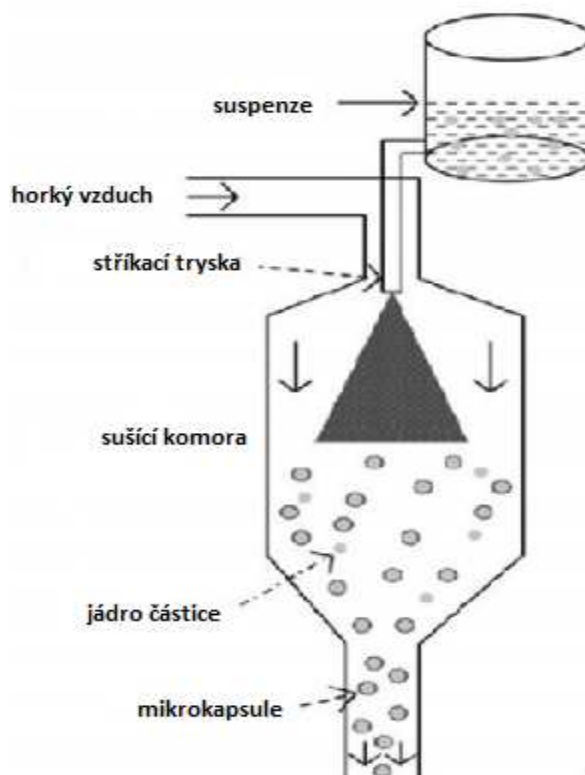


Obr. 12: Schéma postupu složené koacervace

2. Fyzikálně-mechanické metody

Sprejové sušení

Mikroenkapsulace sprejovým sušením je obchodní proces s nízkými náklady, který se používá hlavně pro enkapsulaci parfémů, olejů a chutí. Jádrové částice jsou dispergovány v roztoku polymeru a rozstříkují se do horké komory. Skořepina materiálu tuhne na povrchu jádrových částic, ve chvíli když se vypařuje rozpouštědlo (obr.13).



Obr. 13: Schéma metody sprejovým sušením

Mikročástice a mikrokapsle mají využití v potravinářství, farmacii, kosmetice, u spotřebních výrobků osobní péče, v zemědělství, veterinární medicíně, biotechnologii, biomedicínské a senzorové technice [24].

2.3 Sójový protein

Sója je jednou z nejdůležitějších luštěnin.

Hlavní použití sóji v potravinářském průmyslu je sójový olej.

Vedlejší produkt zpracovatelského průmyslu oleje je sójová mouka, vyrobená mletím sóji na prášek. Koncentrát sójové bílkoviny obsahuje asi 70 % sójového proteinu a izolát sójové bílkoviny je vysoce čištěná forma sójového proteinu s obsahem bílkovin o 90 % [25].

Sójová bílkovina je využívána jako zdroj potravy pro její nutriční, funkční i výživové vlastnosti.

Výroba filmu spočívá v rozpuštění sójového izolátu proteinu v destilované vodě za stálého míchání. Pro lepší texturu a flexibilitu filmů jsou přidávány plastifikátory (sorbitol, glycerol). Mohou být připraveny při kyselém nebo zásaditém pH, ale filmy připravené při alkalickém pH mají lepší mechanické vlastnosti. Také tepelné zpracování roztoků vytvářejících film může zlepšit pevnost v tahu a poměrné prodloužení při přetržení filmů. Do roztoku mohou být přidány různé složky jako např. antioxidanty, antimikrobiální činidla, vůně, chutě. Roztok se nalije na povrch desky a následuje sušení v peci. Konečné filmy jsou sejmuty a použity [26].

2.4 Cereální proteiny

2.4.1 Kukuřičný zein

Zein je hlavní skupinou proteinů v kukuřici (cca 50 %). Nachází se v kukuřičném endospermu a je ve vodě částečně rozpustný. Tvoří 44 až 79 procent endospermu kukuřice. Zein je směs bílkovin různé molekulární velikosti. Zein je bohatý na kyselinu glutamovou, leucin, prolin a alanin. Jeho hydrofobní charakter a špatná rozpustnost ve vodě jsou především z důvodu vysokého podílu nepolárních aminokyselin (leucin, prolin a alanin) [26].

Obchodní zein je v podstatě vedlejší produkt z kukuřice, který se získává mokřím mletím. Čistá kukuřice se ponoří do vody, která obsahuje oxid siřičitý z důvodu změkčení zrna. Hrubé mletí odděluje trupy a klíčky od endospermu, který se dále mele na jemnou kaši. Odstředivá separace škrobu z kaše endospermu opustí hmotu bohatou na bílkoviny. Může být extrahován vodným alkoholem a suší se na zrnitý prášek. Roční produkce zeinu ve Spojených státech je více než 1 milion liber.

