

Aktivní a inteligentní obalové materiály pro potraviny

Denisa Jedruchová

Bakalářská práce
2021



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav technologie potravin

Akademický rok: 2020/2021

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE (projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Denisa Jedruchová**
Osobní číslo: **T18010**
Studijní program: **B2901 Chemie a technologie potravin**
Studijní obor: **Chemie a technologie potravin – specializace Technologie mléka a mléčných výrobků**
Forma studia: **Kombinovaná**
Téma práce: **Aktivní a inteligentní obalové materiály pro potraviny.**

Zásady pro vypracování

Teoretická BP

1. Tradiční balení potravin.
2. Inteligentní obalové materiály.
3. Antimikrobiální obalové materiály.
4. Nanokompozitní obalové materiály.
5. Migrace složek obalových kontaktních materiálů do potravin.
6. Legislativní požadavky pro materiály ve styku s potravinami.

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

Seznam doporučené literatury:

- [1] ROBERTSON, Gordon I. *Food packaging: principles and practice*, 3rd ed. Boca Raton, FL: CRC Press, c2013
- [2] KONTOMINAS, Michael G. *Food packaging: procedures, management, and trends*. New York: Nova Science Publishers, c2012
- [3] HÖRRELT, Martin J. *Food contact materials: rubbers, silicones, coatings and inks*. Shawbury: ISmithers, 2009, 1 online zdroj (xiv, 363 pages). ISBN 9781817354150
- [4] BRIGDY, Aaron L., Eugene R. STRUPINSKY a Lauri R. KLINE. *Active packaging for food applications*. Lancaster, Pa.: Technomic Pub. Co., 2001, xviii, 218 p. ISBN 9781420021812
- [5] SMEJTKOVÁ, Andrea a Jaroslav DOBIÁŠ. *Obaly a obalová technika*. V Praze: Česká zemědělská univerzita, 2004, 119 s. ISBN 802313753

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Mgr. Barbora Lapčíková, Ph.D.**
Ústav technologie potravin

Datum zadání bakalářské práce: **31. prosince 2020**

Termín odevzdání bakalářské práce: **21. května 2021**

L.S.

prof. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
dekan

Ing. Robert Gál, Ph.D.
ředitel ústavu

PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že:

- bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a dostupná k nahlédnutí;
- na moji 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;
- podle § 60 odst. 1 autorského zákona má Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užit své dílo – 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);
- pokud bylo k vypracování bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem 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.

Prohlašuji,

- že jsem na bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou obsahově totožné.

Ve Zlíně, dne:

Jméno a příjmení studenta:

.....
podpis studenta

ABSTRAKT

Cílem této rešeršní bakalářské práce je seznámit se s tradičními obaly používanými v potravinářství a vývojem nových typů obalových materiálů na bázi nanokompozitů, inteligentních obalů s teplotními i bakteriálními senzory, antimikrobiálních obalů a jejich využití. Součástí práce jsou spotřebitelské a hlavně legislativní požadavky pro materiály určené ke styku s potravinami. V závěru této práce je zhodnocena pozice obalu vůči výrobku, jeho ovlivnění vlastností potravin a jeho posun od „klasického obalu“ až po „inteligentní obal“ monitorující podmínky balených potravin.

Klíčová slova: obalový materiál pro potraviny, inteligentní obaly, antimikrobiální obaly, legislativní požadavky pro materiály ve styku s potravinami.

ABSTRACT

The aim of this bachelor's thesis is to get acquainted with traditional packaging used in the food industry and the development of new types of packaging materials based on nanocomposites, intelligent packaging with temperature and bacterial sensors, antimicrobial packaging and their use. Part of the work are consumer and especially legislative requirements for materials intended for contact with food. At the end of this work, the position of the packaging in relation to the product, its influence on food properties and its shift from "classic packaging" to "intelligent packaging" monitoring the conditions of packaged food is evaluated.

Keywords: packaging material for food, smart packaging, antimicrobial packaging, and legislative requirements for materials in contact with food.

Zde je místo pro případné poděkování, popř. motto, úryvky knih atp.

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

OBSAH

ÚVOD.....	8
I TEORETICKÁ ČÁST	9
1 TRADIČNÍ BALENÍ POTRAVIN	10
2 INTELIGENTNÍ OBALY	23
3 ANTIMIKROBIÁLNÍ OBALOVÉ MATERIÁLY	25
4 NANOKOMPOZITNÍ OBALOVÉ MATERIÁLY	28
5 MIGRACE SLOŽEK OBALOVÝCH KONTAKTNÍCH MATERIÁLŮ DO POTRAVINY	37
MODELOVÉ MIGRAČNÍ ZKOUŠKY	38
6 LEGISLATIVNÍ POŽADAVKY PRO MATERIÁLY VE STYKU S POTRAVINAMI	41
ZÁVĚR	43
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	50
SEZNAM OBRÁZKŮ	51
SEZNAM TABULEK.....	52
SEZNAM PŘÍLOH.....	53

ÚVOD

Obalový materiál je kategorie, kde je aplikována funkčnost i design obalu, který v dnešní době přebírá funkci prodávajícího. Obal musí potravinu především chránit a umožnit jednoduchou manipulaci při skladování i samotné distribuci. V prvním bodě práce jsou popsány nejčastěji používané obalové materiály, tedy materiály tradiční, užívané po spousty let. V druhé části jsou uvedeny inteligentní obalové materiály, které nám, spotřebitelům, podávají informace o potravine v nich zabalené. Tyto obaly nás informují např. o teplotě a čerstvosti. Třetím bodem jsou antimikrobiální obalové materiály, které interagují s potravinou a díky svým mikrobistatickým a mikrobicidním účinkům prodlužují trvanlivost potraviny, neovlivňují ale žádným způsobem senzoričké vlastnosti potraviny (stejně tak jako zbylé obalové materiály). Látky užívané v antimikrobiálních obalech mohou být dvojího typu a to přírodního a syntetického původu. Čtvrtá část dotýkající se vývoje a charakteristiky nanokompozitních obalových materiálů přibližuje obalové materiály s aplikací jedné nebo více částic o nano rozměrech. Nanokompozitní obalové materiály mohou aktivně měnit podmínky, za kterých je potravina v obalu uchovávána a tím tedy prodlužovat její trvanlivost nebo upravovat senzoričké a nutriční vlastnosti. Další problematikou této práce je migrace složek obalových kontaktních materiálů do potraviny, tedy přechod látek z materiálu na potravinu. Reakce mezi potravinou a obalem ve finále ovlivňují složení, kvalitu a i fyzikální vlastnosti jak potraviny, tak i obalu. Jsou stanoveny limity pro migrující látky a také dané migrační zkoušky, kterými se tento limit sleduje. V závěru bakalářské práce jsou vypsány také legislativní požadavky pro materiály ve styku s potravinami.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 TRADIČNÍ BALENÍ POTRAVIN

Funkcí obalových materiálů potravin je především ochrana před znehodnocením, ať už biologickou, fyzikální nebo chemickou kontaminací. Obal ochraňuje potravinu hlavně před mechanickým poškozením, oxidačně-redukčními změnami, změnami vlhkosti, změnami vůně a chuti, vlivem záření, změnami teploty, kontaminací cizorodými látkami, znehodnocením mikrobiální cestou, působením hmyzu a hlodavců apod. Prakticky pokaždé, kdy přijde potravina do kontaktu s obalem, dochází k vzájemnému ovlivnění. Ani skleněné obaly považované za inertní, zcela inertní nejsou. Vzájemné působení mezi obalem a balenou potravinou zahrnují chemické a fyzikální reakce mezi potravinou, jejím obalem a okolím, které ve svém důsledku ovlivňují jak složení, kvalitu, tak i fyzikální vlastnosti jak potraviny, tak obalu [1].

1.1 Funkce obalů

- Ochranná funkce = chrání potravinu a chrání před potravinou
 - Bariérové vlastnosti: nepropustnost, řízená propustnost pro vodu, páru, kyslík a plyny, světlo (UV)
 - Chemická odolnost vůči: vodě, tukům, kyselinám, solím...
 - Mechanické vlastnosti: pevnost, pružnost, křehkost, tvrdost, svařitelnost, odolnost vůči tlaku...
 - Tepelné (přesun tepla): aktivní obaly >evakuace obalů, modifikovaná atmosféra (místo kyslíku O₂ je zde oxid uhličitý CO₂, nebo dusík N) [2]
- Manipulační funkce = pevnost proti poškození, bezpečnost uzávěru, požadavek autenticity (kontrola otevření), samonosnost obalu při minimální hmotnosti, prostorová využitelnost, ekologický aspekt (likvidace obalů)[2]
- Vizuálně komunikativní funkce (odbytová) = roste na významu, přebírá úlohu prodavače[2]

1.2 Dělení obalů [3]

- Podle hygienického významu: první, druhý a další obal
- Podle účelu: technologický, manipulační, prodejní (spotřebitelský maloobchodní/velkoobchodní)

- Podle velikosti (počtu kusů): individuální, skupinové
- Podle četnosti použití: vratný, nevratný (tzv. jednorázový)
- Podle druhu použitého materiálu: dřevo, papír, plasty, kovysklo

1.2.1 Podle hygienického významu

První obal = je v přímém styku s balenou potravinou, může ovlivnit její vlastnosti (chuť, vůni...), jedná se např. o kusovitě zabalené výrobky (čokoládové tyčinky...)[2]

Druhý a další obal = není v přímém styku s balenou potravinou, umožňuje zabalení vícero kusů individuálně zabalených potravin v přímém obalu (mléko v kartonech...)[2]

1.2.2 Podle účelu

Technologický = udává, případně udržuje tvar balené potraviny[2]

Manipulační = v tomto případě obal usnadňuje samotnou manipulaci s potravinou, ať už kupujícímu, či prodávajícímu např. při převozu ze skladů apod.[2]

Spotřebitelský = v některých případech přebírá funkci prodávajícího, má vzbuzovat u kupujícího „potřebu“ si výrobek dané firmy zakoupit, má podat kupujícímu potřebné informace o kupovaném výrobku a následně po jeho spotřebě umožnit jednoduchou likvidaci[2].

1.2.3 Podle velikosti (počtu kusů)

Individuální = především pro malospotřebitele, samotný výrobek je balen v samostatném obalu [4]

Skupinové = vytvoření větší manipulační jednotky, individuální výrobek (primárně zabalený) po více kusech v sekundárním obalu („basa“ piv) [4]

1.2.4 Podle četnosti použití

Vratný obal = Zde je výhodou opakované použití, nízká cena obalu a malé množství odpadu (vzhledem k ekologii). Nevýhodou je v tomto případě vyšší pracnost (svoz obalů, mytí...), nutnost dalších prostorů a zařízení (sklady, myčky, dopravníky...), dále pak více odpadních vod, riziko špatného vyčištění, ekologie a samozřejmě vyšší náklady (čistící prostředky, energie, voda...) [5]

Nevratný obal = Jedná se o obaly, které nelze použít vícekrát, následuje tedy rovnou likvidace. Zde je výhodou menší nákladnost na zařízení, úspora času, energií na jejich očištění, odpadá nutnost pro uskladnění. Nevýhodou však může být zatížení ekologie (neustálá tvorba nových obalů >neustálá tvorba dalšího odpadu), také náklady na obaly jsou vyšší [5].

