

Inteligentní obaly pro použití v potravinářství

Aneta Hošťálková

Bakalářská práce
2020



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav technologie potravin

Akademický rok: 2019/2020

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

Jméno a příjmení: **Aneta Hošťálková**
Osobní číslo: **T17117**
Studijní program: **B2901 Chemie a technologie potravin**
Studijní obor: **Chemie a technologie potravin**
Forma studia: **Prezenční**
Téma práce: **Inteligentní obaly pro použití v potravinářství**

Zásady pro vypracování

I. Teoretická část

1. Historický vývoj v balení potravin
2. Současný stav problematiky balení potravin
3. Materiály používané pro balení potravin
4. Nové trendy v obalových materiálech
5. Nanotechnologie a balení potravin
6. Legislativní požadavky na materiály ve styku s potravinami

Seznam doporučené literatury:

- [1] ROBERTSON, Gordon L. Food packaging: principles and practice. 3rd ed. Boca Raton, FL: CRC Press, c2013, xxix, 703 s. ISBN 978-1-4398-6241-4.
- [2] PAINE, Frank., HEATHER, Y. A handbook of food packaging. 2. vyd. NY: Springer, 1992. 497 s. ISBN 0216932106.
- [3] SELKE, S.E.M., CULTER, J.D., HERNANDEZ, R.J.: Plastics Packaging: Properties, Processing, Applications, and Regulations, Hanser Gardner Publications, Munich 2004.
- [4] VYBÍRALOVÁ, Soňa. Potravinové obaly mohou chránit a informovat spotřebitele. [online]. 2007 [cit. 2016-04-26]. Dostupné z: http://www.gate2biotech.com/files/clanky_clanky/biotechopravnipdf_94.pdf.
- [5] SOSNOVCOVÁ, Jitka. Evropská legislativa.[online]. 2013 [cit. 2016-04-26]. Dostupné z: http://www.khshk.cz/e-learning/kurs8/31_evropsk_legislativa.html.

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

Datum zadání bakalářské práce: **17. února 2020**
Termín odevzdání bakalářské práce: **22. května 2020**

L.S.

prof. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan

doc. RNDr. Iva Burešová, 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 užít 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

Bakalářská práce svým obsahem cílí na výzkum a rozvoj obalových materiálů využívaných v potravinářském průmyslu. Soustředí se na historii obalových materiálů v potravinářství a problémy spojené s riziky, kterým je spotřebitel vystaven. Jádrem práce je sumarizace funkcí systému inteligentních obalů v porovnání s dnes již známými aktivními obaly. V závěru jsou v práci zmíněny taktéž nanotechnologie napomáhající zlepšení funkcí moderních obalových technik. Nanomateriály jsou však pořád ve fázi výzkumu a nejsou komerčně využívány. Celou práci uzavírají legislativní nařízení týkající se balení potravin.

Klíčová slova: obalový materiál, potravinářství, plast, inteligentní obal, aktivní obal, indikátor, nanotechnologie

ABSTRACT

The content of the bachelor's thesis aims at research and development of packaging materials used in the food industry. It focuses on the history of packaging materials in the food industry and the problems associated with risks for consumers. The main idea is to summarize the functions of the intelligent packaging system in comparison with the already known active packaging. Finally, nanotechnologies are also mentioned in the work, which are helping to improve the functions of modern packaging techniques. However, nanomaterials are still in the research phase and are not used commercially. The whole work is concluded by legislative regulations concerning food packaging.

Keywords: packaging material, food, plastic, intelligent packaging, active packaging, indicator, nanotechnology

Děkuji vedoucí mé bakalářské práce paní doc. Mgr. Barboře Lapčíkové, PhD. za profesionální vedení, poskytnutí materiálů, čas a nezbytnou kritiku. Děkuji i svým kolegyním, přátelům a rodině za cenné rady a podporu.

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

OBSAH

ÚVOD.....	8
I TEORETICKÁ ČÁST.....	10
1 HISTORICKÝ VÝVOJ BALENÍ POTRAVIN.....	11
2 SOUČASNÝ STAV PROBLEMATIKY BALENÍ POTRAVIN	13
2.1 MIKROBIÁLNÍ KONTAMINACE.....	14
2.1.1 Sestavení antimikrobiálního obalového systému	15
2.1.2 Faktory ovlivňující účinnost antimikrobiálních látek	17
2.2 TRANSPORT	19
2.2.1 Funkce a cíle dopravního balení	19
2.2.2 Navrhování obalu	19
2.3 RECYKLACE POTRAVINÁŘSKÝCH OBALOVÝCH MATERIÁLŮ	20
2.3.1 Regulace recyklace obalových materiálů v potravinářství.....	21
2.3.2 Využití recyklovaných plastů v potravinářství	22
2.3.3 Plastové obaly a negativní dopad na přírodu	23
3 MATERIÁLY POUŽÍVANÉ PRO BALENÍ POTRAVIN.....	25
3.1 PAPIROVÉ OBALY	26
3.2 KOVOVÉ OBALY	27
3.3 SKLENĚNÉ OBALY	27
3.4 PLASTOVÉ OBALY.....	28
4 NOVÉ TRENDY V OBALOVÝCH MATERIÁLECH.....	32
4.1 AKTIVNÍ OBALY	33
4.2 INTELIGENTNÍ OBALY	37
4.2.1 Indikátory kvality a čerstvosti.....	38
4.2.2 Indikátory teploty a času	39
4.2.3 Plynové indikátory	44
4.3 BALENÍ S MODIFIKOVANOU ATMOSFÉROU.....	44
4.3.1 Kyslík při MAP	45
4.3.1.1 Použití vysoké koncentrace kyslíku MAP	46
4.3.2 Argon a oxid dusný při MAP	47
4.4 BALENÍ S ŘÍZENOU ATMOSFÉROU	47
5 NANOTECHNOLOGIE A BALENÍ POTRAVIN	48
5.1 AKTIVNÍ BALÍCÍ MATERIÁLY	49
5.1.1 Absorbéry kyslíku	49
5.1.2 Antimikrobiální balení	50
5.2 INTELIGENTNÍ OBALY	50
5.3 NANOSENZORY PRO KVALITU POTRAVIN.....	51
6 LEGISLATIVNÍ POŽADAVKY NA MATERIÁLY VE STYKU S POTRAVINAMI	52

ZÁVĚR	55
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	57
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	62
SEZNAM OBRÁZKŮ	64
SEZNAM TABULEK.....	65
SEZNAM ROVNIC	66

ÚVOD

Obalové materiály představují neodmyslitelnou součást nejen průmyslu potravinářského, ale i ostatních industriálních odvětví. Ve výzkumných institucích je v současnosti neustále pracováno na inovacích spolu s vylepšováním materiálů a obalových technologií. Snahou je snížení odpadu z obalů a plýtvání potravinami z důvodu špatné manipulace při distribuci. Zároveň je cíleno na zkvalitnění materiálů pro přepravování produktů a jejich jakost.

Bakalářská práce se soustředí na tematiku inteligentních obalů v potravinářství, které se vyznačují velkým potenciálem a představují tak budoucí hojně využívaný materiál. Díky inteligentním obalům lze totiž zjistit historii produktu při transportu a špatné manipulaci. Spotřebitel je tedy ochráněn před negativními mikroorganismy, které se mohou v podobných výrobcích kumulovat a snižovat tak jakost potraviny nebo ji učinit nebezpečnou. Zjištění stavu potraviny probíhá na základě vizuálního vjemu díky indikátorům, na kterých je založena celá technologie inteligentních obalů. Práce se dále zaměřuje na nepříznivou světovou environmentální situaci, která je zapříčiněna špatným tříděním plastových obalů, jež jsou nerozložitelné a z velké části nerecyklovatelné. V mořích a oceánech tak dochází ke hromadění plastů a následnému úmrtí živočichů. Situací je tak zatíženo celé životní prostředí.

První kapitola bakalářské práce se soustředí na historický vývoj a nejdůležitější mezníky vývoje obalových materiálů, které již od pradávna sloužily k uchování a prodloužení trvanlivosti potravin.

Další kapitola je věnována současné otázce balení potravin. Největší problém představuje mikrobiální kontaminace, která zapříčiňuje znehodnocení potraviny. Její pozitivní přínos však spočívá v podnícení inovací, které následně vytvořily aktivní a inteligentní obaly, jež se snaží tomuto problému předejít. Při transportu je potravina vystavena riziku špatné manipulace či špatného dodržení teplot a opět může dojít k mikrobiální kontaminaci. Recyklace materiálů je v dnešní době velmi diskutovaným a zároveň sporným tématem, a to především kvůli svým vysokým nákladům a velkým zatížením životního prostředí. Hrozbu přináší hlavně nesprávné třídění obalů a jejich stále narůstající nekorigované množství především v zemích třetího světa, které je bez jakékoliv likvidace vypouštěno do řek, moří a oceánů.

Následně jsou v rámci třetí kapitoly definovány a charakterizovány jednotlivé obalové materiály pro potraviny, a to papír, sklo, kov a plast. Ze čtyř jmenovaných materiálů je právě plast využíván nejvíce, jelikož nabízí nejširší škálu uplatnění a modifikací.

Jádro bakalářské práce tvoří nové trendy v obalových materiálech zastoupeny převážně inteligentními obaly a aktivními obaly. Inteligentní obaly fungující na základě různě zbarvených vizuálních indikátorů slouží spotřebiteli k rozpoznání nepříznivých podmínek či mikrobiální kontaminaci, jimž byla potravina vystavena v průběhu transportu, či distribuci. Aktivní obaly fungují na principu do polymeru zabudovaných a postupně uvolňujících se lapačů či emitorů různých plynů, které mají za úkol prodloužit trvanlivost produktu a zabránit mikrobiální kontaminaci. Balení s modifikovanou atmosférou funguje na základě změny složení atmosféry v obalu jednorázově, ovšem díky propustnému obalu se následné složení změní. Balení s řízenou atmosférou je podobné jako s modifikovanou atmosférou, rozdíl mezi nimi však spočívá v nepropustnosti obalu (např. sklo), tudíž se atmosféra uvnitř obalu nemění.

Předposlední kapitola zaměřená na nanotechnologie má za úkol objasnit pozitivní vlivy nanomateriálů, převážně tedy kovů, kterým se při nanostruktuře kompletně mění vlastnosti a funkce.

V závěru se bakalářská práce soustředí na legislativní opatření obalových materiálů určených pro styk s potravinami a vymezuje stěžejní nařízení a zákony, které musí být dodržovány v rámci České republiky a také Evropské unie.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 HISTORICKÝ VÝVOJ BALENÍ POTRAVIN

Otázkou balení potravin se zabývali lidé od pradávna, jelikož dříve byly potraviny spotřebovávány pouze v místě, kde je konzument objevil, nebo tam, kde suroviny vyrostly. Potraviny bylo potřeba uchovávat a balit, což zjednodušilo jejich přípravu i samotné hledání.

Historicky nejstarším obalovým materiálem je bezpochyby papír, který byl využíván již v roce 150 před n. l. v Číně. Výroba papíru byla tehdy zcela odlišná, protože byla využívána kůra moruše bílé. Modernější techniky potom zahrnovaly jeho tvoření ze lnu či z hadrů. S dřevinami začalo být pracováno až na konci 19. století.

Sklo bylo používáno již v roce 1500 před n. l., kdy se poprvé objevily počátky hrncířství a byly zhotovovány nádoby pro uskladnění potravin. Postupem času došlo k rozkvětu výrobních technik a pozornost byla soustředěna spíše na design než účelnost nádob. Techniky výroby skla byly zdokonalovány až do konce 19. století.