Zeinové povlaky se obvykle připraví ve třech stupních. Zein prášek se rozpustí v teplém, vodném ethanolu nebo isopropanolu. Přidají se změkčovadla jako je propylenglykol,

glycerol, acetylované glyceridy, které zvyšují flexibilitu filmu. Takto připravený roztok nalijeme na desku, necháme odpařit rozpouštědlo a vysušit. Vznikl nám lesklý ochranný film. Produkty, které mají být potaženy, se mohou ponořit do roztoku nebo se postříkají či potřou. Pro zabránění oxidaci tuků můžeme do roztoku přidat antioxidanty. Zvýšení lesku filmu dosáhneme přidáním rostlinných olejů (bavlníkový olej nebo sójový olej).

Kukuřičný zein je jedním z několika proteinů, který se používá komerčně za potravinový povlak. Tyto povlaky jsou používány jako bariéra kyslíku, lipidů a vlhkosti pro ořechy, bonbóny, cukrářské výrobky a jiné potraviny [1,29].

Byly vyvinuty termoplastické zeinové filmy vytlačováním za použití změkčovadla polyethylenglykol. Výroba spočívá v použití jediného extrudéru s dvojitým šnekem. Film je vytlačován do stužky a lisován do listů. Tahové vlastnosti filmů byly podstatně ovlivněny podmínkami zpracování. Při tepelném zpracování (80 °C) se zvyšují tahových vlastností pro filmy získané dvou šnekovým vytlačováním. Filmy byly rovněž vyvinuty ze zeinu po přidavku polyethylenglykolu (PEG), kyseliny mléčné, kyseliny laurové a kyseliny stearové jako změkčovadla a vliv teploty směsi a teploty na mechanické vlastnosti. Bylo zjištěno, že nejvhodnější pro proces míchání je teplota zpracování mezi 60-100 °C. Rostoucí koncentrace glutaraldehydu (1 % až 4 %) zvýšila pevnost v tahu a prodloužení filmů. Tyto zesílené zein filmy mají dobrou odolnost vůči namáčení a vaření [27].

2.4.2 Pšeničný gluten

Gluten je jedním z hlavních vedlejších produktů v průmyslu zpracování škrobu s vysokým obsahem bílkovin. Tento proces probíhá mokrou separací a sušením. Je tvořený ze dvou proteinů gluteninu a gliadinu, které jsou ve vodě nerozpustné. Zbytek tvoří globuliny a albuminy. Nacházejí se společně se škrobem v endospermu semen některých obilnin, především pšenice, žita a ječmene. Společně poskytují lepek spolu se svými unikátními fyzikálními vlastnostmi - gliadin pro viskozitu a rozšiřitelnost a glutenin pro pružnost [28].

Materiály na bázi pšeničného glutenu jsou homogenní, transparentní, mechanicky pevné a relativně odolné proti vodě. Jsou biologicky rozložitelné a biologicky kompatibilní.

Pšeničný gluten má filmtvorné vlastnosti. Má schopnost síťování při zahřátí, nízkou rozpustnost ve vodě, nízkou cenu a snadnou dostupnost jako produkt pšeničného škrobu.

Zpracovává se technologií rozpouštědlovým způsobem a vytlačováním

Obaly a filmy z pšeničného lepku zlepšují skladování jídla, a to zejména v důsledku své schopnosti působit jako překážka vody, prevence dehydratace, kyslíku, světla, snižování oxidaci lipidů.

Pšeničný gluten je využíván ve formě filmu k balení potravin, ale také má uplatnění pro použití v nátěrových hmotách, lepidlech [1].

2.5 Proteiny mléka

Mléko obsahuje dvě bílkovinné složky: kasein (80%) a syrovátku (20%).

2.5.1 Kasein

Kasein je dominantní bílkovinou kravského mléka. Kaseiny se sráží z roztoku při pH 4,6 a teplotě přibližně 30 °C. Kaseiny jsou poměrně hydrofobní, kvůli nedostatku sekundární a terciální struktury.

Kasein získáváme dvěma způsoby, kyselým a sladkým. Kyselého kaseinu docílíme okyselením mléka na pH 4,6 pomocí minerálních kyselin a sladký kasein získáme použitím sířidla (síranu hořečnatého) při 30 °C [30].

Mezi vlastnosti kaseinových filmů řadíme průsvitnost, biologickou odbouratelnost a výhodné technické vlastnosti. K nevýhodám těchto materiálů patří omezené mechanické vlastnosti a citlivost k vodě a vodní páře, tyto nedostatky se však dají překonat přidáním změkčovadel. Jsou účinnou bariérou pro nepolární látky jako kyslík, oxid uhličitý nebo aroma. Z mléčných proteinů jsou vyráběny jedlé obaly a filmy, které slouží jako bariéra pro kyslík, zamezují ztrátě vlhkosti a aroma, vykazují dobrou pevnost v tahu, jsou pružné, bez chuti a vůně [31].