1.2.5 Podle použitého materiálu

I. Dřevo

Patří k nejstarším obalovým materiálům, je snadno opracovatelné a dobře dostupné. Je charakteristickým materiálem pro přepravní obaly, ale díky tomu, že se stává dřevo úzkoprofilovou surovinou, je potřeba jej nahrazovat dostupnějším materiálem všude tam, kde je to možné, existuje však i jiná cesta pro úsporu dřeva, kterou tvoří vratné obaly [6]. Výhodou dřeva jsou jeho fyzikální vlastnosti - dobrá mechanická pevnost při malé měrné hmotnosti, pružnost a tlumivý účinek při vibracích, dobré tepelně izolační vlastnosti a nízký koeficient tepelné roztažnosti. Nevýhodou však je velká nasáklivost a tím i značné objemové změny podle obsahu vlhkosti, možné znehodnocení dřeva mikroby, anizotropní povaha dřeva, se kterou souvisí rozdílné mechanické vlastnosti podle směru vláken. Chemická odolnost tohoto materiálu je dobrá. Jeho hlavní látkovou složkou je celuloza, dále pak hemicelulosa a lignin, obsahuje však i pryskyřice, tuky, třísloviny, škroby a minerální látky. Obsah pryskyřičných látek, tříslovin a hemicelulos je důležitý, pokud se má dřevo použít jako prostředek k balení potravin. Pryskyřičné látky mají svůj charakteristický výrazný pach, který může přecházet těkáním nebo extrakcí (Ta je poměrně intenzivní, pokud se pryskyřičnaté dřevo dostane do kontaktu s etanolem) na potraviny. Stejně tak třísloviny se mohou uvolňovat ze sudů („luhovatse“) a dávat tak náplni trpkou chuť. Vlastnosti dřeva jsou rozdílné podle druhu. Měkké dřevo (smrkové, jedlové) je vhodné pro většinu typů beden, sudy a vědra (na kyselé zelí, rajčata apod.) Masivní sudy pro transport, ležácké sudy a velkoobjemové kádě jsou vyráběny z tvrdého a hustého dřeva (dubové) Výroba dřevěných obalů začíná u řeziva (tj. pilařsky opracované dřevo), které má být přiměřeně vyschlé, aby dřevo nezačalo sesychat až v obalu [7].

- Bedny = Klece na ovoce a zeleninu se zhotovují z méně hodnotnějšího smrkového, jedlového nebo borového deskového řeziva. Jsou nahrazovány přepravkami z nízkotlakého polyetylenu (nenáročná na údržbu a více hygienická). U výrobků, které nesnesou plnění ve větších vrstvách jsou využívány platóny, což jsou nízké

obaly určené pro přepravu, případně skladování a prodej. Pro transportní bedny je nejdůležitější vlastností pevnost a odolnost proti nárazům při dopravě a manipulaci [1].

- Sudy a škopky = Je využíváno vlastností jako mírná propustnost pro plyny (především u fermentačních procesů), dobrá tepelná izolace při transportu, dále také není nutností antikorozi ochrana před vlivem kyselých potravinářských náplní. Z nových sudů se musí před použitím pro citlivé náplně vyloužit třísloviny a inkrustační látky dřevěné hmoty (Sud se naplní dvouprocentním roztokem sody, který se po 4 až 5 dnech vylévá, sud se propláchne horkou vodou a případně se v něm ponechává 1 až 2 dny čistá studená voda s trochou kyseliny siřičité)[1].

II. Papír, karton, lepenka

Papírenské produkty jsou nejčastěji používané materiály pro obaly spotřebitelské i přepravní, důvodem je dostupnost suroviny, široký sortiment výrobků, které lze zušlechťovat impregnací, kombinací s plasty, možnost opětovného zpracování papírenského odpadu a relativně nízká cena. Papír lze definovat jako stejnoměrnou vrstvu vláken převážně rostlinného původu, které se naplaví na síto vodou, zplstnatí a nakonec se odvodní. Vlastnosti papíru, které jsou významné pro obalovou techniku (pevnost v tahu, pevnost v přetlaku, v některých případech nepromastitelnou, odolnost proti rozmáčení atd.) jsou dány výchozí surovinou, ale také do jisté míry i výrobním postupem. Surovinou pro výrobu papíru je dřevo, převládá smrkové a jedlové dřevo. Papírenské výrobky slouží jako obaly v různých formách, např. jako fóliový materiál, víceméně hotové obaly, buď jako „měkké“ (sáčky, pytle apod.), nebo „tuhé“ (skládačky, bedny aj.) [1].

- Fólie = Zde se uplatňují především tzv. nepromastitelné papíry (pergamen, pergamenová náhrada, pergamín), takový pergamenový papír je nepropustný pro tuky a také se nerozmáčí ve vodě, používá se tak na balení tučných a vlhkých potravin (maso, tvaroh, sýry, tuky) a to buď přímo, nebo jako doplněk jiných obalů (vykládání beden a kbelíků). K přebalování a k výrobě sáčků na potraviny, které nevyžadují žádné zvláštní nároky na odolnost vůči vlhku nebo tuku (např. luštěniny, cereálie aj.) se používá sulfitových balících papírů, které jsou rozlišeny podle určitého obsahu dřevoviny. Z většiny těchto papírů se vyrábějí sáčky. Prvotní výhodou papírových pytlů je jejich nízká hmotnost vzhledem k hmotnosti náplně a malý objem prázdného obalu. Pokud je nutné obsah uchránit před vnější vlhkostí, umisťuje se jako druhá zvnějšku impregnační vrstva, při izolaci vlhké náplně je jako druhá zevnitř. Pytle s impregnačními vložkami je nutné označit, aby je při následném sběru bylo možné odlišit a zpracovat zvlášť [1].

- Tuhé obaly = Zde se řadí především tzv. skládačky, které jsou jedním z nejrozšířenějších spotřebitelských obalů. Jednodílné skládačky se získávají složením jednoho přířezu a liší se způsobem uzávěru, sypané materiály se do těchto obalů balí někdy ještě ve vnitřním sáčku. Dvoudílné skládačky jsou buďto zasouvací, nebo přiklápěcí a uplatnění našly hlavně v průmyslu jemného pečiva a cukrovinek. Pro druhy výrobků, které mají splňovat spíše dárkových charakter (hlavně bonbóny) se uplatňují tzv. potažené kartonáže (obaly z letenky potahované papírem) [1].

III. Tkaniny

Zde je dodavatelem těchto obalů textilní průmysl. Pytle a žoky z tkanin se řadí mezi osvědčené a stále používané přepravní obaly. Mezi jejich klady patří velká pevnost, úplná ohebnost, poddajnost a nízká hmotnost. Surovinou pro obalové tkaniny bývají především juta, koudel (hlavně lněná) i bavlna. Charakteristické vlastnosti tkanin určené pro obaly potravinářství jsou předepsány normou [1].

- Tkané pytle = Jsou určeny pro náplně o hmotnosti 50,75 a 100 kg, méně pak pro 25 kg. Vlivem sypané hmotnosti plněných materiálů se rozměry pytlů mohou lišit [1].
- Žoky = jsou užívány hlavně pro balení lisovaných materiálů (chmel...). Materiálem pro výrobu je jutová, popř. polypropylenová tkanina, někdy i papír. Žoky se stahují ocelovými páskami. Zpravidla mívají větší hmotnosti než pytle a manipuluje se s nimi pomocí mechanizačních prostředků [1].
- Sítky = Používány především pro spotřebitelské obaly, které se velice dobře uplatňují u ovoce a zeleniny, kde je vyžadován dobrý styk s vnější atmosférou [1].

IV. Kov

Kovy jsou významným obalovým materiálem. Vyrábí se z nich nejrůznější typy přepravních i spotřebitelských obalů různé velikosti, od kovových fólií a tub, přes plechovky z jemného plechu, konve, sudy, až po kontejnery o obsahu až několika m³. Z kovů jako takových je nejčastěji využívána ocel a hliník, obojí s různou povrchovou úpravou, cín už se v dnešní době jako samostatný obal příliš nepoužívá, je však nepostradatelný při povrchové úpravě ocelových plechů na výrobu konzervových plechovek. Kovy jsou ceněny jako obalové materiály hlavně pro svou pevnost, neprodyšnost a v některých případech i pro svou dobrou tepelnou vodivost [1].

- Ocel = Ocelové plechy (zejména pro výrobu konzervových plechovek) jsou děleny na „černé“ (bez pocínování) a na bílé plechy (pocínované). „Černé plechy“ jsou využity na výrobu různých obalů, ovšem ale s určitou povrchovou úpravou, jejich nevýhodou však je nutnost dokonale odolného a souvislého lakovaného filmu a to, že při výrobě plechovek se nedá spájet letováním. Pro část potravinářských náplní je dostačující cínovaný plech bez další povrchové úpravy, tudíž se z něj rovnou vyrábějí plechovky. Plechovky určené pro konzervárenství bývají lakovány obvykle zevnitř, někdy je však požadován z ochranných i dekorativních důvodů lak i z vnější strany. Laky určené pro vnitřní povrch plechovky nesmějí uvolňovat toxické složky, nesmějí udávat náplni příchut' a musí snést záhřev na příslušné sterilizační teploty. Laky mohou být vypalovací olejové na bázi přírodních pryskyřic a vysychavých olejů, nebo syntetické na bázi fenolformaldehydových pryskyřic, epoxidů i vinylových sloučenin [1].
- Hliník = Je velmi dobrou náhradou za nedostatečný cín pro výrobu fólií a tub, své uplatnění mají i hliníkové plechovky. Hliník je vyráběn elektrolýzou oxidu hlinitého zároveň za přítomnosti tavidel, tudíž je jeho výroba náročná na elektrickou energii. U hliníkových obalů je nutno respektovat menší mechanickou pevnost ve srovnání s ocelovými obaly a také s menší chemickou odolností v kyselém prostředí. Většinou je pro potravinářství užíván hliník obchodní čistoty 99,5%. Mezi spotřebitelské obaly z hliníku řadíme plechovky, tuby, aerosolové nádoby, fólie, různé druhy polotuhých obalů, především misek. Z hliníku jsou mimo jiné zhotovovány důležité funkční součásti jiných druhů obalů, hlavně víčka, bývá také významnou složkou různých laminovaných obalových materiálů. Plechovky jsou vyráběny z hliníku o čistotě 99,5 %, případně s nízkým podílem manganu, převážně hlubokým tažením. Hliníkové tuby se vyrábějí z vysoce čistého hliníku vytlačováním z vyžíhaných kalotů, důležitou operací při jejich výrobě je žihání při teplotách nad 520 °C, tuby se dále vystříkují zevnitř lakem, případně se lakují a potiskují zvenku. Naopak fólie jsou vyráběny z hliníku běžné provenience s obsahem nečistot ve formě křemíku, železa, stop mědi atd., jedná se o výrobky získané válcováním až na tloušťku menší než 0,1mm [1].

V. Sklo

Výhodou skla a jeho největší předností je jeho velká chemická odolnost, dobrá omyvatelnost, možnost sterilace obalů, jako plus se bere i jeho průhlednost, možnost

vícenásobného použití a zároveň snadná dostupnost surovin pro jeho výrobu. Nevýhodou, kterou lze ovšem vytěsnit správným složením skla a řešením obalů, je jeho křehkost a značná hmotnost skleněných obalů. Někdy se považuje za závadu i jeho menší tepelná vodivost a horší odolnost vůči teplotním změnám. Fyzikální a chemické vlastnosti záleží už na složení skelné masy. Sklo je amorfní látkou vzniklou přechlazením taveniny oxidu křemíku, sodíku a vápníku a popřípadě dalších. Složení skla je řízeno také způsobem výroby obalů. Na kvalitu hotových obalů mají vliv i některé závady vzniklé při tavně skla nebo při formování nádoby, jedná se hlavně o bubliny, puchýře, kaménky nebo trhlinky ve skle. Tepelná odolnost je charakterizována jako rozdíl teplot, které musí obal vydržet při přenesení z lázně o vyšší teplotě do lázně o nižší teplotě, např. láhve určené pro sterilaci musí vydržet tepelný náraz 40 °C, ostatní nápojové láhve 35 °C (55-20 °). Sklo je totiž mnohem náchylnější k ochlazování než k zahřívání. Volba barvy obalového skla je závislá na požadavcích odfiltrovat nežádoucí podíl záření, popřípadě i na snaze dodat obalu líbivější vzhled. Sklenění obaly se především používají pro výroby tekuté, ale i pro kašovitě, práškovitě, kusovitě v nálevu nebo sušené. Jedná se především o obaly spotřebitelské, ale uplatňují se i větší skleněné obaly, např. balóny pro ovocné šťávy, koncentráty apod. Potravinářské skleněné obaly jsou děleny obvykle do dvou hlavních skupin – obalové sklo nápojové a obalové sklo konzervové [1].