Drahyými materiály byly kovy, z nichž bylo hojně využíváno především stříbro. Zlato bylo populární také, ale kvůli své vysoké ceně se používalo zřídka. Jejich finanční náročnost však postupně zapříčinila vznik levnějších alternativ, které byly pokovovány či pokryty různými nátěry. Vyrobené nádoby byly ale označeny za zdraví škodlivé, a proto v nich byl místo potravin distribuován pouze tabák. Až díky generálovi Napoleonu Bonaparte a jeho kuchaři Nicholasovi Appertovi bylo v roce 1800 zjištěno, že pokud je potravina zatavena do cínové plechové nádoby a sterilována varem, je její údržnost dlouhodobá. Hliníkové konzervy se začaly vyrábět v roce 1825, byly ale velice drahé [1].

Ačkoliv problematika přírodních polymerů nebyla známá do poloviny 20. století, samotné materiály existovaly již dávno před tím. Guma, jakožto přírodní materiál složený z makromolekul, byla v roce 1839 zahřáta se sírou, čímž bylo docíleno výroby termotabilního plastu založeného na přírodní bázi. Reakce je dodnes nazývána jako vulkanizace.

Plastikářský průmysl se stal populárním v 60. letech 20. století, a to v Londýně na Mezinárodní Výstavě. Chemik a metalurg Alexander Parkes zde představil látku tehdy nazvanou „Parkesine“. Tento materiál byl vytvořen recyklací bavlněného odpadu a smísením kyseliny dusičné a sírové. Při následném smíchání s ricinovým olejem a kafrem vznikla tvarovatelná hmota. Zde se objevil také pojem „celuloid“, což byla látka vyrobená jako náhrada slonoviny, která se používala téměř na všechny typy nádob. Ačkoliv byla velice hořlavá, našla široké uplatnění i v potravinářském průmyslu.

V následujícím desetiletí nastal rozkvět plastů. Zástupcem syntetických surovin byla například formaldehydová pryskyřice známá pod obchodním názvem bakelit. Z přírodnin se jednalo o polymer zvaný hedvábí vyroben z celulózy.

V roce 1877 objevil Friedrich August Kekulé makromolekuly, které byly přírodního charakteru a byly sestaveny z dlouhých řetězců molekul. Následně v roce 1924 navrhl Hermann Staudinger struktury pro polystyren a přírodní kaučuk. Jeho úvahy o plastech jako o látkách složených z velkých molekul přiměly společnost se tématem důkladněji zabývat. Vznikl tak výzkum v chemii plastů, který přinesl například objev polyvinylchloridu v roce 1953.

Nejvýznamnější dekáda v chemii plastů je vymezena lety 1930 a 1940, a to díky vynálezu termoplastů, které našly široké uplatnění mimo jiné i v potravinářském průmyslu [2] .

2 SOUČASNÝ STAV PROBLEMATIKY BALENÍ POTRAVIN

Od obalů pro potraviny je očekáváno, že budou sloužit jako ochrana pro výrobek, aby nedošlo ke znehodnocení mikrobiální kontaminací v tržní síti. Jako další stěžejní funkci obalu lze uvést poskytnutí snadné manipulace s produktem. V neposlední řadě musí obal kladným způsobem zaujmout spotřebitele. Ne vždy jsou však výše uvedené požadavky plně dodržovány, a to především v závislosti na následné manipulaci s produktem a jeho využití. Při přepravě jsou kladeny nároky na to, ať je co nejvíce zabezpečen profylaktický charakter obalu a také manipulační funkce. Pro spotřebitele jsou zase důležité faktory ochranné, vizuální a informativní [3].

Dříve byly využívány obyčejné obalové materiály bez zvláštních funkcí, dnes je však 95 % obalu aplikováno kvůli jejich speciálním vlastnostem. S narůstajícím požadavkem na obaly a jejich vlastnosti dochází k rapidní spotřebě surovin, ze kterých se získávají. Jedná se především o dřevo a jeho zpracování na papír. Moderní technologie nám však nabízí inovace, a tedy náhradu jinými materiály s podobnými či lepšími vlastnostmi [4].

Možnost objevovat v dnešní době nové polymery je téměř nulová. Průmysl, který se jimi zabývá je ale stále považován za perspektivní oblast. V 70. letech 20. století byla sféra plastů v souvislosti s ropnou krizí důkladněji kontrolována s čímž souviselo i mírné omezení výroby. Následně byl vývoj a výzkum obnoven, jelikož jsou plasty velmi hojně využívány. Dodnes dochází k inovaci a modernizaci [2].

Obalové materiály jsou v současnosti velmi uznávanou součástí potravinářského průmyslu. Diskutovanou oblastí nejsou jen přepravní kontejnery, materiál, manipulační, skladovací a přepravní procesy, ale také to, jak ovlivňuje přeprava a materiál stav produktu během distribuce a jakou mírou je ovlivněna kvalita a chuť. Nutné je také podotknout, že podmínky pro přepravu potravin jsou stanoveny v legislativě a nesmí dojít k negativnímu ovlivnění ani bezpečnosti, ani kvality potravin. Hlavní funkce v oblasti balení jsou:

- a) ochrana produktu před zátěží prostředí (teplota, světlo, vlhkost)
- b) ochrana uživatele (u potravin s možnou mikrobiální kontaminací či zvýšenou hladinou patogenů)
- c) zajištění trvanlivosti a kvality po dobu garantovanou výrobcem (doba trvanlivosti či použitelnosti)
- d) usnadnění manipulace, skladování a přepravy
- e) usnadnění použití

- f) eliminace jednorázových obalů a odpadového materiálu.

Současná problematika balení potravin pramení z nároků, které jsou kladeny na výrobce a dodavatele od spotřebitelů [5].

2.1 Mikrobiální kontaminace

Senzorové, biosenzorové a signalizační systémy obalových materiálů jsou založeny na principu reakce na metabolity, které se vytváří při přítomnosti patogenního mikroorganismu. Imunochemické metody fungují na principu specifické vazby mezi protilátkou a cílovou sloučeninou. Poté byly vyvinuty imunochemické testovací soupravy pro specifickou detekci několika patogenních mikroorganismů, například *Escherichia coli O157:H7*, *Listeria monocytogenes*, *Campylobacter jejuni*, *Clostridium botulinum* nebo *Salmonella sp.* Imunoanalýzy jsou kvůli své nutnosti opakování časově náročné, čímž je celý proces komplikován. Rychlá analýza by totiž dokázala zajistit lepší kvalitu potravin, lepší analyzování rizik a HACCAP (Systém analýzy rizika a stanovení kritických kontrolních bodů) by důrazněji kontroloval jakost surovin [6].

Dále je třeba zmínit antimikrobiální balení, což je jedno z mnoha odvětví aktivního balení. Tento systém je tvořen obalovým materiálem, který získává přidáním aktivní přísady či použitím aktivně funkčního polymeru určitý podstatný znak a vytvoří se tak bariéra. Antimikrobiální obal je schopen zahubit či inhibovat patogenní mikroorganismy, které způsobují kontaminaci potravin. Antimikrobiální látky a polymery musí splňovat standardní požadavky balení. U tradičních obalových materiálů je prioritou zajistit:

- a) trvanlivost
- b) udržení kvality
- c) bezpečnost potravin.

Antimikrobiální balení je speciálně navrženo, aby byly patogeny kontrolovány vizuálně, například změnou zbarvení indikátoru čerstvosti. Výrobky, které nepodléhají mikrobiální zkáze, nepotřebují antimikrobiální obal. Většina výrobků je ale citlivá a mikrobiálnímu kazu podléhá. Primární cíle antimikrobiálního obalu proto jsou:

- a) bezpečnost potravin
- b) udržnost kvality
- c) trvanlivost.

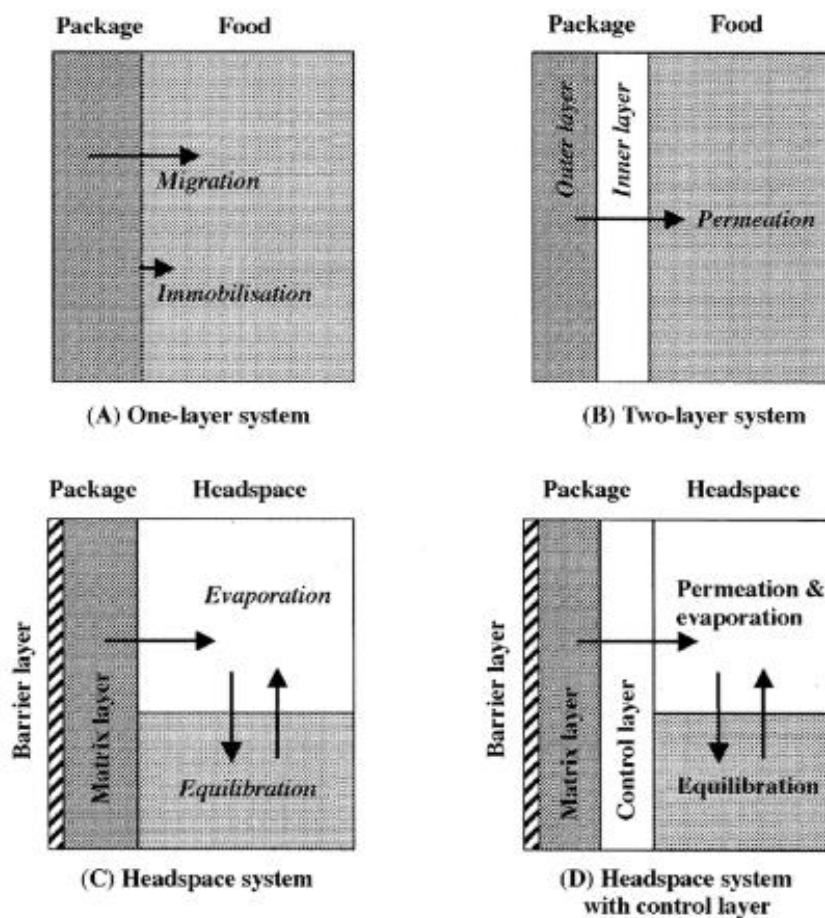
Je zřejmé, že u antimikrobiálního balení se jedná o opačné pořadí primárních cílů než u tradičního balení. Bezpečnost potravin je v dnešní době velkým problémem a také velmi diskutovaným tématem. Právě obalové materiály hrají v tomto ohledu významnou roli a mohly by pozitivně ovlivnit celkovou kvalitu potravin [7].

Antimikrobní činidla jsou různě aktivní a pro každou látku jsou charakterizovány různé mechanismy ovlivněny fyziologickým stavem patogenu. Neexistuje žádná univerzální surovina, která by působila na všechno. Při jejím výběru je nutné zvážit parametry, aby byla účinnost vysoká. Jednoduchá kategorizace mikroorganismů může velmi ulehčit volbu antimikrobiálního agens. Lze je rozdělit podle citlivosti na kyslík na aerobní a anaerobní, podle složení buněčné stěny na Gram pozitivní a Gram negativní, dle růstového stadia, zda se jedná o spory či vegetativní formu. Dle optimálního tepla potřebného k růstu jsou klasifikovány organismy termofilní, mezofilní či psychrotrofní. Kromě mikrobiálních charakteristik musí být dobře známá chemická stránka antimikrobiálního činidla, jeho funkce, limity a aktivita. Některé látky inhibují metabolické děje (reprodukční), jiné zase změny strukturu buněčné stěny. Pro příklad lyzozom ničí buněčnou stěnu a nepoškozuje metabolickou dráhu, laktoferin či EDTA (kyselina ethylendiaminotetraoctová) působí zase jako činidla, která spojují esenciální kationty a nabité polymery. Při použití mikrobiálně statických látek musí obalové materiály udržet koncentraci látky nad minimálním inhibičním účinkem po celou dobu skladování nebo skladovatelnosti, aby nedošlo k opětovnému množení mikroorganismů [7].