Kasein může snadno tvořit filmy díky své otevřené sekundární struktuře. Známe dva druhy výroby filmů:

- a) výroba filmu litím je provedena na rovných plochách a sušením. Tato metoda je využívána v laboratořích a je podobná tradiční výrobě papíru
- b) výroba vytlačováním kaseinu (17 % obsah proteinu) do koagulační lázně hydroxidu sodného a následným kalením, opláchnutím a vysušením

Vlastnosti filmů jsou u těchto způsobů výroby totožné.

Aby byly kasein filmy vhodnými materiály pro balení, musí splňovat transparentnost, biologickou rozložitelnost a dobré technické vlastnosti (bariérové vlastnosti pro O₂ a CO₂).

Materiály na bázi kaseinu mají dvě hlavní nevýhody společně s jinými biomateriály na bázi proteinů: omezené mechanické vlastnosti a citlivost na vodu.

Příkladem jsou povlaky na čerstvém ovoci a zelenině nebo zmražených potravinách [1].

2.5.2 Syrovátka

Syrovátka je protein, který se získává po odstranění kaseinu z mléka. Hlavními složkami syrovátkových bílkovin jsou β -laktoglobulin, α -laktalbumin, albumin, imunoglobuliny a pepton. Význam syrovátkových bílkovin spočívá v jejich vysoké nutriční hodnotě, která je vyšší než u kaseinu. Díky svému vhodnému složení aminokyselin, představují jeden z nejhodnotnějších běžně dostupných bílkovinných materiálů. Jsou rovněž hodnotným zdrojem vitaminů a minerálních látek. Syrovátka je využívána především v potravinářském a farmaceutickém průmyslu a ke krmným účelům. Nativní syrovátkové proteiny jsou globulární proteiny, které obsahují většinu hydrofobní a SH skupin [6,32].

Filmy ze syrovátkových bílkovin se připravují tepelnou denaturací a přidáním změkčovadla (glycerol), takto tepelně denaturované syrovátka jsou schopny vytvořit transparentní, jemné a flexibilní jedlé filmy. Připravují se litím.

Vzniklé filmy vynikají bariérovými vlastnostmi proti kyslíku, olejům a aromatickým látkám. Přídavkem lipidů docílíme větší odolnosti proti vodě [1].

2.6 Keratin

Keratin patří do skupiny živočišných vláknitých proteinů, které jsou ve vodě nerozpustné. Keratiny mohou být klasifikovány jako alfa- a beta-typů. Alfa typ keratinu se vyskytuje u savců, beta typ u plazů a ptáků.

Konstrukčně se jedná o superhelix složený z alfa - šroubovice nebo beta skládaných polypeptidů spojených vodíkovými vazbami a disulfidovými můstky. Tyto proteiny se nacházejí v epidermálních tkáních obratlovců, např. lidský vlas a ovčí vlna, peří, rohy nosorožců, drápy, kopyta, zobáky, brka a různé mozoly a kuří oka. Tyto keratinové materiály, které mají vysoký obsah cysteinu, což je odlišuje od jiných proteinů, jsou obvykle odolné, pevné a nereaktivní.

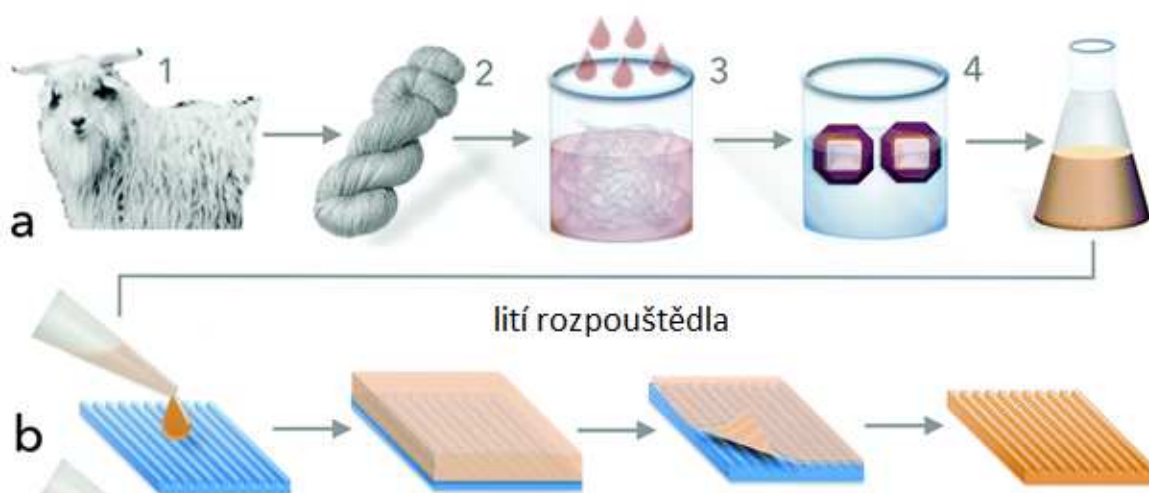
Obvykle se získává z živočišného odpadu drůbežářského průmyslu, zpracování masa a kožešinového průmyslu. Keratin je používán ve velkých množstvích v krmivářství, kosmetickém průmyslu, odvětví výroby hnojiv, cementářského průmyslu, a keramickém průmyslu. Odhaduje se, že ve Spojených státech vzniká jako vedlejší produkt v drůbežářském průmyslu 3-4 miliardy liber peří a v Číně více než 1,5 miliardy liber peří [33].