- Obalové sklo nápojové = Zde jsou zahrnuty obaly na mléko, pivo, víno, ovocné šťávy, limonády, sirupy, lihoviny, minerální vody, jedlý olej, polévkové koření atd. Tvar lahví je převážně válcovitého tvaru zakončený hrdlem. Uzávěry těchto lahví tvoří funkčně nejdůležitější část obalu, je od nich vyžadováno především dobré těsnění a hygieničnost. Dokonalé těsnosti je vyžadováno hlavně u obalů se sterilovanými výrobky. Hygieničnost zde znamená, že uzávěr překrývá a chrání před znečištěním celé ústí láhve, jako je tomu např. u korunkového, hliníkového odtrhovacího nebo šroubového uzávěru. Za nehygienické se považují vlačovací lepenkové kotoučky, které jsou používány pro láhve na mléko. Mezi další požadavky na uzávěry se řadí neporušitelnost tzv. záruka původního plnění obalu, někdy je ale naopak požadováno, aby byly láhve znovu uzavíratelné, což může být, ale nemusí rozporuplné s požadavkem předchozím. V zásadě je možné rozlišovat uzávěry zachycené uvnitř hrdla láhve a uzávěry zachycené vně hrdla, do první skupiny řadíme např. klasickou korkovou zátku, k uzávěrům uchycených vně hrdla nejčastěji řadíme korunkový uzávěr [1].

- Obalové sklo konzervové = Do této skupiny se podle normy řadí širokohrdlé skleněné obaly pro různé druhy potravin, hlavně konzervové sklenice pro sterilaci, dále pak sklenice s nasazovacím uzávěrem a uzávěrem bayol, sklenice na rybí výrobky a sklenice na med. Stejně tak jako u lahví i zde je snaha snížit hmotnost obalů vhodným tvarem a také správným rozdělením skloviny. Konzervové sklenice jsou vyráběny hlavně v rotačních tvarech, převládají jednoduché válcovité tvary, ale i soudkovité [1].
- Velké obalové sklo = I přes to, že se sklenění obaly používají především jako obaly spotřebitelské, mají uplatnění i pro skladování, popř. přepravu koncentrátů, aromatických látek, vína, ovocných šťáv i jiných substrátů, jako tzv. velké obalové sklo. Do této skupiny jsou zahrnuty zásobní lahve, demižóny, dupližóny a balóny. Zásobní lahvi nazýváme skleněný obal válcovitého tvaru o objemu 2 až 25 litrů pro skladování kapalin uzavíraný zátkou. Demižón pak může být kapkovitého tvaru s plochým dnem o objemu 0,25 až 25 litrů, podle velikosti se jedná o obal spotřebitelský nebo přepravní, mohou být jak holé, tak oplétané vhodnými materiály. Dupližón je od demižónu rozdílný ve směru ke dnu, kde má mírně kónický tvar, vyrábí se o objemech 0,5 až 25 litrů a stejně jako demižón jej lze sehnat buďto holý, nebo opletený vhodným materiálem. Balón je brán jako přepravní obal kapkovitého tvaru s plochým dnem o objemu 35 až 50 litrů, pro přepravu je nutné jej uložit do ochranného obalu vyloženého vhodným materiálem, bývá uzavírán zátkou nebo šroubovacím uzávěrem [1].

VI. Plasty

Plastem se označují organické makromolekulární látky, které jsou alespoň v určitém stádiu technologie plastické. Své uplatnění mají tyto látky v obalové technice přímo jako obaly, ale také jako povlaky, lepidla, výplňový materiál atd. Rozdělují se na teplem tvárnitelné, netvrditelné termoplasty a tvrditelné reaktoplasty, největší uplatnění mají termoplasty. Mechanické vlastnosti ovlivňující strukturu plastů a důležité pro obalovou techniku, jsou orientace makromolekul a s ní související smrštitelnost. Protahováním fólií se původně neuspořádané makromolekuly orientují, což má závažné důsledky pro strukturní stavbu, také propustnost pro plyny se protažením fólií podstatně snižuje. Původní víceméně amorfní plast nabývá touto orientací, ve větší míře, krystalické struktury, čímž se mění i mechanické vlastnosti, kde se především zvyšuje tuhost a pevnost. V poslední době je v obalové technice využitelná především smrštitelnost orientovaných plastů. Smrštitelné

fólie jsou velmi atraktivními a funkčně výhodnými obaly pro řadu potravin, především kusovitých a nepravidelného tvaru (maso, zelenina, ovoce, drůbež...), nabývají však významu také jako obaly skupinové a přepravní, kde je jimi umožněna dobrá fixace a zároveň ochrana celých paletových jednotek. Dobrá chemická odolnost většiny plastů vůči agresivním složkám potravin, příp. proti čistícím prostředkům předurčuje plasty k použití jako odolné obaly i ochranné povlaky. Propustnost pro plyny a rozdílnost propustnosti fólií pro funkčně důležité plyny, jako je vodní pára, kyslík, oxid uhličitý i páry některých organických látek, má podstatný význam pro obalovou techniku, je možné díky nim volit optimální hodnoty propustnosti pro jednotlivé případy balení potravin. Plasty používané v obalové technice rozdělujeme na deriváty přírodních makromolekulárních látek (např. celuloza, kaučuk a jejich deriváty) a syntetické makromolekulární látky z nízkomolekulárních surovin [1].

- **Deriváty celulozy** = Nejrozšířenější obalový materiál.
 - **Celofán** = Je vyráběn z celulozy působením hydroxidu sodného. Ve vodě je nerozpustný, nicméně je hyroskopický, a tak v závislosti na vlhkosti pronikavě mění své mechanické vlastnosti. Dá se také výborně potiskovat a kromě plochých fólií se vyrábí i ve formě hadic používaných jako tzv. celulozová střeva pro uzeniny (např. loupáné párky) [1].
 - **Acetát celulozy** = Díky své výborné průhlednosti a dobré odolnosti vůči vodě lze do něj balit i vlhčí potraviny, je však méně odolný vůči kyselinám a alkáliím, běžné potravinové náplně jej však neohrožují. Jeho propustnosti pro permanentní plyny je využíváno pro balení potravin, jež vyžadují výměnu plynů (ovoce, zelenina). Je ale možné získat z něj i pevné obaly jako kelímky, krabičky, víčka atd. [1].
 - **Acetobutyrátcelulozy a propionát celulozy** = Další estery využívané pro výrobu fólií i vytlačovaných a stříkaných výrobků, v obalové technice jsou méně využívány, i když mají některé vlastnosti lepší, než acetát celulozy [1].
- **Látky na bázi bílkovin** = Sem řadíme výrobky z bílkovin živočišného (kasein a želatina) i rostlinného (zein) původu, vytvrzované většinou formaldehydem. Např. umělá střeva bílkovinná i papírová střeva napouštěná želatinou a dále vytvrzovaná [1].
- **Kaučuk a jeho deriváty** = V obalové technice je využíván kaučuk jako těsnidlo, jeho deriváty jako nátěrové hmoty, fólie. Nedostatek přírodního kaučuku a zároveň

snaha o vylepšení jeho vlastností vedly k výrobě syntetického kaučuku, ten je využíván v obalové technice hlavně díky své odolnosti vůči tukům a olejům (butylkaučuk...). Elastičnost a dobrá chemická odolnost kaučuku je také výhodou u speciálních transportních obalů [1]

- Chlorkaučuk= Vyráběn chlorací kaučuku, je velmi chemicky odolný a jeho uplatnění je v agresivních prostředcích chemického a potravinářského průmyslu, ale i pro povrchovou úpravu obalových materiálů [1].
- **Syntetické makromolekulární látky vyráběné z nízkomolekulárních surovin** = Sem řadíme termoplastické netvrditelné látky (polyolefiny – polyetylen, polypropylen), sloučeniny vinylové, akrylové, pryskyřice a polyamidy, z tvrditelných makromolekulárních produktů zde řadíme polyestery, epoxidové pryskyřice, silikony, fenolformaldehydové a aminoformaldehydové pryskyřice [1].
- Polyetylen (PE) = Je polymerem nenasyceného uhlovodíku etylenu, máme PE vysoké hustoty o rozvětveném polymeru a PE nízké hustoty, oba druhy PE mají výbornou odolnost vůči vodě a anorganickým chemikáliím, také za normální teploty se nerozpouštějí v žádném organickém rozpouštědle. PE mají nízkou propustnost pro vodní páry, více ale propouštějí permanentní plyny (kyslík a oxid uhličitý) a některé organické páry vonných a chuťových látek potravin. Rozdíly mezi PE jsou hlavně v mechanických a tepelných vlastnostech poměrně veliké, natolik, že i jejich použití se v obalové technice dost různí. PE o vysoké hustotě má své využití jak v oblasti spotřebitelských obalů, tak v oblasti obalů přepravních. Jako spotřebitelské obaly se používají ve formě jemných tenkých fólií, silnějších fólií a pro obaly typu misek a kelímků i tuhých dutých obalů rozmanitých tvarů. U přepravních obalů má svůj význam hlavně ve výrobě přepravek na lahve, ovoce a zeleninu, pekařské výrobky, maso aj., je to hlavně kvůli svým dobrým mechanickým vlastnostem. PE o nízké hustotě je používán jako spotřebitelské obaly ve formě fólií (jednoduché PE sáčky – na sušené mléko, cukr, mouku, rýži atd.) nebo laminátů hlavně s papírem, celofánem a hliníkovou fólií, tlustší fólie se pak využívají jako pytle [1].
- Polypropylen (PP) = Některými svými vlastnostmi i vzhledem se podobá lineárnímu PE, má však vyšší teplotu tání a dá se tak sterilovat i nad 120 °C. Velký podíl PP fólií je produkován jako orientované filmy, tyto filmy (fólie) nahrazují celofán, kde před ním mají větší pevnost, odolnost vůči vlhkosti a také vyšší

tepelnou odolnost. Polypropylen je ale využíván i ve formě misek (např. pro hotové pokrmy), popř. ve formě kelímků vyrobených vstřikováním nebo ve formě dutých obalů [1].

- Polyvinylchlorid (PVC) = Řadíme jej k nejrozšířenějším plastům v obalové technice. Jedná se o polymer chlorovaného uhlovodíku vinylchloridu. Jeho stupeň změkčení, resp. způsob modifikace ovlivňuje jeho fyzikální a chemické vlastnosti. Největší podíl je zpracováván termoplastickým tvarováním fólií. Neměkčený PVC je velice odolný vůči anorganickým i většině organických chemikálií. PVC celkově má nízkou propustnost pro aromatické látky a výbornou odolnost vůči tukům. Z fólií PVC lze tvarovat kelímky, obaly typu blister, proložky na vejce, bonbóny, ovoce aj. Měkčené fólie PVC mají velké uplatnění jako průtažné fólie, mají velkou propustnost pro vodní páru, kyslík a oxid uhličitý, jsou proto vhodné pro balení čerstvých vodnatých potravin (ovoce, zelenina, maso...) [1].
- Polystyren (PE) = Polystyren všech typů má relativně vysokou propustnost pro vodní páru, pro kyslík, což umožňuje jeho použití hlavně pro potraviny, které jsou oxylabilní, resp. pro ty, které jsou určené k okamžitému zkonsumování. Z fólií houževnatého PS se tvarují kelímky, různě tvarované misky a podložky. Pěnový polystyren se díky svým výborným mechanickým a tepelně izolačním vlastnostem využívá hlavně ve formě fólií, z kterých jsou následně tvarovány různé misky, podložky i proložky. Své uplatnění má pěnový polystyren také jako přepravní obal např. ve formě přepravek pro citlivé druhy ovoce a zeleniny a pro přepravu ryb prosypávaných ledem [1].