2.1.1 Sestavení antimikrobiálního obalového systému

Antimikrobiální látky mohou být do obalového systému začleněny prostřednictvím smíchání s obalovým materiálem nebo potažením látky přes obal. Je nutné zvážit vlastnosti jak obalového materiálu, tak i antimikrobiálního činidla. Smíšená činidla mohou přecházet z obalu na potravinu, imobilizováním systému lze však procesu zabránit. Dle obrázku č. 1 lze posoudit uvolňovací procesy a antimikrobiální systémy. U systému (A) a (B) se antimikrobní látky uvolňují pomocí difúze a u systému (C) a (D) je mikrobiální látka těkavá, takže dochází k odpařování. U systému (A) je představen jednoduchý jednovrstevný systém, kdy je antimikrobiální činidlo zabudováno do obalového materiálu, nebo je chemicky vázáno na materiál imobilizací. Systém (B) je dvouvrstvý a antimikrobiální látka (vnější vrstva) je potažena na obalovém materiálu (vnitřní vrstva), nebo je antimikrobiální vrstva

(vnější) laminována na kontrolní vrstvu (vnitřní) pro specifickou kontrolu toho, jak rychle se čínidlo uvolňuje. Systém (C), takzvaný headspace systém (vzduchová mezera mezi obalem a potravinou), funguje na principu zabudování těkavého antimikrobiálního čínidla do základní vrstvy a následného uvolnění do headspace. U systému (D) se jedná o headspace s kontrolní vrstvou, která specificky řídí pronikání těkavého čínidla do atmosféry mezi obalem a potravinou a také udržuje koncentraci této látky [7].



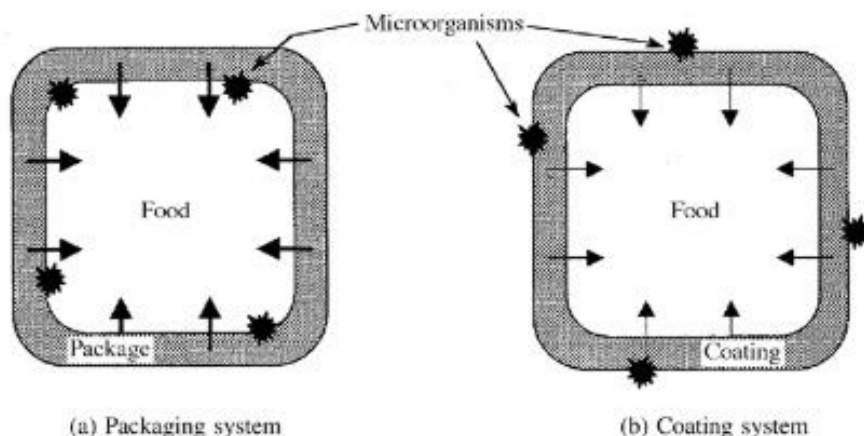
Obrázek č. 1: Antimikrobiální systém balení [7]

Jak je uvedeno v obrázku č. 1, těkavé látky se vypařují do prostoru mezi obalem a potravinou. Antimikrobiální čínidla jsou impregnovány do obalu před konečným použitím. Aplikovány jsou rozpuštěním v rozpouštědlech, kterými lze potáhnout obal, nebo jsou vmíchány přímo do použitého materiálu, papíru či lepenky. Při imobilizaci je využito chemické kovalentní vazby sloučenin na strukturu obalového materiálu, aby nedocházelo k migraci látek do potravin. Pronikání antimikrobiálního čínidla vytváří povlak na potravinách. Jedlý povlak je buď mokrý, nebo suchý. U suchého povlaku se jedná o látky přírodního či chemického charakteru a vytváří se fyzikální nebo chemické bariéry. Při

vzniku mokrého povlaku je potřeba aplikovat další obal, aby nedocházelo k jeho ztrátě. Mokrý systém může nést mnoho různých funkčních agens, probiotik či antimikrobních látek. Jsou využívány například bakterie, které vytváří kyselinu mléčnou a zabraňují růstu konkurenčních bakterií. V potravinářském průmyslu je zmíněný jev velmi přínosný pro balení čerstvých výrobků a masa [7].

2.1.2 Faktory ovlivňující účinnost antimikrobiálních látek

Při použití antimikrobních činidel je nutné zvážit mnoho dalších faktorů. Kromě výše uvedených, jako je například odolnost mikroorganismů, řízené uvolňování látek, chemická povaha potravin je nutné se zaměřit i na skladování či podmínky distribuce. Také je nezbytné řádně prozkoumat vlastnosti a toxicitu antimikrobních látek, aby byly v souladu s legislativou. Každá z nich má specifickou inhibiční aktivitu proti jednotlivým organismům. Při vybírání činidla je tedy rozhodující to, o jaký mikroorganismus se jedná. Potravin mají různé hodnoty pH, jinou aktivitu vody a teplotu skladování, tudíž mají i rozdílné riziko kontaminace. Dnes jsou výše uvedené faktory dobře známy a podrobně jsou prozkoumávány také kultury, které na potravinách mohou narůst a negativně tak ovlivnit jejich kvalitu a bezpečnost. Důležité je, aby antimikrobiální látka nezačala pronikat do potravin ještě před začínajícím růstem mikroorganismů, které má inhibovat. Došlo by totiž k vyčerpání činidla ještě před očekávanou dobou skladování a antimikrobiální obal by tak předčasně ztratil svou aktivitu. Růst patogenu by v tomto případě započal po vyčerpání antimikrobiálního činidla. Pokud je rychlost uvolňování příliš nízká, nedochází k regulování růstu mikroorganismů a růst začne ještě před tím, než se látka začne uvolňovat. Dochází tedy k řízení rychlosti uvolnění látky v návaznosti na růstovou kinematiku mikroorganismu.



Obrázek č. 2: Systém působení mikroorganismů na antimikrobiální obaly a jedlé povlakové systémy [7]

Na obrázku č. 2 lze vidět, jak působí mikroorganismy na antimikrobiální obaly (a) a jedlé povlakové systémy (b), kdy balicí systém (a) má kontaminující mikroorganismy na povrchu výrobku uvnitř obalu. Povlakový systém (b) má kontaminující mikroorganismy na povrchových vrstvách. Proto je nutné, aby antimikrobiální látka pronikala na povrch potravin.

Chemická povaha antimikrobních látek je diskutována proto, že některé látky jsou ve vodě rozpustné a některé ne. Ve vodě rozpustná činidla jsou smíchána do plastových pryskyřic, aby byl vyroben kvalitní antimikrobiální film. Zatímco činidla jsou hydrofilní, plasty mají charakter hydrofobní a může tak docházet ke kolizím. Mohou být vytvořeny díry ve filmu a je tak možné, že dojde ke ztrátě fyzické odolnosti či průhlednosti obalu. Dle hodnoty pH potravin se odvíjí také pH obalového systému, což se odráží na aktivitě antimikrobiálního činidla. Je tedy nutné zohlednit i druh potravin.

Rozpustnost antimikrobních látek v potravinách je důležitým činitelem. U látky vysoce rozpustné lze sledovat neomezenou volnou difúzi. Látka málo rozpustná vytváří monolitický systém.

Skladování a distribuce potravin se odvíjejí od potřebné teploty a času skladování potravin. Teplota musí být nižší než příznivá pro růst mikroorganismů a musí tak setrvat po celou dobu skladování [7].

2.2 Transport

Produkt, který je jakýmkoliv způsobem přepravován, musí mít obal, který jej uzavírá a chrání před poškozením. Bez obalu by byla manipulace s potravinami ztížená a nebezpečná. Transportní obal taktéž snižuje náklady, což je ekonomicky výhodné. Pro převoz je využíván přepravní kontejner, vnitřní ochranné obaly a sjednocující materiály. Primární obal potravin a nápojů zde není zahrnut. Cílem přepravních obalů je, aby jejich primární obalová složka i obsah zůstaly nepoškozeny [8].

2.2.1 Funkce a cíle dopravního balení

Podmínkou pro transport je dopravit produkt v nepoškozené a bezpečné formě ke spotřebiteli. Zajištění bezpečnosti potravin je jedním z hlavních aspektů, protože každá komodita vyžaduje určitý stupeň ochrany. Aby nedocházelo ke znehodnocování, musí být opatřena identifikace výrobku, vhodné množství, snadná manipulace a likvidace. Transportní obal musí obsahovat příslušné informace o poloze produktu a jeho strany musí být zřetelně vyznačeny, zda se jedná o vrchní, spodní či boční díl. Na balení je nutné uvést informace o jeho funkci a také o výrobku samotném, a to v požadovaných jazycích. Obal by měl být jednotný, měl by umožnit plné využití přepravních vozidel a také splňovat pravidla předpisů dopravce. Balení musí být snadno otevíratelné, dávkování a manipulace musí být jednoduchá. Apel je kladen také na jeho snadnou likvidaci. S ohledem na životní prostředí je všeobecným cílem obal recyklovat, redukovat, navrátit a opětovně použít. Vše musí být ekonomicky vyváženo [8].

2.2.2 Navrhování obalu

Náklady balení potravin zahrnují dva aspekty. Jedná se o součet balení a poškození. K vyrovnání zmíněného součtu slouží mimo jiné také design obalu.

Základem balení je znalost produktu, a proto musí navrhovatel obalu zvážit fyzikální vlastnosti výrobku. Pro volbu materiálu obalu je rozhodující jeho náchylnost k oděru povrchu či ke korozi. Náklad musí být udržen v komprimaci a nesmí jej ovlivnit vibrace. Dalším aspektem jsou požadavky na marketing a distribuci. Obal musí splňovat tržní i distribuční podmínky s ohledem na vlastnosti produktu. Předpokladem pro spolehlivou přepravu je znalost údajů, jakými jsou jednotky dopravovaného materiálu, rozměry kontejneru, složení a atributy primárního balení. Zvláštní zřetel by měl být brán na

enviromentální rizika, se kterými se výrobky mohou potýkat. Jedná se převážně o drsné zacházení a manipulaci s produktem, vibrace, nárazy, komprese, vlhkost, voda či teplota. Bezpečný transport je podmíněn znalostí veškerých rizik, jejich důkladným prozkoumáním a následnými opatřeními.

Volba materiálu vhodného pro přepravu úzce souvisí s přepravními riziky a je tak základním faktorem pro transport. Důkladnou analýzou materiálů může dojít k menšímu poškození. Následně probíhá návrh designu přepravní jednotky, a to kontejneru, vnitřního obalu a jednotkového zatížení (umožňuje pohybovat spoustu položek najednou). U kontejneru nebo jiné přepravní jednotky je testována pevnost, pružnost, odolnost a reakce na vibrace. Materiály pro jejich výrobu mají většinou nedostačující konstrukční údaje a konstruktér je tak odkázán na své zkušenosti z předchozích úspěšných řešení. Přepravní jednotka musí mít ochranné znaky a musí vydržet mechanickou námahu, aby bylo zamezeno větší námaze vnějšího obalu, který je ekonomicky náročnější. Dle laboratorních výzkumů je stanoven průmyslový standard a na základě něj se jednotky sestavují. Poté jsou vypracovány metody balení, ve kterých jsou sjednoceny typy kontejnerů spolu s vnějším obalem v závislosti na přepravovaném produktu. Posledním krokem je řádná dokumentace celého procesu, která je důležitá pro následný vývoj. Kresby by měly být uvedeny ve standardních formátech a obsahovat vhodná označení [8].