Použití

Keratinové filmy mohou být připraveny litím z rozpouštědla. Tato technologie je stále atraktivní pro výrobu fólií s velmi vysokými požadavky na kvalitu. Výhodou této technologie zahrnuje jednotnou distribuci tloušťky, maximální optickou čistotu a extrémně nízký zákal.

První krok ke vzniku keratinových filmů je příprava redukované formy keratinu. Vše začíná nákupem čerstvého mokrého peří, které se vyčistí, vysuší a nařeže na malá vlákna. Odmaštěné peří se ponoří do vodného roztoku vhodných redukčních činidel (2-merkapt ethanol, kyselina thioglykolová) a močoviny. Tato směs se třepe při 50 °C pod atmosférou dusíku v reaktoru s dvojitým pláštěm po dobu hodiny a potom se filtruje za použití papírového filtru.

Ve druhém kroku se vzniklá vodná disperze keratinu smísí se změkčovadlem (glycerolem). Pokud by se nepoužilo změkčovadlo, výsledný film by byl křehký pro manipulaci. Přídavek glycerolu zlepší vlastnosti filmu. Filtrovatelná disperze se nalije na hladkou desku a nechá se vysušit při pokojové teplotě. Pro sloupnutí vysušeného filmu se deska na krátkou dobu zahřeje. Získáme transparentní, poměrně silný, flexibilní a biologicky rozložitelný film (obr.14) [34].



Obr. 14: Schéma výroby filmu litím rozpouštědla

Příprava kompozitní fólie z keratinu a chitosanu

Chitosan se míchá v kyselině octové při pokojové teplotě, dokud se nezíská homogenní roztok. Ledová kyselina octová se přidá k vodnému roztoku keratinu, obsahující 100 mg proteinu, čímž se získá 75 % roztok kyseliny octové, který se potom smísí s odpovídajícím objemem roztoku chitosanu (2,5 mg/ml). Roztok keratinu a chitosanu byl odlit do polypropylenové formy a přes noc se vysuší při teplotě 50 °C. Tloušťka získané fólie byla 0,01-0,02 mm v průměru.

Chitosan je dobře zkoumaná biomolekula pro aplikace biomateriálů, a je známo, že mají vysokou biokompatibilitu a biologické funkce pro hojení ran a antibakteriální aktivitu.

Přídavek chitosanu do keratinových filmů má za následek zlepšení mechanické pevnosti a antibakteriálních vlastností [35,36].

Vodné roztoky tohoto redukovaného keratinu se využívají i pro přípravu mikrokapsulí. Tato metoda probíhá použitím ultrazvuku.

Zapouzdření bylo provedeno následujícím způsobem:

Směs vodného roztoku keratinu, organického rozpouštědla (toluenu, xylen) a enkapsulované látky se homogenizuje pomocí ultrazvukové sondy při teplotě 22 °C po dobu 3 minut při 32 W za míchání magnetickým míchadlem. Výsledná mléčná suspenze se odstředí po dobu 15 minut. Horní vrstva, obsahující mikrokapsle, se míchá s vodou a odstředí se. Tento mycí proces se opakovale ještě několikrát, dokud není spodní vodná fáze čistá. Keratinové kapsle jsou stabilní ve vroucí vodě a většině organických rozpouštědel, avšak ztrácí svůj tvar po zahřátí ve zředěném vodném roztoku 2-merkapt ethanolu a dithiothreitolu.

Využívá se v enkapsulaci barviv, ochucovadel, vůní, léků, olejů nebo tuků [1].

2.7 Vaječný bílek

Vaječný bílek je protein, který se skládá z roztoku globulárních proteinů obsahující řetězce ovomucinu. Vaječný albumin, který je hlavní bílkovinou, představuje více než polovinu hmotnosti vaječného bílku. Je jedinou frakcí, která obsahuje volné skupiny (SH) skupiny. Jiné proteiny, ovotransferrin, ovomukoidu, a lysozyme obsahují disulfidové (SS) skupiny. Ty jsou považovány za důležité při tvorbě filmu na proteiny. Vaječný žloutek má větší využití v potravinářském průmyslu, proto se začalo zkoumat použití vaječného bílku jako základního materiálu pro výrobu jedlých filmů a povlaků.

Aplikace

Přípravu filmů z proteinu vaječného bílku zahrnuje denaturaci vaječného bílku ve vodném roztoku. Následně probíhá proces lití na rovný povrch a následné sušení. Do vodného roztoku s daným pH se přidá vaječný bílek, plastifikátor (glycerol, polyethylenglykol sorbitol) a silikonový olej proti pění. Roztok se zahřívá na teplotu 45 °C po dobu 20 minut, zhomogenizuje se a poté se vylíje na hladkou plochu, kde se odpaří rozpouštědlo.