VII. Požitelné látky

Základem pro tyto chemicky rozličné materiály jsou tři hlavní skupiny živin – glycidy, bílkoviny a látky lipoidní, můžeme zde zařadit i látky syntetické. Všechny tyto obaly mají uplatnění ve formě měkkých, fóliových obalů (vč. hadic) nebo povlaků. Můžeme je využít ve formě spotřebitelských a tedy i pro ochranu před zevním znečištěním, v tomto případě se mají před požitím potraviny odstranit. Jako druhá možnost se nabízí konzumace obalu i s balenou potravinou a to buď v původním stavu, nebo po vhodné úpravě např. povařením, rozpuštěním apod. Mezi jejich výhody řadíme zlepšování poměru hmotnosti mezi samotným výrobkem a obalem ve prospěch uživatelského podílu a umožňují

racionalizaci balícího procesu, v některých případech mohou mít i lepší ochranné účinky, než obaly dosavadní [1].

- **Sacharidy a látky jim podobné** = Tyto látky mají předpoklady pro tvorbu jedlých obalů.
 - Amylosa = Využívá se ve formě fólií nebo povlaků. Získává se obvykle frakcionací škrobu, která je založena na tvorbě jejich komplexů s různými alkoholy, většinou butanolem. Filmy tvořené amylosou mají výbornou odolnost vůči organickým rozpouštědlům, tukům a odolávají i slabším kyselinám a zásadám. Propustnost pro plyny a vodní páru je podobná jako u celofánu. Obaly na bázi amylosy jsou uplatňovány pro balení zmrazeného masa, drůbeže, ryb, příp. ve formě párkových střev apod. Amylosa má své uplatnění i jako povlak papíru, který zajišťuje nepromastitelnost [1].
 - Pektin = Uplatňuje se jako jedlý obal ve formě vápenatých solí ve formě povlaku [1].
 - Algináty = Jsou získávány průmyslově z hnědých řas. Jejich povlaky se používaly u opracované drůbeže, aby se zajistila kvalita povrchových vrstev při chladiřenském nebo mraziřenském skladování [1].
- **Obaly vycházející z proteinů** = V praxi má uplatnění želatina a umělá střívka. Želatinové filmy v potravinářských oborech jsou uplatnitelné pro jedlé oleje, tuky, aromatické látky, vitaminové preparáty aj. Umělá klišovková střeva nahrazují ovčí, kozí a vepřová střívka [1].
- **Látky vycházející z lipidů a látek jim příbuzných** = Jedná se většinou o látky hydrofobní povahy odolné vůči vodě, a s malou propustností pro vodní páry [1].
 - Vosky = Jsou chemicky stálé, fyziologicky zcela nezávadné. Jedná se o estery vyšších mastných kyselin s vyššími primárními alkoholy. Tenké, uměle aplikované voskové povlaky se používají na ovoce a zeleninu, zabraňuje se tak ztrátám vypařováním, omezuje se tékání arómat, popř. se předchází mikrobiální infekci. Některé druhy petrolejových vosků mají své uplatnění pro sýry, maso, drůbež atd. a jejich zdravotní nezávadnost je podmíněna obvykle dokonalou rafinací výchozích surovin [1].

- **Syntetické materiály** = Do této skupiny poživatelných obalů můžeme zařadit polyvinylalkohol ve formě povlaků nebo fólií, který díky své rozpustnosti ve vodě umožňuje zajímavé aplikace [1].

Možnost je však poživatelné materiály kombinovat, např. ve formě dvouvrstevných povlaků, aby bylo dosaženo optimálních ochranných účinků.

2 INTELIGENTNÍ OBALY

Inteligentní systémy využívané k balení potravin monitorují podmínky balených potravin a získávají informace o kvalitě balené potraviny během jejího transportu a skladování. V dnešní době jsou pro obchod nabízeny obaly s indikátory teploty a indikátory složení vnitřní atmosféry i indikátory čerstvosti baleného potravinářského výrobku. Méně využívány jsou pak indikátory neporušenosti obalu, indikátory mikrobiálního růstu a indikátory autenticity výrobku. Aplikací těchto obalových materiálů je možné zajistit kritické body (HACCP) při uskutečnění systémů výroby bezpečných potravin [10].

2.1 Indikátory teploty

Jako indikátory teploty jsou užívány značky umístěné na vnějším povrchu obalu a jsou vizuálními ukazateli změny teploty, které byl výrobek vystaven. Změna indikátoru je buď nevratná, pokud je monitorována teplota výrobku v minulosti, nebo jsou využívány indikátory s vratnou změnou barvy, která charakterizuje současnou teplotu výrobku. Dle principů využívaných indikátory je lze dělit na indikátory využívající mechanické, chemické nebo enzymatické nevratné změny. Zjištěná teplota se obvykle uvede ve viditelné formě mechanickou deformací, změnou barvy nebo pohybem barevného pole. Míra změn v závislosti na délce působení teploty je dána typem indikátoru a jeho fyzikálně-chemickým principem, na němž je založen. Indikátory teploty jsou rozděleny na ty, které indikují dosažení kritické teploty a na ty, které indikují celkový tepelný účinek [10].

2.2 Indikátory atmosféry

V praxi je užito dělení na indikátory, které reagují na obsah kyslíku, na indikátory oxidu uhličitého a dále na indikátory vlhkosti. Indikátory pro složení atmosféry jsou úzce spojeny s rozvojem balení potravin v modifikované atmosféře. Všechny indikátory využívané k tomuto účelu jsou ve formě štítku s vyznačenou plochou nebo tablety v transparentním sáčku, jejich barevnost se mění v závislosti na složení okolního prostředí. Indikátory jsou umístovány ve vnitřním volném prostoru a změna jejich barevnosti je viditelná přes transparentní obalový materiál. Princip je založen na oxidačně redukčních změnách citlivých barviv (např. methylenová modř) v důsledku enzymové nebo chemické reakce. Jejich další podstatou jsou barevné změny pigmentů v důsledku pohybu hodnoty pH.

Indikátory kyslíku jsou označovány jako indikátory neporušenosti obalu, naopak indikátory pro oxid uhličitý jsou označovány jako indikátory mikrobiální stability [10].

2.3 Indikátory čerstvosti

Jejich princip je v detekci těkavých metabolitů (aminy, amoniak, oxid uhličitý aj.), které jsou uvolňovány během stárnutí balených potravin. Nyní je vyráběn jen jeden typ indikátoru čerstvosti, který je využíván pro monitoring balených ryb. Změna barvy je vyvolána reakcí vůči uvolňování těkavých aminů, které jsou typické pro zrání rybího masa [10].

Tabulka č.1 Typy indikátorů a jejich využití v praxi

Typ indikátoru	Efekt
Časově- teplotní indikátor	Poskytuje informaci o teplotní historii a průběhu teploty např. při skladování
Indikátory kyslíku	Dokáží odhalit mechanické poškození obalu
Indikátory oxidu uhličitého	Informují o množství oxidu uhličitého, užitečné v případě použití modifikované atmosféry
Barevné indikátory aktuální teploty	Informuje o aktuální teplotě uvnitř obalu, především pro potraviny určené k přípravě v mikrovlnné troubě
Indikátory patogenní mikroflóry	Odhalí případnou nežádoucí kontaminaci
Indikátor zlomení	Indikují zlomení obalu



Obrázek 1 Inteligentní obal

3 ANTIMIKROBIÁLNÍ OBALOVÉ MATERIÁLY

Úkolem antimikrobiálních obalů je zastavení nebo zpomalení růstu patogenních mikroorganismů, které mohou kontaminovat potravinu a tím následné prodloužení její trvanlivosti a zachování kvality a bezpečnosti. Antimikrobiální obaly jsou řazeny k aktivním obalům a jejich využití je velmi slibné, především u masných a drůbežích výrobků [8]. Jejich antimikrobiální funkce lze dosáhnout přidáním antimikrobiálních látek do obalového systému nebo použitím antimikrobiálních polymerů, které podléhají požadavkům kladeným na obal. Běžně využívané potravinářské obaly zachovávají trvanlivost, tržnost a bezpečnost balené potraviny, mezitím co antimikrobiální obalové systémy jsou navíc speciálně tvořené pro kontrolu mikroorganismů, které trvanlivost, tržnost i bezpečnost zabalené potraviny narušují a nepříznivě ji ovlivňují [9].

Dělení antimikrobiálních látek dle typu působení:

- Mikrobicidní účinek = je nevratný (ireverzibilní) děj, při kterém dochází k zastavení růstu a i ke ztrátě životaschopnosti buněk a tedy k jejich následnému odumírání [10].
- Mikrobistatický účinek = děj vratný (reverzibilní), jeho princip spočívá v tom, že se buňky mikroorganismů přestanou dělit, což má za následek nezvyšující se počet buněk po dobu účinku faktoru, který změnu vyvolal [10].

Konfigurace systému polymer – antimikrobiální látky je dělitelná do čtyř soustav:

1. Obal s inkorporovaným antimikrobiálním činidlem = antimikrobiální látka je uvolňována do potraviny nebo prostoru mezi potravinou a obalem a zabraňuje tak růstu mikroorganismů [9].

2. Obal s pevně vázaným antimikrobiálním činidlem = obal neuvolňuje do potraviny antimikrobiální látky, ale funguje ve prospěch potlačení růstu mikroorganismů na kontaktní ploše [7]. Efektivita tohoto systému klesá u pevných potravin, protože na rozdíl od kapalných potravin je u nich menší možnost kontaktu mezi antimikrobiálním obalem a v něm zabalenou potravinou [11].

3. Obal obsahující absorbéry (např. absorbér kyslíku nebo vlhkosti) = tento typ obalu je založen na odstranění důležitých faktorů pro růst mikroorganismů v potravine, což zabraňuje jejich růstu. Příkladem je kyslík pohlcující systém, který může bránit růstu aerobních mikroorganismů a plísní uvnitř obalu. Absorbéry vlhkosti také snižují hodnotu

aktivity vody, což také nepřímým způsobem ovlivňuje růst mikroorganismů. Tyto absorbéry vlhkosti jsou používány při balení pečiva, těstovin a masa, zde zabraňují oxidaci a kondenzaci vody[12].

4.Použití polymeru, který je svým způsobem sám antimikrobiální. = mezi tento typ obalů je řazen chitosan, který má svou antibakteriální a antimykotickou aktivitu. Jeho účinnost se prokazuje proti kvasinkám a gramnegativním bakteriím včetně *Escherichia coli*, *Shyggeladisenteriae* a *Salmonellatyphymurium* [12].

3.1 Antimikrobiální látky

Směsí odlišných antimikrobiálních látek můžeme zvýšit mikrobiální ochranu díky jejich synergickým účinkům. Užití mikrobiálních látek je řízeno pokyny a předpisy země, ve které budou tyto látky užity [9]. Nově vyráběné antimikrobiální obalové materiály mohou být tvořeny pouze s užitím látek schválených příslušnými úřady a s netoxickými vlastnostmi. Antimikrobiální látky jsou děleny na syntetické a přírodní[13].