2.3 Recyklace potravinářských obalových materiálů

Recyklace je chemický a fyzikální proces, který mění obaly nebo šrot na druhotnou využitelnou surovinu či produkt. Sekundární surovina je získána z použitého výrobku. Při organické recyklaci dochází k aerobnímu či anaerobnímu rozkladu částí obalu za vzniku methanu a organických zbytků. Aby mohly být materiály recyklovány, je nutné je řádně třídít, což je hlavní úlohou spotřebitele. Následně musí být vyprány a zbaveny veškerých kontaminantů. Tento proces je ekologicky i ekonomicky výhodný. Důležitou roli hrají celkové náklady na sběr a třídění obalů, protože ovlivňují kvalitu a peněžní hodnotu druhotných surovin. Finanční zátěž je logistika celého procesu.

V současné době je recyklovatelnost materiálů hojně diskutovaným tématem. Spotřebitel proto často preferuje ekologicky prospěšnější materiály šetrné k životnímu prostředí, jako je například sklo či recyklovatelný papír. Přestože i plasty mohou být recyklovány, mnohdy jsou jako obalový materiál spíše zavrhovány. Při recyklování obalů není hlavním faktorem stav prostředí, ve kterém žijeme, nýbrž faktory ekonomické, politické a sociální. Pokud je

však trh dobře spravován, je recyklace skla, kovů a papíru na zmíněných faktorech nezávislá a výsledné výrobky jimi nejsou ovlivněny. Recyklovatelnost některých plastů je do značné míry nevyvinutá, a proto je přihlíženo k enviromentálním faktorům. V zájmu životního prostředí je preferována myšlenka minimalizace odpadu a také co největší využití přírodních zdrojů.

Ve výsledku ale není proces recyklace považován za nejvýhodnější možnost. Především by měl být zvážen její dopad na životní prostředí a její energetické využití. Tři hlavní myšlenky recyklování jsou:

- a) pozitivní vliv na životní prostředí
- b) ekonomická rovnováha procesu, třídění a přepravy
- c) přijetí recyklovaného materiálu spotřebitelem.

Každý z výše uvedených bodů může být pro recyklaci omezujícím faktorem [9].

2.3.1 Regulace recyklace obalových materiálů v potravinářství

Evropská unie stanovuje právní předpisy o recyklaci potravinových obalů směrnicí Evropského parlamentu a Rady 94/62 ze dne 20. prosince 1994 o obalech a odpadech z obalů, kde je předloženo, jak s danými materiály nakládat. Jak směrnice uvádí, je nezbytné sjednotit veškerá nařízení, která se týkají obalových materiálů a odpadů z nich a také eliminovat negativní vliv na životní prostředí. Nejzásadnějším bodem dokumentu je ochrana přírody, důraz je ale kladen také na fungování vnitřního trhu a zamezení aspektů, které blokují obchod. Nejprospěšnějším řešením situace je celkové omezení obalových materiálů. Ty ale tvoří neodmyslitelnou součást hospodářské komodity i společnosti. Proto je podporováno jejich opakované použití, které pozitivně ovlivňuje enviromentální stav země [10].

Výše uvedená směrnice byla v roce 2004 nahrazena směrnicí Evropského parlamentu a Rady 2004/12/EC. Zde jsou zahrnuty nové cíle využití recyklace. Celkové znovuzískání má činit 60 % a celková recyklace 55 %. Pro obnovení konkrétních materiálů jsou stanoveny cíle u skla 60 %, papíru a lepenky 60 %, kovů 50 %, plastu 22,5 % a dřeva 15 %. Zmíněná ustanovení se týkala tehdejších patnácti členských států Evropské unie [9].

Pro Českou republiku a dalších devět nových členských států Evropské unie platila směrnice 2005/20/ES4, která udávala procentuální hodnoty povinně recyklovaných odpadů. Jednalo

se především o materiály, ze kterých lze získat jiné formy využití, například energie. Ustanovení obsahovala například myšlenky o omezení obsahu olova, rtuti, kadmia a chóru v hodnotách do 100 ppm (parts per million). Směrnice také zajišťovala, aby obaly splňovaly základní požadavky ještě před uvedením na trh a předkládaly informace o složení, opětovném použití, využitelnosti, recyklovatelnosti aj. Uvedené požadavky jsou obsaženy v článku 9 a 11 a v příloze směrnice 94/62/EC. V příloze je stanoveno, jaké musí mít obal složení a také povahu k opakované recyklaci. Materiál musí být vyvinut tak, aby byla možná recyklace určité hmotnosti tříděných obalů [9].

2.3.2 Využití recyklovaných plastů v potravinářství

Využití recyklovaných plastů je v dnešní době relativně úspěšné. Mnohdy se ale objevuje otázka uvolňování nežádoucích látek z plastu do potravin. Je ale dokázáno, že jakmile je plastová štěpka přiváděna k opětovnému procesu výroby materiálu, vysoká teplota nevytváří chemické změny, které by vedly k migraci nežádoucích látek. Pokud se jedná o recyklaci in-house, kdy je štěpka tříděného materiálu totožná s materiálem při prvotní výrobě, proces samotný není považován za recyklaci. Mnohdy je ale výsledný šrot prodáván na otevřeném trhu a vyznačuje se různou čistotou, která závisí na identifikovaných složkách štěpky.

Z uvedeného tvrzení proto vyplývá, proč jsou některé materiály vhodné k recyklaci a jiné nikoliv. Obecná představa o recyklaci plastů sestává z myšlenky o jakémkoliv plastovém materiálu, jehož potřeba byla ukončena a byl tedy nashromážděn a zpracován pro nové účely. Neměl by však být opomíjen fakt, že míra rizika čistoty materiálu s recyklací rapidně stoupá. Shromážděno je totiž mnoho typů plastových obalů od různých výrobců, z nichž každý využívá odlišnou směs plastových pryskyřic a svá vlastní aditiva. Lze ověřit, že všechny obaly, které vstoupily do systému, byly opravdu potravinářské jakosti. Nelze ale zaručit, že obalové materiály shromážděny v kontejneru byly spotřebitelem využity pouze za účelem, ke kterému slouží, tedy pro uchování potravin. Bezpečí zajišťuje nařízení Evropské unie, které vyžaduje od každého obalu stanovené podmínky a záruku o zamezení negativního dopadu na lidské zdraví. Evropská unie stanovila složení plastových pryskyřic pro balení potravin tak, že pokud by došlo k migraci nežádoucích látek z obalu do potravin, musí být limity nižší, než je přípustný denní limit konzumace specifických látek (polymerů). Dále musí být stanoven druh potravin a podmínky použití. Tyto podmínky kontroluje FDA (Úřad pro výživu a léky) a pokud je dokázáno, že limity nejsou dodržovány, nastává pro výrobce sankce od FDA [11].

2.3.3 Plastové obaly a negativní dopad na přírodu

Dnes jsou plastové obaly jedním z nejdiskutovanějších témat na světě. V posledním desetiletí byla navýšena výroba plastů, což vede k nárustu množství plastových obalů v mořském prostředí. Obaly se do moře dostanou buď z pevniny nebo v závislosti na námořních plavbách. Nejvíce se objevují v moři či oceánu plasty s měrnou hmotností nižší než voda, které se vznášejí na hladině. Patří mezi ně LDPE (nízkohustotní polyethylen), HDPE (vysokohustotní polyethylen), PP (polypropylen). Také se může jednat o plasty částečně se vznášející, u kterých vznášení na vodní hladině záleží především na fyzikálně-chemických vlastnostech okolních vod.



Obrázek č. 3: Plovoucí plastové zbytky na pobřeží (The Bay Islands, Honduras) [12]

Na obrázku č. 3 je zřejmé, že plovoucí plast vytváří na hladině mapy. Podobných fotografií se v médiích objevilo až několik desítek. Na plážích a pobřežích je znemožněn pohyb kvůli plastům, které mohou být mnohdy toxické. Obtížně rozložitelný materiál totiž představuje nebezpečí ohrožující celou planetu. V turisticky populárních a přelidněných oblastech představuje problém již samotné třídění.

Množství plastů připlouvající do oceánu exponenciálně roste. Plasty přispívají k ohřívání či chlazení vodního sloupce, rozptylují či tlumí sluneční záření, a tudíž jsou narušeny chemicko-fyzikální vlastnosti vodního sloupce. Kromě jiného mohou plastové obaly často připomínat potravu pro vodní živočichy a dochází proto ke zbytečným úmrtím.



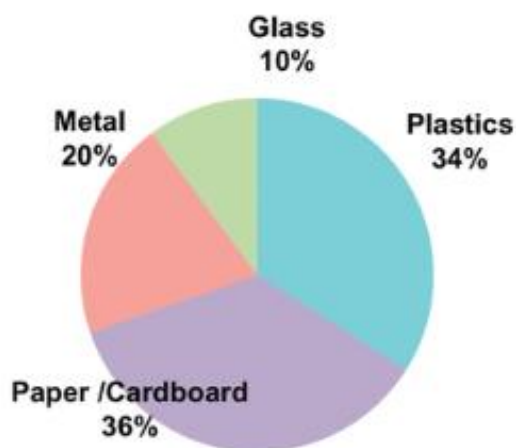
Obrázek č. 4: Částečně vznášející se plasty (růžový kruh) v porovnání s medúzou (zelený kruh) [12]

Podobnost vznášejících se plastů (růžový kruh) s medúzou (zelený kruh) je zřetelná na obrázku č. 4. Mořské želvy si mnohdy kvůli podobnosti pletou plastové sáčky s medúzami, které jsou jejich přirozenou kořistí. Životní prostředí stejně jako suchozemští a vodní živočichové tak doplácují na lidskou bezohlednost [12].

3 MATERIÁLY POUŽÍVANÉ PRO BALENÍ POTRAVIN

Obalové materiály jsou jedinou bariérou, která chrání potravinu od okolních vlivů. Mají schopnost zabránit potenciálním škodlivým jevům, kterými mohou být voda, kyslík nebo světlo a zároveň mají důležitou informativní funkci [13].

Kategorizace obalových materiálů a jejich funkcí je jedním z velmi diskutovaných témat dnešní doby. Obaly se dělí proto dle materiálů, ze kterých jsou vyrobeny, například papír, dřevo, textil a jiné. Členěny mohou být také na primární, sekundární, terciální a kvartální. Primární obalový materiál se vyznačuje přímým stykem s produktem a poskytuje tak jeho hlavní ochrannou bariéru. Jedná se o lepenkové kartony, plastové sáčky, kovové plechovky a skleněné lahve. Sekundární obal je tvořen řadou obalů primárních. Jedná se o sortu obalů, jejichž hlavním úkolem je umožnění distribuce výrobků. Někdy může být sekundární obal použit také v maloobchodních řetězcích pro zobrazení a vystavení výrobků. Terciální obal se skládá z několika obalů sekundárních (např. paleta s kartony). V mezistátním a mezinárodním obchodu se využívají také kvartální obaly. Zastoupeny mohou být kontejnery dlouhými až 40 metrů, ve kterých se přepravuje mnoho terciálních obalů. Zmíněný druh už musí splňovat i jiné podmínky, jako regulace teploty nebo vlhkosti, která je důležitá při přepravě mražených potravin, chlazeného masa nebo čerstvého ovoce a zeleniny [2].



Graf č. 1: Světová spotřeba obalových materiálů [14]

Na grafu č. 1 lze vidět spotřebu obalových materiálů z pohledu celosvětového. Stále je nejvíce využíván papír ze 36 %, hned po něm ale následuje plast se spotřebou 34 %, jehož oblíbenost a modifikovatelnost roste velmi strmě. Kov zastupuje 20 % obalových materiálů a sklo pouhých 10 % [14].