Funkční vlastnosti lze zlepšit zesíťováním prostřednictvím chemického, fyzikálního a enzymatického ošetření. Síťování zlepšuje mechanickou pevnost a rozpustnost ve vodě.

Filmy a fólie z vaječného bílku se nanáší přímo na potraviny, kdy se přizpůsobují jejich tvaru. Využívá se u směsí cereálií, rozinek, masa. [1,3]

2.8 Další proteinové filmy

Myofibrilární proteiny

Tyto proteiny se skládají z myosinu, aktinu a regulačních proteinů jako je tropomyosin, troponin a aktinin. Tvoří 66-77 % celkových proteinů svalu a poskytují několik funkčních vlastností, které jsou užitečné v potravinářských výrobcích. Filmy se vyrábí litím nebo vytlačováním. Jsou jedlé, průhledné, nerozpustné. Jejich využití je zejména v obalování masa [1,3].

Další proteiny, které jsou méně dostupné z komerčního hlediska [37]:

- amarantový protein
- arašídový protein
- rýžový protein
- hrachový protein

3 SYNTETICKÉ POLYMERY

Polymery označované jako syntetické se v přírodě nevyskytují. Ropa a zemní plyn jsou surovinami, jejichž zpracováním získáváme materiál pro výrobu polymerů. Jsou to řetězce monomerů, které se polymerací (radikálová, iontová), polykondenzací a polyadící mění na dané polymery.

Rozlišujeme polymery:

- lineární, rozvětvené a zesíťované
- podle jejich chování za tepla, plasty tavitelné teplem – termoplasty a plasty tvrditelné teplem – reaktoplasty
- podle pravidelnosti prostorového uspořádání makromolekul, v tuhém stavu rozlišujeme stav krystalický - vysoce uspořádaný, a sklovitý - neuspořádaný (amorfní)

Zpracovatelské technologie: válcování, vytlačování, vstřikování, vyfukování, tvarování, máčení, lití [38].

3.1 Polyethylen (PE)

Je to semikrystalický termoplast, který vzniká polymerací ethenu. Jeho vlastnosti jsou závislé na molekulové struktuře. Je to tuhá látka, ve filmech ohebná, skoro průhledná. Zpracovává se všemi metodami zpracování.

Má výborné elektroizolační a dielektrické vlastnosti, za běžných podmínek odolává polárním rozpouštědlům, vodě, kyselinám. Vyniká velmi dobrou chemickou a mechanickou odolností, je zdravotně nezávadný a chemicky stabilní - nezanechává pachové stopy.

Patří mezi nejběžnější plasty, které se používají v mnoha odvětvích potravinářského a textilního průmyslu. Popisujeme dva neznámější druhy:

a) rozvětvený PE s nízkou hustotou (LDPE)

Vlastnosti: měkký, ohebný, pevný.

Použití: přepravní pytle, balící materiál a tenké zemědělské přikrývky.

b) lineární PE s vysokou hustotou (HDPE)

Vlastnosti: tvrdý, neohebný.

Použití: vršky PET lahví, trubky, dózy, fólie [39].

3.2 Polypropylen (PP)

Je to krystalický polymer s nízkou hustotou. Zpracovává se nejčastěji vstřikováním a vytlačováním.

Má výborné elektroizolační vlastnosti, chemickou odolnost, vyšší teplotu měknutí, vyšší pevnost v tlaku a tahu, menší propustnost pro plyny a páry.

Vyrábějí se různé předměty spotřebního průmyslu: např. fólie, misky a jiné obalové materiály, vlákna. Používají se pro balení potravin – těstovin, bonbónů, mastných produktů [40].

3.3 Polystyren (PS)

Patří mezi nejstarší syntetizované polymery. Zpracovává se především vstřikováním.

Je transparentní, má výborné elektroizolační vlastnosti, odolává účinku alkoholu, vody, minerálních olejů, fotooxidací žloutne a křehne.

Použití: využívá se k výrobě nenáročného spotřebního zboží, jakým jsou různé kelímky, misky, podnosy, obaly na CD [41].

3.4 Polyvinylchlorid (PVC)

Bílý prášek termoplastického charakteru. Zpracovává se vytlačováním, lisováním, válcováním, máčením nebo litím. Vyrábí se měkké a tvrdé PVC.

Je odolný vůči chemikáliím, tvrdý, oděruvzdorný, pevný, má dobré elektroizolační vlastnosti. Je samozhášivý, má nízkou tepelnou odolnost.

Používá se měkké – fólie a desky, podlahoviny, hračky. Tvrdé – trubky, profily oken, duté výrobky [41].

3.5 Polyetylentereftalát (PET)

Je to tvrdý, průhledný plast s nízkou hmotností. Nejčastěji je vyfukován.