1. Syntetické antimikrobiální látky = v průmyslu jsou nejvíce využívány, řadíme sem především anhydridy, enzymy, polysacharidy, organické kyseliny, alkoholy a antibiotika[8].

a. Antibiotika – Produkují je přímo mikroorganismy, jsou to látky, které i při malých koncentracích potlačují životní procesy buňky. Vyznačují se mikrobicidním i mikrobistatickým efektem proti širokému spektru bakterií [14]. Aplikace v obalovém materiálu, který bude následně užit pro potravinářské účely, není schváleno, důvodem je možný rozvoj rezistence mikroorganismů na antibiotika[9].

b. Ionty kovů – Nejčastěji užívanými a včleňovanými do plastových obalů jsou ionty stříbra, které jsou schopny deaktivovat buněčné enzymy a jsou účinné proti širokému spektru bakterií i v tak malých koncentracích, které nejsou nijak toxické pro lidský organismus[15]. Výroba těchto polymerů je však nákladná[16].

c. Organické kyseliny (kyselina benzoová, sorbová, propionová, octová, citronová, mléčná a jejich směsi) – Pro svou silnou antimikrobiální aktivitu jsou užívány jako konzervační látky nebo i jako dezinfekční prostředky pro materiály, které přijdou do styku s potravinami. Směsí různých organických kyselin nebo směsí organické kyseliny s jinou antimikrobiální látkou dosáhneme leckdy silnějších antimikrobiálních účinků, než jsou poskytovány samotnou kyselinou[13].

d. Deriváty benzimidazolu, imazalil a etanol – Tyto deriváty jsou také začleňovány do plastových obalů vykazujících antimykotickou aktivitu, síla antimikrobiální a antimykotické aktivity etanolu není natolik dostatečná, aby potlačila růst kvasinek. Etanol však tvoří ve většině potravin nežádoucí silný chemický zápach[9].

e. Plynné antimikrobiální látky – Oproti pevným a kapalným typům syntetických antimikrobiálních látek mají značné výhody, tyto výhody jsou především v možnosti jejich odpařování nebo pronikání plynných antimikrobiálních látek do vzdušného prostoru vně obalu, kdy to jiné neplynné antimikrobiální látky nedokážou. Vložení etanolových polštářků je jedním z příkladů plynných antimikrobiálních systémů, výpary z něj mohou inhibovat růst plísní a bakterií[9].

f. Antioxidanty – Antioxidanty jsou pro balení potravin velmi užitečné, neboť vykazují antimykotickou aktivitu[9]. Uvnitř obalu lze použitím chemických antioxidantů vytvořit anaerobní prostředí, které chrání potravinu před napadením aerobními mikroorganismy[13].

2. Přírodní antimikrobiální látky

a. Bakteriociny – Jsou látky, které produkují mikroorganismy a mohou inhibovat růst patogenních mikroorganismů nebo jiných mikroorganismů, které způsobují znehodnocení potravin (9). Řadím sem bakteriociny nisin, lasicin nebo pediocin[13].

b. Nisin, který produkuje bakterie *Lactococcuslactis* je účinný proti grampozitivním bakteriím jako jsou *Brochothrixthermosphacta*, *Lactobacillushelveticus*, *Listeriamonocytogenes*, *Micrococcusflavusa* *Pediococcuspentosaecus*, vůči gramnegativním bakteriím má ale nisin jen malou účinnost. Účinek pediocinu vůči *Listeriamonocytogenes* je oproti nycinu vyšší[17].

c. Extrakty z rostlin s cílem zabránění růstu patogenních bakterií se jako antimikrobiální látky používají výtažky z grapefruitových jadérek, skořice, hřebíčku a křenu. Křen s jeho obsaženým allylisothiokyanátem je účinný proti různým typům plísní a bakterií [9]. Do budoucna je možné počítat s hojnějším využíváním přírodních extraktů, protože u spotřebitelů se objevuje preference přírodních mikrobiálních látek.

4 NANOKOMPOZITNÍ OBALOVÉ MATERIÁLY

Tyto materiály jsou složené ze dvou nebo více různých složek, kdy aspoň jedna z nich je v materiálu přítomna ve formě částic o velikosti jednotek až desítek nanometrů. Ve většině případů jsou to nanočástice aktivní látky (tzn. elektrickými a jinými vlastnostmi), které jsou rovnoměrně rozptýlené v inertní matici. Hlavním úkolem inertní matice (např. organické polymery) je nést a pevně spojovat jednotlivé nanočástice a zároveň bránit jejich přímému kontaktu mezi sebou. Aktivní látka ve formě nanočástic je použita z důvodu kvalitativně odlišných fyzikálních vlastností oproti „objemovému“ materiálu. Nanokompozitní vlastnosti se odvíjejí od složení, od velikosti částic, morfologie a uspořádání [18]. Nanokompozitní obalové materiály mohou aktivně měnit podmínky, za kterých je potravina v obalu uchovávána a tím tedy prodlužovat její trvanlivost nebo upravovat senzorké a nutriční vlastnosti. V této době jsou nejčastěji používány materiály, které dokážou z okolní atmosféry eliminovat nežádoucí plyny, pohlcují například kyslík, oxid uhličitý, vlhkost, ale i etylen, který patří mezi důležité hormony regulující zrání ovoce, nebo zápachy způsobené těkavými aldehydy a aminy [19].

Velká pozornost je věnována nanokompozitům polymer/jíl již od 80 -tých let. Nanodisperzní charakter umožňuje dosáhnout těmto nanokompozitům polymer/jíl značně lepších vlastností v mnoha směrech. Může jimi být například rostoucí modul, pevnost, pokles propustnosti plynů, lepší chemická i tepelná odolnost nebo naopak klesající hořlavost [20].

Dělení obalových materiálů [21].:

1. nano-materiály pro obaly
2. obaly na bázi kovů kompozitních materiálů
3. bio-polymerní materiály
4. silikonové materiály a materiály na bázi fluoru
5. nové plasty a plastové slitiny
6. kovové fólie a profily
7. funkční polymerní materiály
8. modifikace povrchu materiálu
9. organické optoelektrické materiály

10. pryskyřice na bázi kompozitního materiálu

Tento typ obalů se využívá pro tyto produkty[22] :

- čerstvé maso a ryby
- mléčné výrobky
- konzervované výrobky
- obiloviny a kaše
- majonéza, omáčky a kečup
- syntetické čisticí prostředky
- plenky a hygienické výrobky

Výhody a funkčnost používání nanokompozitních materiálů[22]:

- možnost snížení tloušťky finálního materiálu o 20-30%
- zvýšení fyzikálních a mechanických vlastností o 40-60%
- zlepšení bariérových vlastností o 20-30%
- umožnění vyloučení fóliových kompozitních obalových materiálů
- účinnost (menší spotřeba)
- přátelskost k životnímu prostředí
- vylepšení ochrany baleného materiálu během skladování, dopravy, prodeje
- prodloužení trvanlivosti výrobků
- náhradní fólie v kombinovaných obalech pro vysokou bariéru materiálů - s použitím nanobakterií (nanokompozitů), umožňují analýzu výrobků v detektoru kovů

4.1 Nano materiály pro obaly

Tyto materiály zahrnují nano-kompozitní obalové materiály, polymerní kompozitní materiály a nano-antibakteriální obalové materiály. V této době je nejvíce prozkoumaným nanokompozitním materiálem nanokompozit na bázi polymeru (PNC), jenž má podstatně lepší plasticitu, odolnost proti opotřebení a tvrdost a pevnost. Anorganické nanokompozity s polymerovou vrstvou mají antibakteriální vlastnosti, velkou rychlost usmrcování

mikroorganismů, jsou vhodnými antimikrobiálními prostředky pro bezpečnost lidí a zvířat a mají stabilní fyzikální a chemické vlastnosti a také nízké náklady antibakteriálních látek[21].

4.2 Kompozity s kovovou maticí

Tyto kompozity vykazují vysokou pevnost, teplotní výkon, dobrou elektrickou a tepelnou vodivost. Vhodné jsou pro letectví a další odvětví průmyslu. Obalové sáčky jsou používány pro kompozitní kovy jako Ti, Ni, Cu, Pb, Ag a také na bázi lehkých kovů. Jako kompozitní materiály považujeme v tomto případě kovy, nekovy a další sloučeniny[21].

4.3 Biopolymerní materiály

Aplikace biopolymerů v obalech je rozlišována. Jedná se například o mikrobiální (bakteriální) plasty, biologicky odbouratelné plasty, glazurované plasty. (Dále zaměření především na přírodní biopolymery)

- **Přírodní biopolymery** = Jsou látky polymerního charakteru, které se vyskytují v přírodě v živých organismech.
 - Agropolymery: polysacharidy - škroby (pšenice, brambory...), ligno-celulozy (dřevo, sláma...), jiné (pektiny, chitin...), proteiny, lipidy, zvířecí (kasein, kolagen...), rostlinné (zein, sója...)[23].
 - Z mikroorganismů: polyhydroxyalkanoáty (PHA), Polyhydroxybutyráty (PHB), polyhydroxybutyrátokohydroxyvaleráty (PHBV)...[23].
 - Z bio-monomerů: kyselina polymléčná (PLA)[23].
- **Syntetické polymery** = Tyto polymery vznikají kombinováním menších molekul tzv. monomerů do řetězce, který je spojen kovalentními vazbami (proces se nazývá polymerace). Jedná se tedy o materiály složené z dlouhých opakujících se molekulárních řetězců s jedinečnými vlastnostmi, které jsou závislé na typu spojené molekuly a na typu spojení[24].
 - Z petrochemických produktů: polykaprolaktony (PCL), polyesteramidy (PEA), alifatické ko-polyestery (např. PBSA), aromatické ko-polyestery (např. PBAT) [25].

4.3.1 Polysacharidy

Tvoří je monosacharidové jednotky spojené glykosidovou vazbou. V přírodě jsou velice rozšířené. Podle funkce je dělíme na zásobní (škrob, glykogen...) a stavební (celuosa, lignin, chitin...). Nejběžnějšími polysacharidy jsou: škrob, glykogen, celulóza, chitin[26].

Škrob

Jedná se o zásobní polysacharid rostlin složený z amylozy a amylopektinu, který je uložen v amyloplastech (kořenech, hlízách, semenech a plodech) a chloroplastech uvnitř buněk. Mezi hlavní zdroje škrobu patří brambory, rýže, pšenice [26].

Glykogen

Je zásobním polysacharidem živočichů – živočišných tkání (svalovina, játra). Strukturně je podobný amylopektinu, ale je více větvený[27]. Na rozdíl od škrobu, který tvoří koloidní roztoky, je rozpustný ve vodě[26].

Celulóza

Vyskytuje se v ovoci, zelenině, luštěninách a obilovinách[27]. Rostlinná tkáň je tvořena převážně celulózou, která je společně s ligninem i jednou z hlavních složek dřeva. Člověk a ostatní živočišné nejsou schopni celulózu trávit díky absenci potřebných enzymů. Ovšem zvířata živící se rostlinnou stravou mají ve střevech bakterie, které celulózu dokážou rozložit [26].

4.3.2 Ligno-celulozy

Dřevo

Dřevo je hmotou organického původu, kterou tvoří tři základní složky: celulóza (asi 50%), hemicelulóza a lignin. Každá z těchto složek má své charakteristické vlastnosti významně ovlivňující vlastnosti dřevní hmoty. Mimo tyto složky dřevo obsahuje také látky zvyšující jeho odolnost proti houbám, plísním a hmyzu, jedná se například o třísloviny, pryskyřice a některé z alkaloidů[28].

Sláma

Sláma je tvořena hlavně organickými látkami, především celulózou a hemicelulózou, které tvoří kolem 80%, zbytek hmoty je tvořen minerálními látkami. Kvalitativním znakem slámy je poměr obsaženého dusíku a uhlíku. Nejvyšší slámou je sláma z luskovin.

Složení je závislé na druhu pěstované plodiny, úrovni hnojení a obsahu přístupných živin v půdě[29].

4.3.3 Jiné

Pektin

Pektiny jsou složky běžně se vyskytující v přírodě, hlavně v ovoci (jablka, citrusy) a v buněčných stěnách rostlin [30]. Jsou nerozpustné ve vodě (např. protopektiny), rozpustné ve vodě se stávají účinkem kyselin nebo protopektináz. Díky schopnosti vázat vodu se podílí i na hospodaření buněk s vodou[31].

Chitin

Složení: N-acetyl-D-glukosamin spojený 1,4- β -glykosidickou vazbou. Společně s celulózou je nejrozšířenějším polysacharidem na zemi. Tvoří schránky např. krabů, je hlavní složkou kutikuly členovců a díky minerálním látkám, které jej zpevní a přemění, může vytvořit exoskelet (pevná vnější kostra). Objevit jej lze ale i v buněčných stěnách vyšších hub a plísní[32].

4.3.4 Proteiny

Jsou biomakromolekulární látky, které v tkáních vyšších organismů a člověka překračují 80%, člověkem a živočichy jsou přijímány v potravě, na rozdíl od rostlin, které jsou sami schopné si je vytvořit z anorganických dusíkových látek. Jejich základní stavební jednotkou jsou aminokyseliny, ze kterých proteiny vznikají kondenzací[33].