3.1 Papírové obaly

První zmíněnou alternativou obalového materiálu je papír. Je vyroben z buničiny dřeva a díky různým přísadám, které jsou do příměsi přidávány, se zvyšuje jeho odolnost. Přísadami mohou být lamináty hliníkových částic, pryskyřice, vosk nebo plastový povlak. Díky nim se zvyšuje odolnost papírových obalů proti roztržení nebo mastnotě a dále mohou prodlužovat čerstvost zboží, protože zajistí, aby nedocházelo k úniku par a aby nebyly potraviny ovlivněny kontaminanty prostředí. V potravinářství jsou využívány různé tloušťky papíru [13]. Jejich kvalita se vždy odvíjí od jejich zpracování (se stlačováním nebo bez něj). Pokud by byl papír vyráběn bez procesu stlačování, byl by velmi křehký a slabý. Vzhledem k tomu, že se při procesu používá právě zmíněné stlačování, je papír tvrdší, silnější a tím pádem i odolnější [2].

Samotný papír (jedna vrstva) se používá obvykle pro výrobu jednorázových obalů, jako jsou pytlíky na potraviny. Modifikací papíru je kraft (kraftový papír), který je silnější a projevuje se svou mimořádnou pevností. Může být bělený, pak je používán jako obal na maso a uzeniny, nebo nebělený, který je používán na výrobu papírových tašek [13].

Lepenka je stále jednovrstvá, ovšem silnější a pevnější. Existuje speciální typ lepenky, která je potažená vrstvou PET polyesteru a je vhodná do mikrovlnných a konvenčních trub [13].

Kartony jsou papírové dřevovláknité desky, které mají vrstvenou strukturu obvykle složenou buď z recyklovaných vláken, nebo z vláken vyšší kvality. Výhodou vrstvení je, že lze využívat i levné odpadní materiály (např. staré noviny). Vzhledem k jejich nízké kvalitě by neměly přijít do přímého kontaktu s potravinami, proto jsou využívány ve vnitřních vrstvách. Kartony se většinou dodávají nařezány a rýhované, aby mohly být následně ohýbány do požadovaných tvarů. Jejich obvyklá tloušťka je mezi 300 a 1100 μm [2].

Různé druhy papírových obalů jsou používány k mnoha účelům. Ve chvíli, kdy dochází k přímému kontaktu zboží s obalem (např. papírový sáček na pečivo), bývá zpravidla jedna strana ošetřena laminací, protože díky ní dochází k eliminování roztržení, prasknutí nebo zvlhnutí daného výrobku. Jiný typ papírových obalů je využíván k balení potravin, které jsou vkládány do trouby (ať už mikrovlnné nebo horkovzdušné). Každý výrobce může používat jiný obalový materiál, a proto se žádný z nich neobejde bez podrobného návodu na přípravu. Vzhledem k environmentálním požadavkům dnešní doby jsou stále více aplikovány recyklovatelné obaly. Jejich rizikem je však obsah kovových fragmentů, které znemožňují

balení potravin, jejichž příprava probíhá v mikrovlnné troubě. Kov způsobí rozehtřívání obalu natolik, že by mohlo dojít i ke vznícení [13].

3.2 Kovové obaly

K balení potravin jsou nejčastěji používány kovy jako hliník, ocel, cín a chrom. Směsi oceli a cínu a oceli a chromu se převážně využívají jako kompozitní materiály ve formě pocínovaného plechu a elektrolyticky chromované oceli, která je často označována jako ocel bez cínu. Uplatnění hliníku se projevuje v obalových materiálech hlavně ve formě vyčištěných slitin, ve kterých je velmi pečlivě kontrolována přítomnost hořčíku a manganu [2].

Hliník a ocel jsou nejčastěji používány na výrobu plechovek a jiných kovových obalů. Plechovka funguje jako hermetická pečeť, a proto je její obsah naprosto ochráněn vůči působení vnějších vlivů. Samotný kov je taktéž využíván k výrobě různých obalů a uzávěrů lahví [13].

Ocel se tedy v obalovém hospodářství používá nejčastěji ve dvou podobách. Jedna z nich obsahuje příměs cínu, která tvoří nekorozivní vrstvu uvnitř plechovky, a ve druhé je tato přísada nahrazena příměsí hliníku a chromu. Plechovky vyráběné z oceli jsou většinou složeny ze tří dílů, a to ze základny, cylindru a víčka. Někdy ale mohou být pouze dvoudílné (základna a cylindr). V Americe je každoročně z celkového objemu 27 bilionů plechovek vyrobeno 96 % z oceli. Další důležitý fakt týkající se ocelových plechovek je, že některé jsou vhodné do mikrovlnné trouby, čehož je primárně docíleno pokrokem v technologiích. Taková plechovka musí mít plastový prvek (vícevrstvý polypropylen), který je zakomponován do jejího „těla“ a který umožňuje, aby energie prostupovala skrz a mohlo tak dojít k ohřátí obsahu [13].

Hliník je stejně jako ocel hojně užíván k výrobě obalů. Na rozdíl od oceli je lehčí a odolává korozi [13]. Hliníková folie je jeho nejčastější modifikací a je dostupná v různých slitinách s různými tloušťkami, proto má velmi široké využití například k výrobě víček nebo jako krycí fólie, která zaručuje nepropustnost vodních par, plynů a světla [2].

3.3 Skleněné obaly

Sklo je považováno za jeden z pevnějších obalových materiálů, který vzniká z kovových oxidů. Základní surovinou pro výrobu skla je oxid křemičitý, který je taven při velmi

vysokých teplotách. Dále jsou přidávány různé příměsi, které ovlivňují jeho fyzikální vlastnosti (např. uhličitan vápníku apod.) [2].

Jeho tloušťka musí být dostatečná, aby nedošlo k poškození vnějšími vlivy, např. tlakem nebo teplem. Je hojně využíváno, protože zajišťuje „čerstvost“ dodávaného produktu [13].

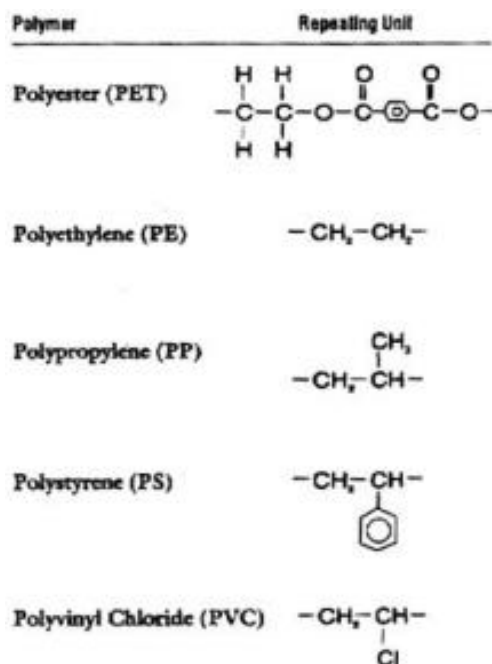
Na trhu je převážně uplatněno v podobě lahví (s úzkým otvorem) a v podobě sklenic (se širokým otvorem). Velmi kritickým aspektem může být právě uzávěr lahve. Sklo totiž tvoří vynikající bariéru proti vlhkosti, plynům a pachům, ale ve chvíli, kdy je použit nedostatečný uzávěr, může některou ze svých vlastností ztratit [2].

3.4 Plastové obaly

Plast patří do skupiny nejvyužívanějších materiálů k balení potravin. Stal se velice oblíbeným právě pro své rozmanité vlastnosti, kterými mohou být tuhost, flexibilita, tvarovatelnost, odolnost vůči poškození, univerzálnost týkající se hlavně ochrany zboží před vlhkostí, světlem a oxidací. Nejčastěji je používán k výrobě lahví, sklenic, uzávěrů a sáčků [13].

Podstatné jméno „plasty“ je ve slovnících často definováno jako skupina syntetických pryskyřičných nebo jiných látek, které lze formovat do různých tvarů. Z technického hlediska je plast obecný pojem pro makromolekulární organické sloučeniny získané z molekul s nižší molekulovou hmotností nebo chemickou změnou přírodních makromolekulárních sloučenin [2].

Základní uhlovodíkové sloučeniny jako je ethan a methan, které jsou deriváty ropy a zemního plynu, tvoří organické chemické sloučeniny zvané monomery. Monomery jsou potom chemicky vázány do plastových molekulárních řetězců nebo polymerů. Rozdíly v chemickém složení monomerů, ve struktuře polymerních řetězců a ve vzájemném uspořádání určují vlastnosti různých polymerních materiálů. Z přibližně tisíce typů vyvinutých plastů jsou méně než dvě desítky polymerů používaných právě v potravinářských obalech [13].



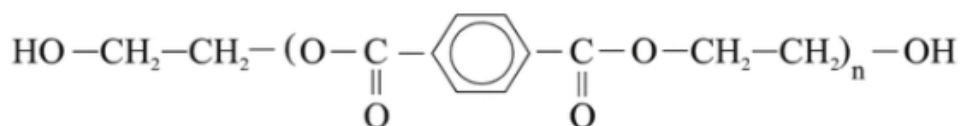
Obrázek č. 5: Chemická struktura polymerů použitých v potravinářství [13]

Na obrázku č. 5 chemickou strukturu níže zmíněných plastových polymerů. PE (polyethylen) je nejběžnější a nejméně nákladný plast využíván k balení potravin. Vyznačuje se nejjednodušší polymerovou strukturou a díky vynikajícím izolačním vlastnostem zajišťuje spolehlivou bariéru proti vlhkosti a vysychání. Je chemicky odolný, jednoduše se zpracovává a pokud je nanášen do tenkých vrstev zůstává průhledný [13].

Výroba PE probíhá adiční polymerací či kondenzací z lineárního řetězce. V roce 1954 se začaly při výrobě PE používat katalyzátory na bázi oxidů kovů či jiných přechodných kovů. Tímto způsobem se připravovaly polymery za nižší teploty a tlaku, jejichž modifikace mají vyšší hustotu, jsou tvrdší a mají vysoký bod měknutí. Materiál se nazývá HDPE (vysokohustotní polyethylen). Dřívější modifikace jsou nazývány LDPE (nízkohustotní polyethylen) a LLDPE (lineární nízkohustotní polyethylen), který byl potravinářským průmyslem rychle přijat. Katalyzátor silně ovlivňuje vlastnosti materiálu a během 90. let 20. století došlo k objevu katalyzátoru MAO (methylaluminoxan), mezi jehož vlastnosti patří pevnost a jasnost, což znamená velkou výhodu. Dnes představuje PE třetinu celosvětového tržního podílu komoditních termoplastů. V roce 2012 bylo použito více než 70 milionů tun PE, přičemž 45 % tvořil HDPE, 30 % LLDPE a 25 % LDPE. PE je změkčen až při dosažení cca 80-130 °C, má střední pevnost v tahu a dokáže vytvořit tenké průsvitné či průhledné filmy [15].

K PE se přidávají různé chemické látky, které ovlivňují jeho vlastnosti a odolnost. Jsou jimi například:

- Polyethylen s ethylvinylacetátem (EVA), což je typ plastu hojně využívaný k balení potravin určených do mrazáku, a to především proto, že poskytuje ochranu před ztrátou vlhkosti bez křehnutí ve velmi nízkých teplotách.
- Polyethylentereftalát (PET) je uplatňován v balení potravin, ale i nápojů. V mnoha případech nahrazuje sklo, které je na rozdíl od PET těžší.
- Polyethylennaftalát (PEN) je od roku 1996, kdy bylo vydáno schválení FDA, zařazen do kategorie obalových materiálů. Jeho výhodou je poskytnutí ochrany proti plynům, vlhkosti a ultrafialovému záření [13].