Je odolný proti alkoholu a rozpouštědlům, nepropustný pro plyny a odolnost proti vlhkosti je průměrná. Je vysoce transparentní, odolný proti nárazu a pevný. Nevykazuje žádnou reakci s potravinami, je odolný vůči mikroorganismům. Z tohoto důvodu je doporučován pro balení potravin, nápojů a léků. Tento materiál je v celosvětovém měřítku nejvíce recyklován [42].

4 POROVNÁNÍ PROTEINOVÝCH A SYNTETICKÝCH OBALŮ V POTRAVINÁŘSTVÍ

Každý typ proteinového a syntetického obalu má svoje specifické vlastnosti, podle kterých určíme jeho konečné použití. Obě skupiny obalů mají své klady i zápory a dle potřebných vlastností lze zvolit mezi syntetickými nebo přírodními obaly, případně použít jejich kombinaci pro dosažení požadovaného výsledku.

Proteinové obaly

Jednou z největších výhod přírodních obalových materiálů je jejich biologická rozložitelnost, která výrazně přispívá k nezatěžování životního prostředí odpadem.

Jedlé obaly mají mnoho dalších výhod, jako jsou konzumace společně s potravinou, ochrana proti mikroorganismům, dodatečné navýšování nutriční hodnoty, ochrana proti vlhkosti, případně prodyšnost pro vodní páru nebo bariérové vlastnosti pro kyslík a další.

Oproti syntetickým obalům je výroba přírodních filmů a povlaků složitější, a tím rostou výrobní náklady, které se poté projeví v konečné ceně výrobků. Obaly z přírodních materiálů mnohdy také nedosahují takových mechanických vlastností jako syntetické materiály.

Syntetické obaly

Mezi hlavní výhody plastových obalových materiálů patří jejich pevnost, nepropustnost pro vodu a vodní páru, nepropustnost pro plyny, odolnost proti mikrobům a chemikáliím a také zdravotní nezávadnost. U tohoto typu obalu lze měnit tvarové řešení, barvu a povrchovou úpravu potiskem. Nezanedbatelnou výhodou je dostupnost a nízké výrobní náklady.

Hlavní nevýhodou plastových obalů je, že jsou biologicky nerozložitelné a hromadí se na skládkách, kde představují zátěž pro životní prostředí. Syntetické materiály lze samozřejmě recyklovat, ovšem tyto již nemohou být použity pro výrobu obalů určených ke styku s potravinami.

Závěrem můžeme konstatovat, že nejde preferovat proteinový obal před syntetickým. Důležité je se řídit specifiky produktu, pro který bude obal určen, a dle toho použít obalový materiál s vyhovujícími vlastnostmi.

ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo seznámení s proteinovými obaly v potravinářství.

V současné době se stále častěji setkáváme s přírodními obaly potravin, střívky, potravinářskými filmy a povlaky a mikrokapsulemi. Jedná se o jedlé obaly na bázi proteinů. Tyto obaly se kromě základní složky proteinu skládají z dalších látek – z polysacharidů, lipidů, změkčovadel, antioxidantů a dalších. Všechny tyto složky upravují vlastnosti proteinových obalů, a tím mohou zvýšit jejich další využití. Proteinové obaly se připravují nejčastěji litím nebo vytlačováním. V potravinářském průmyslu se využívají různé typy proteinových obalů založených na bílkovinách kolagenu, želatině, kukuřičném zeinu, kaseinu a dalších. Mezi jejich hlavní pozitiva patří dobré bariérové vlastnosti a mechanické vlastnosti mnohdy srovnatelné se syntetickými obaly. Každá bílkovina vykazuje jiné vlastnosti, a proto je jejich využití odlišné dle specifických požadavků na obal a obalovaný produkt.

Jinou kategorií než přírodní proteinové obaly jsou syntetické obalové materiály. Tyto obaly jsou snadno dostupné, mají nízkou cenu, vykazují dobré mechanické i bariérové vlastnosti. Jejich nevýhodou je, že jsou biologicky nerozložitelné a tím zatěžují životní prostředí.