4.3.5 Lipidy

Jedná se o látky nerozpustné ve vodě (tzv. hydrofobní), ale dobře rozpustné v nepolárních rozpouštědlech (lipofilní). Jsou estery vyšších mastných kyselin a alkoholu. Dle složení jsou děleny na: jednoduché a složité, mohou být nasycené i nenasycené. V organismu mají různé funkce jako např. izolace před tepelnými ztrátami, obalené nervových vláken, rozpouští biologicky významné látky (vitamíny, hormony...), zásobárny energie[34].

4.3.6 Zvířecí

Kasein

Kasein tvoří až 80% mléčné bílkoviny, zbylou část tvoří různé syrovátkové proteiny. Můžeme jej nalézt v různých druzích a formách, je významným zdrojem aminokyselin,

vápníku a fosfátů. Metabolizováním kaseinu a syrovátkových proteinových složek vzniká mnoho bioaktivních peptidů. Používá se i pro obohacení jídla jako přídatná látka [35].

Kolagen

V těle savců tvoří 25-30% všech proteinů, je hlavní složkou pojivových tkání, vyskytuje se i v kloubech, vazivových tkáních, chrupavkách, zubech a také v pokožce a kostech. Nyní známe 27 rozdílných typů kolagenů, nejdůležitější jsou kolageny typu I, II, III, IV a V. U různých živočišných druhů je jeho aminokyselinové složení podobné a liší se jen mírně[36].

4.3.7 Rostlinné

Zein

Patří k přírodním polymerům vyskytujícím se v kukuřičném lepku. Ve své struktuře má vysoký podíl nepolárních aminokyselin a malý počet bazických a kyselých aminokyselin. Svou strukturou je podobný molekule proteinu a řadíme jej do skupiny rostlinných proteinů. Není rozpustný ve vodě, ale v alkoholu ano kvůli svým hydrofobním vlastnostem[37].

Sója

Svým složením mezi ostatními luskovinami vyčnívá, obsahuje totiž téměř 40% bílkovin, které se svými hodnotami blíží bílkovinám živočišným, dále 20% tuku a zbytek tvoří sacharidy, vláknina a minerální látky, obsahuje ale také nestravitelné oligosacharidy způsobující nadýmání. Mimo jiné příznivé složky obsahuje ale i toxické a antinutriční látky[38].

4.3.8 Polyhydroxyalkanoáty (PHA)

Jedná se o polyestery organických hydroxykyselin hromaděné ve formě intracelulárních granulí řadou prokaryotických mikroorganismů, jsou využívány jako zásobní polymery nebo je z nich čerpána energie v případě nedostatku. Rozlišovány jsou dva základní typy tzv. scl-, které mají délku monomerní jednotky do 5 atomů uhlíku a mcl- s délkou monomeru 6-14 atomů uhlíku. Často jsou označovány jako bioplasty[39].

4.3.9 Polyhydroxybutyráty (PHB)

Mnohé bakterie tyto přírodní polymery jako zásobní zdroj uhlíku a energie. Svými mechanickými vlastnostmi je polyhydroxybutyrát podobný polypropylenu, který je ve

formě různých fólií a misek často využíván, na rozdíl od něj však jeho rozklad v přírodě trvá řádově pouze několik měsíců, kdežto u polypropylenu je to v řádech desítek let až staletí. Mínusem u polyhydroxybutyrátu je, že se poblíž svého bodu tání již rozkládá a je tedy těžké jej tavit a zpracovávat[40].

4.3.10 Polyhydroxybutyrátokohydroxyvaleráty (PHBV)

PHBV je kopolymerem kyselin b-hydroxymáselné a b-hydroxyvalerové, ovšem samotný polyhydroxybutyrát je křehký materiál, proto přítomná kyselina b-hydroxyvalerová tvoří PHBV tak výjimečný. Některými svými mechanickými vlastnostmi se vyrovná syntetickým polymerům, je to např. menší křehkost, větší elasticita, odolnost vůči UV záření a dobré držení aroma nebo vlhkosti. PHBV od polymléčné kyseliny (PLA) se liší v rozložitelnosti i ve vodě a půdě, tudíž žádné zatížení planety na rozdíl od mikroplastů[41].

4.3.11 Kyselina polymléčná (PLA)

Pro výrobu kyseliny polymléčné je využíváno rostlin jako kukuřice, brambory, cukrová řepa, sója, konopí a přírodní suroviny jako jsou celulóza a lignin [42]. PLA je alifatickým polyesterem, jehož výchozí surovinou je cukr nebo škrob. Roztoky cukru jsou fermentovány mikroorganismy na dva izomery kyseliny mléčné, ty jsou v druhém stupni chemicky polymerovány na makromolekuly. Jsou rozlišovány dva typy PLA, jeden z nich má tepelnou odolnost 60 °C, druhý i přes 100°C. Ovšem směsí a přísadami aditiv umožňují širší spektrum využití a nových typů[43].

4.4 Silikon a materiály na bázi fluoru

Silikony jsou organokřemičité sloučeniny připravované hydrolýzou alkyl- nebo aryl-chlorsilanů (ty jsou připravovány syntézou alkyl- nebo aryl chloridů a elementárního křemíku s mědí, která slouží jako katalyzátor za teplot 250-450 °C. Silikony jsou výjimečné pro svou výbornou tepelnou a světelnou stabilitu. Typy silikonů: oleje, kaučuky (vulkanizací na silikonovou pryž), pryskyřice (zesíťování na reaktoplasty) [44]. Fluor je nekovový prvek vyskytující se na Zemi pouze ve sloučeninách a vyznačující se vysokou elektronegativitou [45]. Atomární a molekulární fluor je využíván při povrchové úpravě plastů. Materiály na bázi fluoru se vyznačují vysokou pevností a tepelnou stabilitou. Polymery na bázi fluoru mají výborné antistatické vlastnosti, jsou odolné proti záření a proti otěru[21].

4.5 Nové plasty a plastové slitiny

Můžeme sem zařadit například: polysulfon, polyfenylensulfid, polyetheresteru, polyakrylamid a polyakrylát. Na trhu však dominují: polykarbonát, polyester, polyfenol amin, polyoxymethylen[21].

Polybutylentereftalát (PBT) – Jedná se o semikrystalický termoplast ze skupiny polymerů na bázi polyesteru, díky své vysoké odolnosti vůči chloru a leptavým čistícím roztokům je vhodný pro aplikaci v potravinářském průmyslu. Tento materiál vykazuje vysokou pevnost, tuhost a odolnost vůči tepelné deformaci a dále také rozměrovou stabilitu a vysokou mez tečení, naopak od polyesteru (PET) je odolnější proti nárazu, společnou vlastností pro tyto materiály je dobrá odolnost vůči opotřebení a tření [46].

4.6 Kovové fólie a profily

Hlavními využívanými materiály pro kovové fólie jsou: zlato (drahé), měď (dobrá odolnost vůči korozi), hliník (lehký, dobrá chemická odolnost), tantal (tvrdý, vzácný), stříbro (dobrá kujnost), zinek (za normální teploty velmi křehký, ale dobře tažný), železo (významný ve slitinách jako je ocel), lehké slitiny jako např. Ni-Cr. Mohou být vyráběny obaly různých tvarů, profily jsou ztenčovány, obaly zlehčovány a upravovány k lepší funkčnosti[21].

4.7 Funkční polymerní materiály [21].

Funkční polymerní materiály můžeme řadit do těchto kategorií:

- Elektricky funkční polymery (vodivé)
- Fotovodivé materiály (opticky funkční molekuly, polymery s gradientovým indexem)
- Chemicky aktivní (katalytické materiály, adsorpční materiály)
- Mechanicky funkční (separační membrány, membrány polymerních materiálů bohatých na kyslík)
- Biologicky funkční (biomedicínské polymery, biodegradační materiály- smršťovací fólie, tepelně odolné)

4.8 Povrchové modifikace materiálů

Povrchové modifikace jsou využívány za účelem zlepšení vlastností a výkonnosti obalových materiálů, např. pro zlepšení kondenzačních vlastností, upravení propustnosti obalu. Je využíváno například potažení povrchu plastu tenkou hliníkovou fólií, film oxidu křemíku[21].

4.9 Organické optoelektronické materiály

Jedná se o: organické fotochromatické polymerové materiály, nelineární optické a elektrooptické materiály, fotosenzitivní refrakční materiály, polarizované polymerní materiály, selektivní polymerní materiály propouštějící světlo, fotoelektrické konverzní funkční materiály, piezoelektrické funkční polymerní materiály apod. Pokroku bylo dosaženo i u nelineárních optických polymerů - polymerů s gradientovým indexem (estery methylbenzoátu, vinylbenzoátu atd.)[21].

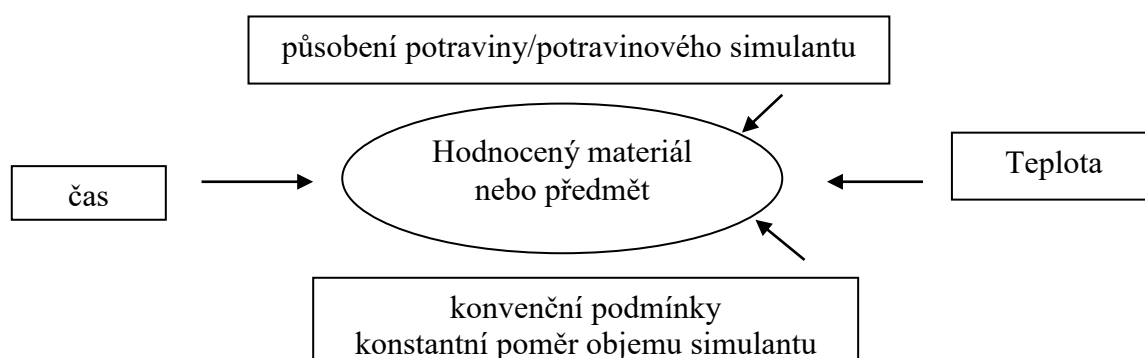
4.10 Kompozitní materiály na bázi pryskyřic

Mnoho kompozitních materiálů je mícháno s pryskyřicí, která tvoří matrici, jsou to různá vlákna, granule nebo filmy. Může to být například přidání vodivého vláknitého kompozitu do vodivého funkčního materiálu, absorpce funkčního materiálu, přídavek skleněného, uhlíkového nebo keramického kompozitního výztužného materiálu nebo také vícevrstvého kompozitu z jiné pryskyřičné fólie do kompozitního materiálu apod. [21].

5 MIGRACE SLOŽEK OBALOVÝCH KONTAKTNÍCH MATERIÁLŮ DO POTRAVINY

Migrací se rozumí přenos látek nebo složek z obalu do potraviny. Interakce obal – balená potravina obsahují chemické a fyzikální reakce mezi potravinou, obalem a okolím, které ve finále ovlivňují složení, kvalitu a i fyzikální vlastnosti jak potraviny, tak i obalu [47]. Sledováno je uvolňování určitých složek z obalu do potraviny (z laků, pryskyřic, plastů atd.) a jsou stanoveny „limity migrace látek“, potraviny jsou před touto kontaminací kontrolovány [48]. Mezi sledované ukazatele patří: celková migrace látek (tzn. celkové kvantum látek uvolněných z materiálů a předmětů do potravinových simulantů), specifická migrace látek (tj. množství dané látky a/nebo skupiny látek uvolněných z materiálu a předmětů do potravinových simulantů) – limity jsou vypsány pro každou látku zvlášť v závislosti na její toxicitě [49]. Zkoumané, omezované nebo dokonce zakázané látky jsou například bisfenoly (z epoxyfenolových pryskyřic používaných jako vnitřní nátěry konzervových plechovek), cín (vnitřní plochy nelakovaných plechovek), olovo (např. z pájky), semikarbazid (složka těsnění na víčkách konzervovaných sklenic a lahví), PCB (složky laků a plastů), ftaláty (změkčovadla u výroby PVC) [48]. Do přenosu látek z obalu do baleného produktu patří děje jako koroze způsobená působením potraviny, ta je typická pro kovy, ale i sklo, kdy dochází buď k úplnému, nebo jen částečnému rozpuštění obalu při skladování. Dalším dějem působení je migrace, v tomto případě se do potraviny uvolňují jen některé složky z obalu mezitím, co se obal nemění. Migrace je typická pro polymerní obaly, z těch se uvolňují především nízkomolekulární složky, tzn. rezidua výchozích látek (monomerů) a přídatných látek z výroby plastu, nebo produkty degradace polymeru během technologie. Tyto děje většinou patří mezi negativně ovlivňující kvalitu zboží v obalu, proto je hlavní snahou při volbě způsobu balení je omezit v maximální míře. V dnešní době jsou ovšem zkoumány a vyvíjeny obaly a systémy balení, které se cíleným uvolňováním látek z obalu pozitivně podílejí na kvalitě balené potraviny. Mezi tyto látky můžeme zařadit například antimikrobiální činidla, antioxidanty, stabilizátory apod. [47].