Obrázek č. 6: Strukturní vzorek PET [11]

Vzhledem k rostoucímu trendu využívání plastových obalů jsou za perspektivní považovány produkty z materiálu PET, který je vyroben z *p*-xylenu a ethylenu a jehož strukturu lze vidět na obrázku č. 6. Poskytuje vynikající bariéru proti O₂ a CO₂. V posledních letech se PET rozšířil až do takové míry, že v roce 2001 bylo použito pouze na lahve s nealkoholickými nápoji 790 tisíc tun materiálu a dalších 827 tisíc tun bylo využito pro výrobu jiných typů lahví či kontejnerů. Opět se ale objevuje velmi problematický faktor dnešní doby, a sice otázka třídění a následné recyklace takového odpadu. [11].

PP (polypropylen) je termoplast vykazující větší pevnost, tuhost a odolnost oproti PE. Ročně je vyrobeno okolo 50 tisíc tun PP a jeho uplatnění rapidně stoupá. Na základě katalyzátorů jsou nové třídy PP přizpůsobeny profilovým vlastnostem, které vyžaduje trh. Jedná se o kopolymery či elastomery, které jsou průhledné, mají nízkou či vysokou tuhost, dobrou tepelnou deformaci a jsou velmi odolné vůči poškrábání [16]. Často je užíván jako vnitřní vrstva potravinových obalů, které jsou vystaveny vysokým sterilizačním teplotám [13].

PS (polystyren) je všestranný a levný obalový materiál, jehož uplatnění spočívá hlavně v jednorázových obalech používaných na hotová jídla a nápojových kelímcích. Jeho velkou výhodou je totiž tepelná izolace. Výroba PS je energeticky méně náročná, např. k zhotovení jednoho nápojového kelímku je zapotřebí přibližně o 30 % méně energie než k výrobě kelímku z lepenky [13].

PVC (polyvinylchlorid) je sloučenina plastu, která se vyznačuje většinou již zmíněných vlastností. Tvoří přibližně 6 % z celkového objemu využívaných plastových obalů. Zabráňuje přenosu pachů, jídlo udržuje čerstvé díky regulaci dehydratace a je schopna odolávat vysokým teplotám bez tání [13].

Na trhu se také vyskytují potravinářské materiály používané k výrobě pryskyřice. Jedná se hlavně o přírodní cukry vyskytující se například v kukuřici nebo také jiných rostlinách. Pro účely balení se vyvíjí kupříkladu pšeničný škrob nebo kukuřičný cukr, které se následně mísí s jinými biologicky rozložitelnými materiály, a proto se později mohou kompostovat [13].

Bariérové vlastnosti plastů se promítají do jejich odolnosti vůči sorpci a difúzi plynů nebo aromatických sloučenin. Plasty používané v potravinářství jsou vyráběny na základě přísných konstrukčních specifikací, které musí splňovat náležitosti ochrany obsahu výrobku. Ta se odvíjí primárně od integrity používaného obalu a od propustnosti obalových materiálů. Plast je na rozdíl od kovových a skleněných obalů propustný. Koncept propustnosti je obvykle spojen s kvantitativním hodnocením bariérových vlastností. Ovšem plast, který má dobré bariérové vlastnosti, má nízkou propustnost [2].

4 NOVÉ TRENDY V OBALOVÝCH MATERIÁLECH

Obalové materiály potravin jsou neustále spotřebovávaným prvkem, který plní nejdůležitější funkce. Zabraňuje ztrátě produktu, udržuje kvalitu, umožňuje bezpečné třídění a také plní funkci reklamy. Důležitým aspektem pro kvalitní obal je jeho snadná údržba, ochrana produktu při přepravě a distribuci a schopnost komunikace se spotřebitelem. Stále však narůstá také tendence eliminovat velké objemy odpadu z obalových materiálů. Průmysl pracuje na umožnění snadného zacházení s obalem pro spotřebitele, což znamená jednoduché otevírání a pohodlné skladování. Obal musí zdolat zátěž, které je vystaven při přepravě a skladování, tedy nárazy, světlo, plyny, pachy nebo teplotu. Špatně navržený nefunkční design znamená velké ekonomické ztráty a negativní odezvu spotřebitelů [17].

Základním stavebním kamenem pro inovaci obalů je neustálý vývoj nových materiálů. Zdokonalují se především bariérové vlastnosti a apel je kladen mimo jiné na to, aby byly obaly vyrobeny z tenkého a lehkého materiálu. Pokud mezi hlavní vlastnosti obalů patří vysoká bariérová schopnost, snižují se jejich náklady na manipulaci, distribuci a klesá množství odpadu. Objevuje se také snaha vytvářet obaly, které lze jednoduše vyrobit, transportovat, prodat, mají dobrý marketing a jsou snadno likvidovány. Jedním z klíčových faktorů je samozřejmě lidské zdraví a bezpečnost, od který se odrážejí současné nároky a požadavky spotřebitelů či vyšších orgánů. Pozorovat lze především nárůst výrobků určených k přímé spotřebě a trend konzumace minimálně zpracovaných potravin.

Za nutnost je považována eliminace alimentární nákazy. S narůstajícím vědomím společnosti o riziku neekologického zacházení s nerozložitelnými obalovými materiály roste také poptávka po obalech rozložitelného charakteru. Mnoho látek bylo nahrazeno přírodními složkami. Například BHA (butylhydroxyanisol), BHT (butylhydroxytoluen) či TBHQ (terciální butylhydrochinon) byly nahrazeny tokoferolem nebo směsí kyseliny askorbové. Proces modernizace vyžaduje nahrazení syntetických materiálů za biologicky rozložitelné či jedlé. Nové systémy vyhledávané samotným spotřebitelem souvisí s neustálým vývojem technologie zpracování potravin, změnou životního stylu a politikou [14].

V dnešní době se setkáváme se zavedením pojmů jako jsou inteligentní, aktivní či chytré obaly. Chytrý obal je termín, který zahrnuje celou řadu funkcí charakterizujících způsoby balení produktu. Mezi jeho cíle patří:

- a) zachování integrity a zlepšení životnosti
- b) vylepšení vlastností produktů (chuť, vůně)

- c) zjednodušený přístup k produktu
- d) zlepšení vlastností uzávěru
- e) reakce na změnu prostředí
- f) potvrzení pravosti produktu.

Principem výše charakterizovaných obalů je zakomponování přísad, které prodlouží skladovatelnost produktu, přímo do fólie. Obaly lze využívat jak v potravinářském, tak ve farmaceutickém průmyslu či ve výrobcích pro domácnost, například čisticí prostředky [18].

Bioplasty, které jsou známé svou vyšší cenou, obstojně konkurují doposud vyráběným polymerním obalům. Základní surovinou pro výrobu bioplastů je kukuřice, brambory či celulóza. Do biologicky degradabilních obalů lze zabudovat nanokrystaly. Samotný obal pak může měnit podmínky balení potravin, jejich údržnost, a dokonce může být ovlivněna výživová či senzorická jakost.

Středem zájmu spotřebitele se staly informační a komunikační technologie, které jsou založeny na principu monitoringu stavu a kvality potravin. Jejich hlavním zájmem je informovat o zmíněných hodnotách konečného zákazníka. Indikátory fyzikálních změn jsou zabudovány do obalu nebo jsou umístěny na povrch materiálu. Díky nim je kontrolována například teplota, mikrobiální kontaminace či fyzikální šok, ke kterému dochází převážně při špatně fungujícím transportu. Vizuální kontrolou, zaměřující se například na změnu barvy, spotřebitel zjistí, zda je potravina v pořádku či nikoliv. [19].

4.1 Aktivní obaly

Aktivní balení je založeno na principu účelné interakce mezi obalem a produktem. Do systému jsou také přidány aktivní látky, které udržují kvalitu produktu. Existují dva způsoby, jak aplikovat aktivní látky. První možností je přímé plnění látky do prostoru mezi produktem a obalem a druhým způsobem je zabudování látky přímo do obalového materiálu či filmu. Účelem je prodloužení skladovatelnosti [17].

Aktivní obaly slouží k odstranění nežádoucích sloučenin, jako je ethylen, produkovaný ovocem nebo k eliminaci kyslíku v zabaleném produktu. Jeho funkcí je také přidat do balení požadovanou sloučeninu, jako oxid uhličitý nebo ethanol. Zmíněné sloučeniny slouží k inhibici růstu mikroorganismů, začlenění chemické látky do polymerního materiálu a změně propustnosti filmu pro plyny. Aktivní obal je definován jako obal, do jehož struktury či do prostoru balení jsou záměrně přidány složky, které zvyšují jeho výkon. Slouží ke

zlepšení kvality potravin a ke zvýšení bezpečnosti. Pozoruhodným příkladem jsou dřevěné sudy sloužící ke zlepšení organoleptických vlastností vína. Evropská Unie vydala v roce 2009 nařízení Komise (ES) č. 450/2009 o aktivních obalech, inteligentních materiálech a předmětech, které slouží ke styku s potravinami. Zde byly důrazně rozlišeny materiály aktivní a předměty pro styk s potravinami z materiálů tradičně využívaných k uvolnění jejich přírodních složek. Vzhledem k diferenciaci stanovené Evropskou Unií tak nemohou být zmíněné dřevěné sudy považovány za aktivní látky, protože nejsou navrženy tak, aby záměrně uvolňovaly látky do potravin. [2].

Principem aktivních obalů je použití lapačů kyslíku či absorbentů ethyleny. Dále dokážou systémy regulovat vlhkost, odstraňovat nečistoty, eliminovat ethanol a oxid uhličitý. Do obalu je technologicky začleněna látka nebo látky, které vytváří ochranu proti mikrobiální kontaminaci a odstraňují aromatické složky, které vznikají při růstu mikroorganismů [18].

Potraviny citlivé na kyslík jsou baleny do modifikované atmosféry či vakuově. Ani jeden ze způsobů ale nezaručí úplné vytěsnění O_2 z obalu. Nyní se zachycuje O_2 oxidací železného prášku, kyseliny askorbové, enzymů (glukóza oxidáza, ethanol oxidáza), nenasycených mastných kyselin, rýžového extraktu nebo na pevný substrát imobilizovaných kvasinek [17].

Plastové lahve se sycenými nápoji měly donedávna stejnou trvanlivost jako sycené nápoje ve skleněných lahvích. Díky vývoji byla trvanlivost piva v PET (polyethyltereftalát) lahvích zvýšena z 6 měsíců na 9. Přestože jsou potraviny a nápoje velmi citlivé na světelné záření, v závislosti na požadavcích spotřebitele jsou lahve vyráběny průhledné. Proto jsou do plastových lahví či jiných obalů zabudovány ultrafialové světelné bariéry, které zachovají průhlednost a chrání výrobek před světlem. Informativní balení dokáže spotřebitele instruovat o změnách teploty během distribuce nebo při přerušení chladicího řetězce, což je velmi rizikový faktor, kvůli kterému může dojít k nárůstu mikroorganismů [18].

Dodavatelský řetězec celosvětových potravin bude mít do roku 2050 až 70% nárůst, což je o 40 % více, než budoucí nárůst populace dle OSN (Organizace spojených národů). Proto vzniká tendence inovovat obalové materiály, které budou mít schopnost prodloužit trvanlivost výrobků, což povede i ke snížení plýtvání [20].