Obalové materiály je nutné volit dle požadavků na jednotlivé produkty a jejich vlastnosti. Nelze jednoznačně prohlásit, že proteinové filmy a povlaky jsou výhodnější než syntetické obaly, ale myslím si, že s ohledem na životní prostředí bychom se měli snažit více využívat biodegradabilní, požitelné a zdravotně nezávadné obaly.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] GENNADIOS, A. *Protein-based films and coating*, CRC Press, 2002, ISBN 15-871-6107-9, 650 s.
- [2] GUEST EDITOR J. M. LAGARON. *Multifunctional and nanoreinforced polymers for food packaging*. Cambridge: Woodhead Publishing Ltd, 2011. ISBN 9780857092786.
- [3] Han, Jung H.. (2014). *Innovations in Food Packaging (2nd Edition)*. Elsevier. ISBN 978-0-12-394601-0
- [4] J. Drápal, J. Hajšlová, M. Jechová, M. Kozáková, F. Malíř, D. Müllerová, V. Ostrý, J. Ruprich, J. Sosnovcová, V. Špelina, D. Winklerová. *Aktivní a inteligentní obalové systémy pro balení potravin*. Vědecký výbor pro potraviny. INFO/2007/22/deklas/FCM . Dostupný z: http://czvp.szu.cz/vedvybor/dokumenty/informace/info_2007_22_deklas_FCM.pdf
- [5] Yada, R.Y.: *Proteins in Food Processing. 1st ed.* Woodhead Publishing, 2004, 728 p. ISBN 978-1-85573-723-5.
- [6] Embuscado Milda E., Kerry C. Huber. *Edible Films and Coatings for Food Applications*. London: Springer, c2009. ISBN 0387928235.
- [7] PHILLIPS, Glyn O. a Peter A. WILLIAMS. *Handbook of food proteins*. Philadelphia: Woodhead Publishing, 2011. Woodhead Publishing in food science, technology, and nutrition, no. 222. ISBN 0857093630.
- [8] Sabina Galus , Justyna Kadzinska. *Food applications of emulsion-based edible films and coatings*. Trends in Food Science & Technology. (2015). 273-283. Dostupné z: www.sciencedirect.com
- [9] FELLOWS, P. *Packaging*. Food processing technology: principles and practice. 2nd ed. Boca Raton, FL: CRC Press, 2000. ISBN 0849308879.
- [10] E-chembook.eu. *Bílkoviny*. Dostupné z: <http://www.e-chembook.eu/bilkoviny>
- [11] studiumbiochemie.cz: *Přírodní látky bílkoviny*. Dostupné z: http://www.studiumbiochemie.cz/prirodni_latky_bilkoviny.html
- [12] Wikiskripta: *Bílkoviny*. Dostupné z: [http://www.wikiskripta.eu/index.php/B%C3%ADlkoviny_\(1._LF_UK,_NT\)](http://www.wikiskripta.eu/index.php/B%C3%ADlkoviny_(1._LF_UK,_NT))
- [13] Shoulders, M. D., & Raines, R. T. *COLLAGEN STRUCTURE AND STABILITY*. Annual Review of Biochemistry, 78, 929–958. Dostupný z: <http://doi.org/10.1146/annurev.biochem.77.032207.120833>
- [14] Chemické listy: *KOLAGEN - VLASTNOSTI, MODIFIKACE A APLIKACE*. Dostupný z: <http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/archiv/2000-PDF/06-PDF/371-379.pdf>
- [15] Djordjevic J., Pecanac B. et al. *Fermented sausage casings*. Procedia Food Science 5 .2015.p.69 – 72. Dostupné z: www.sciencedirect.com
- [16] Meatupdate.csiro.au: *Edible collagen films* . Dostupný z: <http://www.meatupdate.csiro.au/infosheets/Edible%20Collagen%20Films.pdf>

- [17] Wittaya. *Protein-Based Edible Films: Characteristics and Improvement of Properties*. Dostupný z: http://cdn.intechopen.com/pdfs/38355/InTechProtein_based_edible_films_characteristics_and_improvement_of_properties.pdf
- [18] Kodjo Boady Djagny , Zhang Wang & Shiyong Xu (2001): *Gelatin: A Valuable Protein for Food and Pharmaceutical Industries: Review, Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 41:6, 481-492. Dostupný z: <http://www.cfs.purdue.edu/fn/fn453/Gelatin%20chemistry.pdf>
- [19] Hages pro Českou republiku: *Želatina*. 2005. Dostupný z: <http://www.hages.cz/katalogy/zelatina.pdf>
- [20] kinam.com. *SOLID DOSAGE FORMS: CAPSULES*. Dostupný z: <http://kinam.com/Lectures/363/3.Capsules%20Text.pdf>
- [21] N. Venkata Naga Jyothi, P. Muthu Prasanna et al. *Microencapsulation techniques, factors influencing encapsulation efficiency. Journal of Microencapsulation*, 2010: 187–197. Dostupný z: <http://www.ufrgs.br/ppgcf/escoladeverao/wp-content/uploads/2016/02/Jyothi-2010-micro.pdf>
- [22] druginfocentre.blogspot.cz. *Sizes and structure of capsules*. Dostupné z: http://druginfocentre.blogspot.cz/2013_02_14_archive.html
- [23] slideshare.net. *Microcapsulation*. Dostupné z: <http://www.slideshare.net/GajananSanap/microencapsulation-58778836>
- [24] Sagis, Leonard M.C.. *Microencapsulation and Microspheres for Food Applications*. Elsevier. 2015. ISBN 978-0-12-800350-3.
- [25] WOOL, Richard P. a Xiuzhi Susan SUN. *Bio-based polymers and composites*. Amsterdam: Elsevier, 2004. ISBN 0-12-763952-7.
- [26] Kunte, L. A.; Gennadios, A.; Cuppett, S. L.; Hanna, M. A.; and Weller, Curtis L., *Cast Films from Soy Protein Isolates and Fractions. (1997)*. Biological Systems Engineering: Papers and Publications. Paper 104. <http://digitalcommons.unl.edu/biosysengfacpub/104>
- [27] Reddy, N. and Yang, Y. (2013), *Thermoplastic films from plant proteins*. J. Appl. Polym. Sci., 130: 729–738. Dostupný z: <http://onlinelibrary.wiley.com.proxy.k.utb.cz/doi/10.1002/app.39481/epdf>
- [28] Yanyan Zhang at al. *Surface topography, nano-mechanics and secondary structure of wheat gluten pretreated by alternate dual-frequency ultrasound and the correlation to enzymolysis*. Ultrasonics Sonochemistry 31 (2016) 267–275. Dostupné z: www.sciencedirect.com
- [29] John W. Lawton. *Zein: A History of Processing and Use*. Dostupné z: http://prairie-gold.com/zein_background.pdf
- [30] Corredig, Milena. (2009). *Dairy Derived Ingredients - Food and Nutraceutical Uses*. Woodhead Publishing. ISBN 978-1-84569-465-4