Schéma modelové migrační zkoušky



MODELOVÉ MIGRAČNÍ ZKOUŠKY

Migrační zkoušky jsou prováděny za použití potravinových simulantů a za nejpřísnějších podmínek, z nichž může materiál nebo předmět přijít do styku s potravinou [49]. Do oblasti zkoušení lze zařadit: obaly na potraviny, nádobí a funkční předměty pro domácnost určené pro kontakt s potravinami, elektrické spotřebiče přicházející do kontaktu s potravinami, gastrotechnologie[50]. Zkratkou FCM rozumíme všechny použité materiály a předměty, které účelně přicházejí do styku s potravinami, potravinářskými surovinami a pokrmy po celou dobu technologického procesu od výroby, přes balení, skladování, přepravu až po podávání. Tato zkratka se nevztahuje na povlaky a povlakové úpravy konzumované společně s potravinou jako jsou například povrchy sýrů a masových výrobků [49].

Hodnocení materiálů ve styku s potravinami příklady:[50].

- Senzorické hodnocení FCM
- Kvalitativní stanovení nízkomolekulárních látek v plastech a pryžích (monomery, aditiva, změkčovadla...)
- Zkoušky výrobků ze silikátových materiálů (sklo, keramika...) – migrace olova, kadmia, případně dalších prvků dle požadavků
- Migrační zkoušky nekovových nesilikátových povrchových úprav (laky, povrchové úpravy...)
- Migrační zkoušky pryží a výrobků z elastomerů dle požadavků Vyhlášky MZ 38/2001 Sb.
- Zkoušky papíru dle požadavků Vyhlášky MZ 38/2001 Sb.

Doplňkové kvalitativní zkoušky: [50]

- Odolnosti proti korozi
- Odolnost v myčce nádobí
- Odolnost vůči vysokým teplotám v troubě
- Oprýskání, olupování povrchových úprav
- Odolnost proti nárazům
- Pevnost držadel

Zkoušky celkové migrace - Tyto zkoušky jsou prováděny u výrobků a materiálů z plastů, ale i dalších materiálů a výrobků podle požadavků legislativy ČR, EU [50]:

- Používané simulanty potravin k těmto zkouškám [50]:
 - simulant A – 10% etanol, destilovaná voda
 - simulant B – 3% kyselina octová
 - simulant C – 20% etanol (nebo použitý x% etanol podle předpokládaného obsahu alkoholu v kontaktní potravíně)
 - simulant D1 – 50% etanol
 - simulant D2 – olivový olej nebo náhradní tukové simulanty (95% etanol a izooktan)
 - simulant E – modifikovaný polyphenylenoxid
- Nejčastější způsoby kontaktu [46]:
 - celkovým ponořením
 - jednostranný kontakt v migračních celách
 - naplněním výrobku

Zkoušky specifické migrace – Existuje seznam schválených látek, které jsou povoleny záměrně používat pro technologii výrobků a materiálů z plastů určených ke kontaktu s potravinami. Spousta z nich omezena vlastním migračním limitem, zbylé látky seznamu jsou omezeny obecným migračním limitem 60mg/kg [50].

Příklady možných analyzovaných látek ([50]):

- kaprolaktam, laurolaktam
- Metakryláty, akryláty
- estery kyseliny ftalové
- bisfenol A
- glykoly
- kovy
- primární aromatické aminy

Migrací složek do potravin se zabývá vyhláška č.38/2001, která definuje přípustné množství látek migrujících do potravin z obalových materiálů.

Část první – Obecné hygienické požadavky na výrobky určené pro styk s potravinami

§2 Výklad některých pojmů

- 1. celkovou migrací je chápáno celkové hmotnostní množství složek plastu nebo výrobku z plastu, které je uvolněno v průběhu vyluhovací zkoušky a za přesně definovaných podmínek do potravin nebo užitého simulantu potravin, množství je vztaženo na jednotku plochy z plastu nebo na hmotnost použitého množství potravin nebo simulantu [53]
- 2. jako specifickou migrací je chápán přechod určité látky z výrobku do potravin nebo na potraviny, případně do simulantu potravin, pokud není určeno jinak [53]
- 3. simulantem potravin je zkušební roztok přesně definovaného složení a přesně daných vlastností, jenž nahrazuje určitou potraviny nebo skupinu potravin při stanovení celkové nebo specifické migrace [53]
- 4. specifickým migračním limitem je rozuměna nejvyšší povolená hodnota specifické migrace látky z výrobku do potravin nebo na potraviny, nebo do simulantu potravin není-li dáno jinak [53]

6 LEGISLATIVNÍ POŽADAVKY PRO MATERIÁLY VE STYKU S POTRAVINAMI

6.1 Nařízení Evropského Parlamentu č.1935/2004

Výrobce se musí při technologii materiálů pro styk s potravinami řídit požadavky Nařízení Evropského Parlamentu č.1935/2004 o materiálech a předmětech určených pro styk s potravinami, kde jsou uvedeny jak obecné požadavky, tak i zvláštní požadavky na aktivní a inteligentní materiály a předměty. Tyto nařízení jsou platná ve všech zemích Evropské Unie [54].

6.2 Zákon o obalech č. 477/2001 Sb.

V České republice je platný Zákon č.477/2001 Sb. o obalech, kde jsou mimo jiné uvedeny podmínky pro uvádění na trh a také nakládání s obaly v případě vratných i nevratných obalů. Tento zákon je postaven tak, aby jeho hlavním cílem bylo chránit životní prostředí a předcházení vzniku odpadu z obalů, především snižováním hmotnosti, objemu, škodlivosti obalů a chemických látek v nich obsažených [55].

6.3 Vyhláška Ministerstva zdravotnictví č. 38/2001 Sb.

Tato vyhláška Ministerstva zdravotnictví uvádí hygienické požadavky na materiály určené pro přímý styk s potravinou a limity složek obsažených v daných materiálech. Požadavky a limity jsou vždy uváděny podle druhu používaných materiálů a jsou stanoveny tak, aby nebylo možné ohrozit zdraví konzumentů. Ve vyhlášce je také uvedeno, jakým způsobem budou užití materiály testovány. Dále jsou zde zmíněny zakázané látky, které nemohou být užity ze zdravotních důvodů v obalu, neboť by mohly ohrozit zdraví člověka [53].

Mezi legislativní předpisy řadíme:

- Nařízení, které je přímo závazné a aplikovatelné
- Směrnice komise, které jsou zapracované v národní legislativě
- Národní požadavky, ty jsou také zapracované v národní legislativě.

Mezi vnitrostátní prameny, kterými se můžeme řídit řadíme [52]:

- Ústavní zákony (základní lidská práva)
- Zákonné předpisy (Zákon o obalech)

- Podzákoné předpisy (nařízení vlády, vyhlášky ministerstev)

Tyto výše zmínění vnitrostátní prameny jsou řazeny podle jejich důležitosti a právní síly [52].

ZÁVĚR

V rámci bakalářské práce jsem se snažila nastínit a shrnout problematiku obalových materiálů užívaných v dnešní i dřívější době.

Hned na úvod jsou uvedeny tradiční obalové materiály, s kterými se člověk dnes a denně setkává na trhu a které plní řadu funkcí, od ochrany potravin před okolím, přes usnadnění manipulace, vizuálně komunikativní činnost, až po udržování tvaru potravin. Tyto obaly jsou využívány již řadu let a mají svůj podstatný význam.

V druhém bodě bakalářské práce jsou přiblíženy inteligentní obalové materiály, které jsou využívány především díky své schopnosti podívat informace o balené potravine během skladování, transportu i samotném prodeji. Dnes jsou nabízeny především obaly s indikátory teploty a s indikátory složení vnitřní atmosféry, či s indikátory čerstvosti baleného výrobku. Méně používanými obaly této kategorie jsou ty, které obsahují indikátory mikrobiálního růstu, neporušenosti obalu nebo s indikátory autenticity výrobku.

Třetím typem obalů uvedených v této bakalářské práci jsou antimikrobiální obaly. Tyto obaly slouží především k prodloužení trvanlivosti balené potravin. Díky svým mikrobicidním a mikrobistatickým účinkům ovlivňují mikrobiální složení uvnitř obalu. Látky používané pro tyto účely jsou řazeny do dvou kategorií, konkrétně do látek přírodních (např. bakteriociny) a syntetických (např. antibiotika). Užívané látky však nemají vliv na senzorické vlastnosti balen potravin.

Nový trend dnešní doby představují čím dál více se rozvíjející nanokompozitní obalové materiály, které svými vlastnostmi dokáží ovlivnit balenou potravinu. Jedná se o obaly s aplikací jedné nebo více složek o „nano“ rozměrech. Mohou se aktivně podílet na podmínkách, ve kterých je potravina v obalu uchovávána a tím zajistit prodloužení trvanlivosti nebo upravení senzorických či nutričních vlastností. Jsou rozvíjeny i za ekologickým účelem, aby se země natolik nezatěžovala nerozložitelnými obaly a byly také produkovány obaly rozložitelné nebo recyklovatelné.

Známým faktem je, že potravina ovlivňuje obal a obal potravinu, což se v tomto případě nazývá migrace složek do potravin. Tyto migrace ovšem mají své limity, které jsou sledovány pomocí migračních zkoušek, které jsou zde také uvedeny. Přenos látek může totiž nepříznivě, až škodlivě ovlivnit balenou potravinu, která může být až zdravotně závadná. Mezi zkoumané omezované, až dokonce zakázané látky se řadí například bisfenoly, cín, olovo, ftaláty a další. Ovšem dnes jsou vyvíjeny obaly, kde složky obalu

cíleně migrují do potravin a neutrálně nebo i pozitivně ji ovlivňují. Těmito obaly jsou například již výše zmíněné nanokompozitní materiály.

Protože nejsou na materiály určené pro styk s potravinami jen požadavky od spotřebitelů, ale také požadavky od Ministerstva zdravotnictví, je v posledním bodě této práce uvedena Vyhláška Ministerstva zdravotnictví o hygienických požadavcích na výrobky určené pro styk s potravinami a pokrmů č.38/2001 Sb. Tato kapitola uzavírá mou rešeršní práci o o aktivních a inteligentních obalových materiálech.