Uplatňují se zde dvě technologie. Při první dochází k zabudování látky do polymerní matrice fyzikálními metodami, takzvaná impregnace. Látka se postupně uvolňuje z materiálu a mění vnitřní atmosféru a headspace kolem produktu. Druhou možností je mechanickým zpracováním za pomoci ligandu či bez něj imobilizovat složku na povrch polymeru.

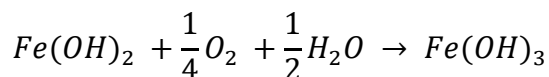
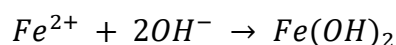
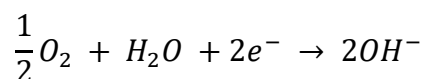
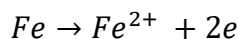
Mnoho technik aktivního balení je aplikovaných na papírový obal s povlakem, laminátem či impregnací. Do polymeru jsou běžně zatlačeny látky proti vlhkosti, kyslíku, a tuku. Biopolymery zde hrají důležitou roli, a to především kvůli biodegradaci. Mimo jiné jsou vhodnými maticemi pro zabudování antimikrobiálních látek či antioxidantů, protože se vyznačují vysokou retenční a uvolňovací schopností. Pro povrchovou úpravu papíru se využívají materiály proteinové povahy, syrovátka, sója, kasein, polysacharidy (např. škrob), chitosan či alginát a zdroje lipidové povahy, vosky či mastné kyseliny s dlouhým řetězcem. Výborné bariérové a kontrolní vlastnosti papíru, který je potažen nanovláknem z celulózy, byly prokázány výzkumem uskutečněným v roce 2016. Zde je příklad inovativního začlenění přírodních sloučenin s antimikrobiální aktivitou do polymeru a mělo by snížit znehodnocování potravin [20].

Systém aktivního balení	Mechanismus	Aplikace v potravinářství
absorbéry kyslíku	mechanismus na bázi železa, kovu/kyseliny, kov (například platina), katalyzátor, askorbát, soli kovu, enzymy, nylon MXD6	chléb, dorty, vařená rýže, sušenky, pizza, těstoviny, sýr, uzené maso a ryby, káva, sušené potraviny a nápoje
absorbéry/emitory oxidu uhličitého	oxid kovu, hydroxid vápenatý, uhličitán železnatý, soli kovu, oxid vápenatý, aktivní uhlí, hydrogenuhličitán sodný	káva, čerstvé maso a ryby, ořechy, piškotové dorty
absorbéry ethylenu	manganistan draselný, aktivní uhlí, aktivní jíly a zeolity	ovoce a zelenina
balení v modifikované atmosféře	organické kyseliny, stříbrné zeolity, extrakty z koření a bylin, BHA/BHT antioxidanty, vitamín E, oxid chloričitý, oxid siřičitý	obilí, maso, ryby, chléb, sýr, ovoce a zelenina
emitory ethanolu	zapouzdřený ethanol	pizza, dorty, chléb, sušenky, ryby, pečené produkty
absorbéry vlhkosti	potah z PVC, aktivní jíly, minerály a silikagel	ryby, maso, kuřecí maso, cereálie, sušené potraviny, sendviče, ovoce a zelenina
absorbéry chutí a pachů	triacetát celulózy, kyselina citronová, soli železa, aktivní uhlí, jíly, zeolity	ovocné džusy, smažené potraviny, ryby, cereálie, kuřecí maso, ovoce
samozahřívací a samochladící systém	pálené vápno, vápenné mléko, dusičnan amonný, chlorit vápenatý	hotové pokrmy a nápoje
systém měnící propustnost plynů	zkrystalizovaný postranní řetězec polymeru	ovoce a zelenina

Tabulka č. 1: Příklady použití aktivního balení [21]

V tabulce č. 1 lze vidět různé aktivní obaly, mechanismy jejich použití a na jaké potraviny je daný obal aplikován. Absorbéry kyslíku fungují díky zabudování železa nebo kyseliny kovu do polymeru. Jako katalyzátor slouží kov, například platina. Dále jsou využity soli kyseliny askorbové nebo soli kovů, enzymy a nylon MXD6 [21].

Chemickou reakci kyslíku a železitého prášku lze zapsat takto:



Rovnice č. 1: Oxidace železného prášku [17]

V rovnici č. 1 lze pozorovat běžný způsob zachycení O_2 pomocí železného prášku, což je běžná metoda využívána v mnoha potravinových systémech, například u potravin s nízkou či vysokou vlhkostí nebo u potravin obsahujících lipidy. Definovaný systém funguje i ve zmrazených a chlazených potravinách [17]. Aplikovány jsou zmíněné soustavy například k balení chleba, dortů, vařené rýže, pizzy, těstovin či kávy [21].

Lapače O_2 jsou stále vyvíjeny a mají velký potenciál. Při výzkumu bylo zjištěno, že je možné prodloužit trvanlivost pečených výrobků. Trvanlivost bílého chleba by mohla být díky polypropylenové fólii a absorbéru O_2 prodloužena z 5 na 45 dní při pokojové teplotě, což by mohlo velmi ovlivnit pekárenský průmysl [22].

Dalším aktivním systémem jsou absorbéry oxidu uhličitého. K technologii je využito mnoho chemických látek, například oxidy kovů nebo hydroxid vápenatý, uhličitany železa nebo oxid vápenatý. Aplikovány jsou výše charakterizované systémy na produkty čerstvého masa a ryb, ořechů či kávy [21].

Dalším z aktivních obalů jsou absorbéry ethylenu, což je hormon produkován ovocem či zeleninou při jeho zrání. Za využití například manganistanu draselného, aktivního uhlí nebo aktivovaných jílu lze ethylen zachytit [21]. Manganistan draselný je impregnován do obalového materiálu, ale kvůli jeho toxicitě se do obalu vysoce propustného pro ethylen přidává oxid křemičitý. Oxid křemičitý absorbuje ethylen, a ten je oxidován díky

manganistanu draselnému na ethylenglykol [17]. Jedná se o levný způsob uplatňující se u ovoce a zeleniny [21].

Balení v modifikované atmosféře spočívá ve změně složení plynu uvnitř zabaleného produktu, k čemuž jsou potřeba například organické kyseliny, extrakty z bylin a koření, BHA nebo BHT antioxidanty či oxid chloričitý. Používá se při balení ryb, chleba, sýru nebo obilovin. Obaly, které vypouští ethanol našly využití při balení pizzy, sušenek a pekařských výrobků. Dále existují aktivní obaly, které dokážou absorbovat vlhkost pomocí polyvinylacetátových povlaků, aktivovaných jíílů, minerálů nebo silikagelu. Uplatňují se pro ryby, drůbeží maso, sušené potraviny, sendviče nebo ovoce a zeleninu. Absorbovat lze i chutě a vůně díky triacetátu celulózy, kyselině citronové nebo aktivnímu uhlí, což představuje výhodu u ovocných šťáv nebo smažených potravin. Samozahřívací či samochladící obaly fungují na principu zabudování sloučeniny do polymeru, například páleného vápna, vody či dusičnanu amonného s vodou nebo chloridu vápenatého s vodou. Technologie je využívána pro hotové pokrmy a nápoje. Posledním zmíněným aktivním obalem je takový, který mění propustnost plynu za využití krystalizované části postranního řetězce obalového polymeru. V praxi se zmíněným způsobem balí ovoce a zelenina [21].

4.2 Inteligentní obaly

Inteligentní obaly představují materiál budoucnosti. Snižují totiž bezpečnostní rizika spojená s balením potravin a také redukuje úmyslné interakce s životním prostředím [17].

Inteligentní obal slouží k informovanosti spotřebitele o kvalitě potravin, zda je potravina čerstvá nebo zralá a zda nevypršela doba použitelnosti. Zmíněná identifikace funguje na principu indikátorů, například stanovení teploty pokrmu pomocí termochromních inkoustů či MDI (mikrovlnné indikátory donibility). Teplotní historii jídla lze získat díky TTI (časově-teplotní indikátory). Inteligentní obal snímá vlastnosti výrobku nebo prostředí, ve kterém se produkt nachází a informuje o jeho stavu. Na vnější či vnitřní stranu obalu je umístěn ukazatel, který sděluje informace o historii balení či kvalitě potravin. Na principu indikátoru je založena celá myšlenka chytrých obalů a zahrnuje všechny typy měřitelných údajů a veličin, jako například druh plynu, zralost potraviny, teplotu produktu nebo snímače RDIF (radiofrekvenční identifikace). RDIF jsou inteligentní obaly ve formě štítků, které obsahují datový nosič [21].

Největší ekonomické ztráty jsou způsobeny potravinami, které jsou při špatném zacházení, přepravě či skladování znehodnoceny. Finanční nátlak a regulování požadavků způsobené zákonem o bioterorismu nutí poskytovatele a dodavatele potravin změnit svou politiku. K lepšímu monitorování stavu produktů je využíváno RDIF, teplota a čidlo vlhkosti. Tradiční systémy řízení dodavatelského systému uvádějí informace, které se týkají objednávky, zásilky, platby, skladování či dopravy. U potravin rychle podléhajících zkáze mohou být díky zmíněné technologii kontrolovány veličiny jako teplota a čas, které se mění v průběhu skladování a distribuce. Dodavatelé do gigantických korporací jako jsou Walmart či Tesco se již řídí nařízením, které propaguje tuto technologii [18].

RDIF štítky jsou náhradou čárových kódů, díky kterým se ze zabudovaného čipu přenáší elektromagnetickými vlnami údaje o produktu do čtečky. Radiofrekvenční vlny pronikají materiály, a proto lze transpondéry umístit pod lepící folie, do obalu nebo výrobku. Výhodou celé technologie je transparentní výměna informací v reálném čase. Mezi schopnosti čipů patří také komunikace s inteligentními spotřebiči, mikrovlnou troubou či lednicí [19].

Zároveň je však podstatné vymezit obaly, které nemohou být označeny přívlastkem inteligentní. Například inteligentní polymery neposkytují informace o obalu či potravine, stejně jako obalové materiály s mikrovlnnými susceptory (materiál, který absorbuje elektromagnetické záření a převádí ho na teplo). Proto je nelze řadit do inteligentního balení. Již výše byla uvedena podmínka o vizuální či jiné kontrole požadovaných parametrů. Dříve se ale používalo tlačítko na kovovém uzávěru připevněném na skleněných nádobách. Pokud bylo s lahví neoprávněně manipulováno, zobrazil se pásek (vizuální indikátor), který byl umístěn na plášti u uzávěru. I takový systém může být považován za inteligentní obal [21].

4.2.1 Indikátory kvality a čerstvosti

Indikátory kvality a čerstvosti mají za úkol ukázat spotřebiteli, zda byl produkt špatně či dobře skladován či distribuován a zda je jeho konzumace bezpečná. Většinou dochází k barevné změně indikátoru, takže kontrola je vizuální. Pokud dojde ke změně, barva zůstává a je jasně čitelná a interpretovaná spotřebitelem. Ukazatele kvality se přes mnohé snahy nevyužívají. Principem ukazatelů byla převážně detekce metabolitů z produktu, jako diacetyl, aminy, amoniak či sirovodík. Produkce jmenovaných sloučenin začíná v momentě, kdy potravina stárne. Dalšími detekovanými sloučeninami mohou být biogenní aminy či organické kyseliny, které se vytváří při mikrobiální kontaminaci. Jedná se o putrescin z argininu, kadaverin z lysinu nebo histamin z histidinu.