- [31] Jean-Luc Audic, Bernard Chaufer, Georges Daufin. Non-food applications of milk components and dairy co-products: A review. *Le Lait*, 2003, 83 (6), 417-438. Dostupný z: <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00895512>
- [32] Alena Hejtmánková , Blanka Jansová , Hedvika Dragounová. *Obsah a složení syrovátkových bílkovin kozího mléka*. Katedra chemie, Katedra kvality zemědělských produktů, FAPPZ, ČZU Praha. Dostupný z: http://www.agris.cz/Content/files/main_files/75/153025/33_06.pdf
- [33] Yao Dou, Buning Zhang, Ming He, Guoqiang Yin, Yingde Cui. *The structure, tensile properties and water resistance of hydrolyzed feather keratin-based bioplastics*. *Chinese Journal of Chemical Engineering*, Volume 24, Issue 3, March 2016, Pages 415–420. Dostupný z: <http://www.sciencedirect.com/>
- [34] Andreia Vasconcelos and Artur Cavaco-Paulo. *The Use of Keratin in Biomedical Applications*. *Current Drug Targets*, 2013, 14, 612-619. Dostupný z: <http://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/25942/1/2013%20The%20Use%20of%20Keratin%20in%20Biomedical%20Applications.pdf>
- [35] Toshizumi Tanabe, et al. *Preparation and characterization of keratin–chitosan composite film*. *Biomaterials*. Volume 23, Issue 3, 2002, Pages 817–825. Dostupné z: www.sciencedirect.com
- [36] Jillian G. Rouse and Mark E. Van Dyke. *A Review of Keratin-Based Biomaterials for Biomedical Applications*. *Materials* 2010, 3, 999-1014.
- [37] MOKREJŠ, Pavel a Ferdinand LANGMAIER. *Aplikace přírodních polymerů*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2008. ISBN 978-80-7318-674-6.
- [38] RNDr. Josef Husárek, Ph.D. *MAKROMOLEKULÁRNÍ LÁTKY, SYNTETICKÉ POLYMERY*. Dostupné z: http://ucitelchemie.upol.cz/materialy/studijni_texty/vyukova_temata/plasty_text.pdf
- [39] BRYDSON, J. A. *Plastics materials*. 7th ed. Boston: Butterworth-Heinemann, 1999. ISBN 0750641320
- [40] ŠTĚPEK, Jiří. *Polymery v obalové technice*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1981. Makromolekulární látky.
- [41] MLEZIVA, Josef. *Polymery - výroba, struktura, vlastnosti a použití*. 2. přepr. vyd. Praha: Sobotáles, 2000. ISBN 80-85920-72-7.
- [42] Tiefziehen. *PET*. Dostupné z: <http://tiefziehen.com/cz/PET/>

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1: Princip tvorby filmu rozpouštědlovým způsobem	14
Obr. 2: Schéma vytlačování filmů	14
Obr. 3: Vzorec α aminokyseliny	16
Obr. 4: Struktura bílkovin	17
Obr. 5: Schéma kolagenu	19
Obr. 6: Schéma výroby koextruze	21
Obr. 7: Tvrdá želatinová kapsle	23
Obr. 8: Měkká želatinová kapsle	24
Obr. 9: Schéma výroby měkké želatinové kapsle	25
Obr. 10: Znárodnění mikrokapsle	25
Obr. 11: Schéma postupu jednoduché koacervace	26
Obr. 12: Schéma postupu složené koacervace	27
Obr. 13: Schéma metody sprejovým sušením	27
Obr. 14: Schéma výroby filmu litím rozpouštědla	32

SEZNAM TABULEK

Tab. 1: Tabulka rozdělení bílkovin	18
Tab. 2: Typy nejvýznamnějších kolagenů	19