CITOVANÁ LITERATURA

1. ČURDA, Dušan. Balení potravin. 1. vyd. Praha: SNTL, 1982, 428 s
2. Balte Levněji o obalech bez obalu: Obaly Co to je a jakou mají funkci. (2014). Retrieved May 10, 2021, from <https://www.baltelevneji.cz/obaly/obal-a-jeho-funkce>
3. Samosebou.cz: Co je obal ? Jaké jsou druhy a funkce obalů ?. Retrieved May 13, 2021, from <https://www.samosebou.cz/2020/10/23/co-je-obal-jake-jsou-druhy-a-funkce-obalu/>
4. Obvyklé otázky k předpisům o obalech: EkoKom. Retrieved May 12, 2021, from https://www.ekokom.cz/uploads/attachments/Klienti/Obvykle_otazky_k_predpisum_o_obalech_v_6-4.pdf.
5. EnviWeb.cz: Některé základní funkce vymezuje definice obalu. (2008). Retrieved May 12, 2021, from <http://www.enviweb.cz/71596>
6. Obaly a obalové hmoty v potravinářském průmyslu: určeno zaměstnancům v potravinářském průmyslu, učební pomůcka pro studující na fakultě potravinářské technologie, vysoké škole ekonomického inženýrství a na průmyslových školách. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1959. Řada potravinářské literatury..
7. TIHELKA, J. (2015). Posouzení rizik při výběru obalů pro vybrané potraviny [Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Fakulta logistiky a krizového řízení, Ústav krizového řízení]. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. <http://hdl.handle.net/10563/34298>
8. PAINE, Frank A., Heather Y. PAINE. Handbook of food packaging. 2. vyd. Springer, 1993, 516 s. ISBN 02-169-3210-6
9. AHVENAINEN, R. (2003). Novel food packaging techniques. Cambridge: Woodhead.
10. BUŇKOVÁ, Leona, a Magda DOLEŽALOVÁ. Obecná mikrobiologie. Zlín : Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2007, 190 s. ISBN 978-80-7318-516-9.
11. APPENDINI, Paola a Joseph H. HOTCHKISS. Review of antimicrobial food packaging. Innovative Food Science & Emerging Technologies [online]. 2002, 3(2), 113-126 [cit. 2021-5-17]. ISSN 14668564. Dostupné z: doi:10.1016/S1466-8564(02)00012-7
12. STEVEN, D. M. a J. H. HOTCHKISS. Non-migratory bioactive polymers in food packaging. V: AHVENAINEN, Raija. Novel food packaging techniques. Boca Raton: CRC Press, 2003, s. 71-103. ISBN 978-1-85573-675-7.

13. OTGONZUL, Onon. Bioactive polymeric systems for food and medical packaging applications. Zlín, 2010. 128 s. Disertační práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Vedoucí práce prof. Ing. Sába Petr, CSc.
14. PAULUS, Wilfried. Directory of microbicides for the protection of materials: a handbook. Dordrecht: Springer, 2005, 650 s. ISBN 978-1402028175
16. SAMBHY, Varun, Megan M. MACBRIDE, Blake R. PETERSON a Ayusman SEN. Silver Bromide Nanoparticle/Polymer Composites: Dual Action Tunable Antimicrobial Materials. *Journal of the American Chemical Society*. 2006, roč. 128, č. 30, s. 9798-9808.
17. STANCOVÁ, V. (2009, April 20). Gate2Biotech vše o českých biotechnologiích na jednom místě: Účinnější nisinová antibiotika. Retrieved April 10, 2021, from <http://www.gate2biotech.cz/ucinnejsi-nisinova-antibiotika/>
- 18.A-Z Bezpečnost potravin: Nanokompozit. Retrieved March 23, 2021, from <http://www.gate2biotech.cz/ucinnejsi-nisinova-antibiotika/>
19. Gate2Biotech: Potravinové obaly mohou chránit a informovat spotřebitele. (2007, November 29). Retrieved March 23, 2021, from <http://www.gate2biotech.cz/potravinove-obaly-chrani-informuji-spotrebitele/>
- 20.RHIM, Jong-Whan a PERRY K.W. NG. Natural Biopolymer-Based Nanocomposite Films for Packaging Applications. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* [online]. 2007, 47(4), 411-433 [cit. 2021-5-17]. ISSN 1040-8398. Dostupné z: doi:10.1080/10408390600846366
21. Packagingbagfactory: Top ten materials in the packaging field. (2017, June 29). Retrieved March 23, 2021, from <https://www.packagingbagfactory.com/cs/news/top-ten-materials-in-the-packaging-field>
22. R. (2019, September 22). Sciencealpha: Top ten materials in the packaging field. Retrieved March 23, 2021, from <https://sciencealpha.com/cs/flexible-packaging-materials-modified-with-nanocomposites-manufacturing-plants-manufacturers-flexo-printing-manufactory-russia-types-of-food-products-price-buy/#Opisanie>.
23. ZBOŘIL, J. (2010). Biopolymery bakalářská práce. Retrieved March 23, 2021, from <https://core.ac.uk/download/pdf/8985865.pdf>

24. Nafigate corporation: Přírodní polymer - Biopolymery. Retrieved March 23, 2021, from <https://www.nafigate.com/cs/prirodni-polymer>
25. AVEROUS, P. L. Biobased Polymer, Biodegradable polymer, Biopolymer, Bioplastic, Biomaterial, Biomass valorization, Biotech: Biobased and/or Biodegradable polymers, for Environmental & Biomedical Applications. Retrieved April 1, 2021, from <https://www.biodeg.net/>
26. Polysacharidy. Retrieved March 23, 2021, from <https://issmb.cz/DUM/III.2%207,8,9/III.2%208.18%20a.pdf>
27. Polysacharidy. Retrieved March 23, 2021, from https://web.vscht.cz/~koplikr/CHP_sacharidy_2.pdf
28. Dřevo centrum: Složení a vlastnosti dřeva. Retrieved March 25, 2021, from <http://drevo.celyden.cz/sloen-a-vlastnosti-deva/chemicke-slozeni-dreva/index.html>
29. WINKLER, J. (2017, November 14). Agromanual.cz: Plevelle a hospodaření se slámou. Retrieved March 25, 2021, from <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/plevele/plevele-a-hospodareni-se-slamou>
30. Fér potravina: E440-Pektiny. Retrieved March 25, 2021, from <https://www.ferpotravina.cz/seznam-ecek/E440>
31. VELÍŠEK, Jan a Jana HAJŠLOVÁ. Chemie potravin. Rozš. a přeprac. 3. vyd. Tábor: OSSIS, 2009. ISBN 978-80-86659-15-2.
32. KODÍČEK Prof., RNDr. CSc., M. Biochemické pojmy-výkladový slovník. Retrieved March 27, 2021, from https://vydavatelstvi-old.vscht.cz/knihy/uid_es-002_v1/hesla/chitin.html.
33. E-Chembook.eu: Bílkoviny. Retrieved March 27, 2021, from <http://e-chembook.eu/bilkoviny>
34. Biochemie: Lipidy. Retrieved March 27, 2021, from https://www.prf.upol.cz/fileadmin/userdata/PrF/katedry/biochemie/Dokumenty/Materialy_k_vyuce/KBC-BCHC_Lipidy.pdf
35. ARDNT PharmDr., T. (2011, May 25). Celostnimedicina.cz: Kasein. Retrieved March 27, 2021, from <https://www.celostnimedicina.cz/kasein.htm>

36. VupMedical: Kolagen. Retrieved March 27, 2021, from <https://www.vup.cz/cs/dalsi-produkty/produkty/kolagen#nav>.
37. MAYA J.JOHN, SABU Thomas. Natureal Polymers: Composites . Cambridge : Royal Society of Chemistry , 2012.
38. KUNOVÁ MUDr., V., & DOSTÁLOVÁ Prof., Ing., J. (2018, September 13). Encyklopedie výživy: Sója. Retrieved May 17, 2021, from <https://www.vyzivaspol.cz/soja/>
39. ZAPLETAL, M., & TREJBAL, J. (2016). Izolace polyhydroxyalkanoátů z mikrobiální biomasy. Retrieved May 17, 2021, from http://chemicke-listy.cz/docs/full/2016_12_860-867.pdf
40. Gate2Biotech: Polyhydroxyalkanoáty - Přírodně odbouratelné plasty. (2007, July 13). Retrieved May 17, 2021, from <http://www.gate2biotech.cz/polyhydroxyalkanoaty-prorozene-odbouratelne-plasty/>
41. Bioplast, na který jsme čekali. (2021, March 22). Retrieved April 7, 2021, from [https://www.vscht.cz/popularizace/doktorandi-pisou/2020/bioplast-na-ktery-jsme-cekali?cookie\[only_desktop\]=1](https://www.vscht.cz/popularizace/doktorandi-pisou/2020/bioplast-na-ktery-jsme-cekali?cookie[only_desktop]=1).
42. Odpady: Bioplasty – nový problém pro odpadáře/ III. (2012, November 14). Retrieved April 7, 2021, from <https://www.odpady-online.cz/bioplasty-novy-problem-pro-odpadare-iii/>.
43. Ekoživot: Bioplast aneb kouzlo kyseliny polymléčné – změni svět plastů?. (2019). Retrieved April 7, 2021, from <https://www.ekoživot.cz/priroda/bioplast-aneb-kouzlo-kyseliny-polymlecne-zmeni-svet-plastu/>.
44. LEDERER Doc.,Ing., J. Silikonové polymery: Silikony. Retrieved April 7, 2021, from https://chemistry.ujep.cz/userfiles/files/SILIKONY_.pdf
45. HAVEL Ing., M., & VÁLEK Ing., P. Arnika: Fluor. Retrieved April 7, 2021, from <https://arnika.org/fluor>.
46. Ensinger: PBT – polybutylentereftalát Plasty Ensinger TECADUR/HYDEX. Retrieved April 7, 2021, from <https://www.ensingerplastics.com/cs-cz/polotovary/konstrukcni-plasty/material-pbt>

47. DOBIÁŠ Ing., Doc., CSc., J., & ČURDA Prof., Ing., CSc., D. (2004). Sylabus textů k přednáškám z předmětu BALENÍ POTRAVIN. Retrieved April 7, 2021, from <https://ukp.vscht.cz/files/uzel/0029134/c0rMSc07vFahIL-kKLEsMw8A.pdf?redirected>
48. Ministerstvo zemědělství. A-Z Bezpečnost potravin: Obaly potravin. Retrieved April 7, 2021, from <https://www.bezpecnostpotravin.cz/az/termin/92071.aspx>.
49. SOSNOVCOVÁ Ing., J. Předmět běžného užívání pro styk s potravinami. Retrieved April 7, 2021, from <http://www.szu.cz/uploads/documents/szu/akce/materialy/27.10.2011/predmety-pro-styk-potravinami.pdf>.
50. VILÍMKOVÁ Ing., V. Institut pro testování a certifikaci a.s.: Výrobky určené pro styk s potravinami (food-contact). Retrieved April 7, 2021, from <http://www.itczlin.cz/cz/food-contact-material>.
52. MÁCOVÁ, Klára. Nové trendy v obalových materiálech pro využití v potravinářství. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2017, 47 stran(63601znaků). Dostupné také z: <http://hdl.handle.net/10563/40615>. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Fakulta technologická, Ústav technologie potravin. Vedoucí práce Lapčíková, Barbora.
53. Česká republika. Vyhláška č. 38/2001 Sb. Vyhláška Ministerstva zdravotnictví o hygienických požadavcích na výrobky určené pro styk s potravinami a pokrmů, 2001 § (2001).
54. NAŘÍZENÍ EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY (ES) o materiálech a předmětech určených pro styk s potravinami a o zrušení směrnic 80/590/EHS a 89/109/EHS, 2004 Úřední věstník Evropské Unie § (2004). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:32004R1935&from=CS>
55. Česká republika: Zákon č. 477/2001 Sb. o obalech, 2001.
56. SOSNOVCOVÁ, J. (2008). INFORMACE VĚDECKÉHO VÝBORU PRO POTRAVINY VE VĚCI: Aktivní a inteligentní obalové systémy pro balení potravin. Retrieved April 7, 2021, from <https://docplayer.cz/6470813-Aktivni-a-inteligentni-obalove-systemy-pro-balen-potravin.html>
57. Packaging Herald: Aktivní a inteligentní obaly vznikají i u nás. Retrieved May 18, 2021, from <http://www.packagingherald.cz/emagazine-section/materialy/>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

ABC Význam první zkratky

B Význam druhé zkratky

C Význam třetí zkratky

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Inteligentní obal.....	24
----------------------------------	----

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Typy indikátorů a jejich využití v praxi **Chyba! Záložka není definována.**

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha P I: Název přílohy

PŘÍLOHA P I: NÁZEV PŘÍLOHY