Indikátor RipeSense™ byl vyvinut na Novém Zélandu a vyznačuje se schopností informovat spotřebitele, které ovoce nejlépe vyhovuje jejich chuti a které si tedy vybrat. Indikátor reaguje na plyny vytvářené ovocem, například ethylen nebo složitější sloučeniny, jako alkoholy, estery, aldehydy, ketony a laktony. Různě zralé ovoce produkuje určité plyny a dle vědeckých výzkumů je poměr mezi zralostí ovoce a produkcí plynu velmi spolehlivý, takže indikátory mohou snadno plnit svoji funkci. Zmíněným ovocem je produkováno větší množství aroma a senzor proto mění barvu. Kritickými potravinami, u kterých nelze snadno rozlišit míru zralosti, jsou hrušky, na kterých byla technologie testována a také avokáda, u kterých se systém RipeSense™ praktikuje dodnes [21].



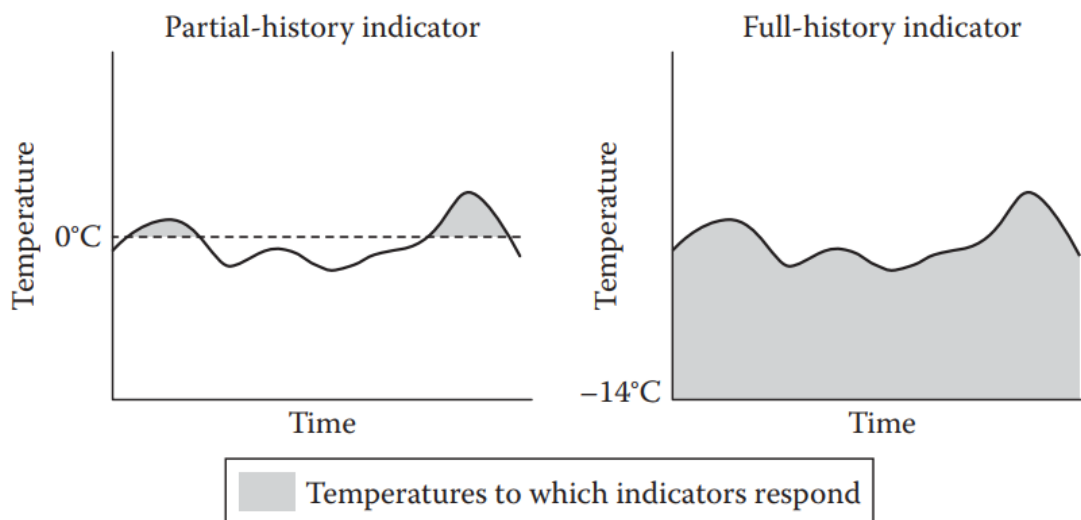
Obrázek č. 7: Inteligentní balení typu RipeSense™ [23]

Červeně zbarvený indikátor označuje čerstvé křupavé ovoce, žlutá barva označuje šťavnaté ovoce, což lze vidět na obrázku č. 7. Štítek s indikátorem je připevněn k pouzdru z PET, které je utěsněno. Pouzdro plní i funkci ochrannou, aby ovoce nebylo poškozeno [21].

4.2.2 Indikátory teploty a času

TTI (identifikátory teploty a času) fungují na principu změny barvy indikátoru v závislosti na teplotě a času skladování produktu. Zařízení jsou připojena na potravinový obal, ve kterém se potravina nachází. Původně byla technologie vyvinuta pro zmrazené potraviny, v dnešní době ale stoupá zájem o TTI pro většinu potravin, především pro ty, jejichž kvalitu ovlivňuje teplota skladování [21].

TTI lze rozdělit do dvou kategorií. Prvními jsou ukazatele částečné historie, které mají nastaveno určitou prahovou teplotu, kterou nesmí potravina překročit. Pokud k přesahu dojde, pak už nereagují. Identifikátory jsou určeny pro rozpoznání nevhodných teplotních podmínek. Druhou skupinou jsou ukazatele plné historie, které reagují stále ke všem teplotám. Stěžejní je stanovení funkčního teplotního rozsahu TTI, čímž je získána možnost sledovat životnost produktu v závislosti na teplotě a času [21].



Obrázek č. 8: Dvě hlavní kategorie TTI [21]

Levá strana obrázku č. 8 představuje graf odpovídající závislosti času a teploty u indikátorů částečné historie. Na pravé straně lze vidět graf ukazatelů plné historie. Šedá plocha grafu značí reakci indikátoru na teplotu, kterou má v daném čase produkt [21].

TTI jsou založeny na principu fyzikálních, chemických a mikrobiologických dějů, které jsou nevratné. Identifikace je vizuální s číselnou stupnicí. Barvy se buď vyvíjí nebo pohybují a ze stupnice lze odečíst hodnota. Druhou možností představuje pouze změna barvy. Odpověď indikátoru odráží historii teploty produktu v obalu, které byla potravina vystavena [21].

Chemické indikátory systému TTI jsou využívány nejčastěji. Se zvyšující se teplotou způsobenou chemickou reakcí je stimulována změna barvy. Intenzita barvy představuje integrální měření času a teploty. Německá firma zaměřující se na inteligentní obaly představila samolepící etiketu OnVu™ z fotochromního inkoustu na bázi benzyropyridinů, které jsou aktivovány UV světlem. Aktivace se projeví tmavě hnědou barvou. Změna barvy nastává buď v průběhu času, pokud produkt dosáhne konce trvanlivosti, nebo změnou teploty [21].



Obrázek č. 9: OnVu™ samolepící etiketa na obalu s lososem [24]

Na obrázku č. 9 lze vidět lepenku OnVu™. Inkoust je zabarven tmavě modře, což značí, že losos je čerstvý. Pokud by barva vybledla, znamená to, že konzumace potraviny je již riziková. [21].

Fresh-Check® TTI je systém založen na polymerační reakci. Polymer je uspořádán do kruhu a je obklopen tištěným referenčním kroužkem [21].



Obrázek č. 10: Indikátor Fresh-Check® [25]

Na obrázku č. 10 je vyobrazen indikátor této technologie obsahující diacetylové monomery, které prohlubují barvu při působení vyšší teploty, než je povolená. Pokud je centrum polymeru zbarvené stejně jako referenční kroužek, konzumace produktu není spotřebitelům

doporučena. Aby nedošlo k aktivaci polymeru dřív, než je na balení s potravinou umístěn, uchovává se při teplotě -24 °C [21].

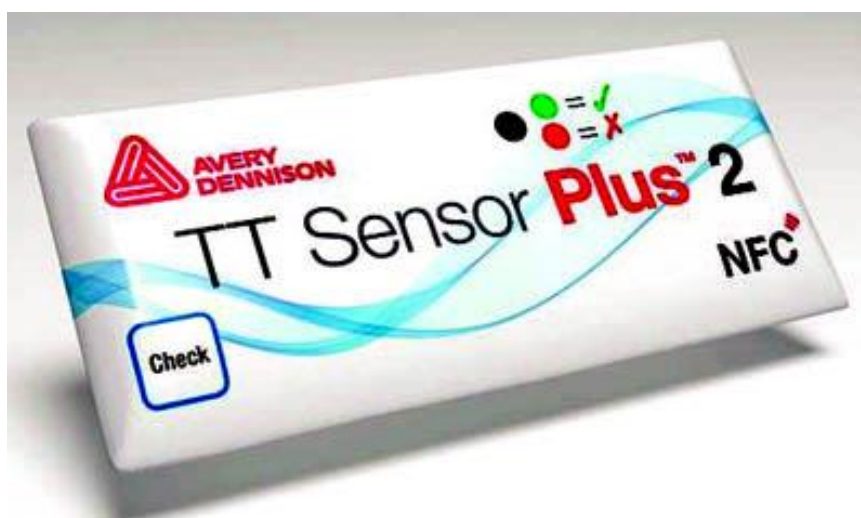
Fyzikální indikátory jsou založeny na principu difúze barevných chemických látek v závislosti na času a teplotě. MonitorMark™ TTI je ukazatelem částečné historie [21].



Obrázek č. 11: Indikátor MonitorMark™ [26]

Na obrázku č. 11 je vyobrazen princip zmíněného systému. Podložka obsahuje modré barvivo obsaženo v nosičové látce. Pokud je potravinu vystavena rizikové teplotě, látka je převedena na knot, který nese barvu vzhůru. Spotřebitel odečítá vzdálenost čela barviva, které migrovalo od spodní části identifikátoru [21].

Chemicko-fyzikální identifikátory TTI využívají chromatické vlastnosti indikátorů pH spolu s difúzí [21].



Obrázek č. 12: Indikátor TT Sensor™ [27]

Na obrázku č. 12 je znázorněn TT SensorTM. TTI je založen na difúzi organické kyseliny mezi dvěma polymerními vrstvami. Obdélníkový štítek obsahuje kruhovou oblast, což je aktivní zóna obsahující fluorescenční pH indikátor. Na neaktivní části štítku je černá barva. Pokud se kyselina vlivem teploty začne rozptylovat, pH indikátor se z původní zelené barvy začne měnit do referenční červené a zboží tak již není bezpečné. Barvy indikátoru mohou být u jednotlivých výrobců odlišné. Systém lze využívat i pro farmaceutické účely [21].

Biochemické a biologické indikátory TTI jsou také spojeny s pH indikátory. Taková TTI může obsahovat kultivační médium což je kmen psychrotrofních nepatogenních bakterií produkujících kyselinu (například *Lactobacillus*) a pH indikátor uvnitř obalu rychle se kazících potravin. Výhodou systému je, že díky enzymatickým a bakteriálním procesům může indikátor přesně odrazit poškození potravin. CheckPoint® TTI je ukazatelem plné historie a je založen na hydrolýze lipidového substrátu v tekuté suspenzi pomocí lipázového enzymu. V návaznosti na hydrolytické reakci mění pH indikátor barvu z původní tmavě zelené do žluté, oranžové a nakonec červené [21].



Obrázek č. 13: Indikátor CheckPoint® [28]

Na obrázku č. 13 lze pozorovat vizuální porovnání referenční s barevnou stupnicí umístěnou vedle indikátoru na obalu. Dalším principem je změna pH v důsledku růstu bakterií produkujících kyseliny. Ukazatel je složen z gelu z neživého média, ideálního prostředí pro bakterie a z indikátorového barviva. Bakterie mléčného kvašení jsou očkované do média na štítek dle toho, jakou potravinu je třeba sledovat. Indikátor je zmrazen a aktivace probíhá až v průběhu tání. Časově-teplotní profil je odražen v růstu bakterií a ve změně pH. Barva se mění ze zelené na červenou a kmeny bakterií jsou patentovány. Jedná se například o *Lactobacillus fuchuensis* či *Leuconostoc mesenteroides*, které jsou schopné růst při chladírenských teplotách [21].

4.2.3 Plynové indikátory

Plyny mohou být potraviny proplachovány, nebo je plyn do obalu aplikován za vakua. Nutná je zde znalost koncentrace plynu a zda se v průběhu času mění, či nikoliv. Změny v koncentraci mohou být buď enzymatické kvůli aktivitě potraviny, nebo při přirozeném dýchání. Za dva nejznámější plyny jsou označovány O_2 a CO_2 . Ideální indikátor O_2 pro balení potravin je ekonomicky výhodný a snadno aplikovatelný. Měl by obsahovat netoxické složky, které jsou rozpustné ve vodě a musí být schváleny pro styk s potravinami, jelikož je indikátor umístěn pod obalový materiál k samotnému výrobku. Výhodou je také dlouhá skladovatelnost, která se ale odvíjí od těsnění obalu, protože uvnitř něj musí být převážně či úplné zastoupení O_2 . Důležité je také snadné začlenění do obalu. V ideálním případě by měl být aplikovaný jako inkoust potisknutý na papír či plast buď přímo na obalu, nebo jako štítek [21].

4.3 Balení s modifikovanou atmosférou

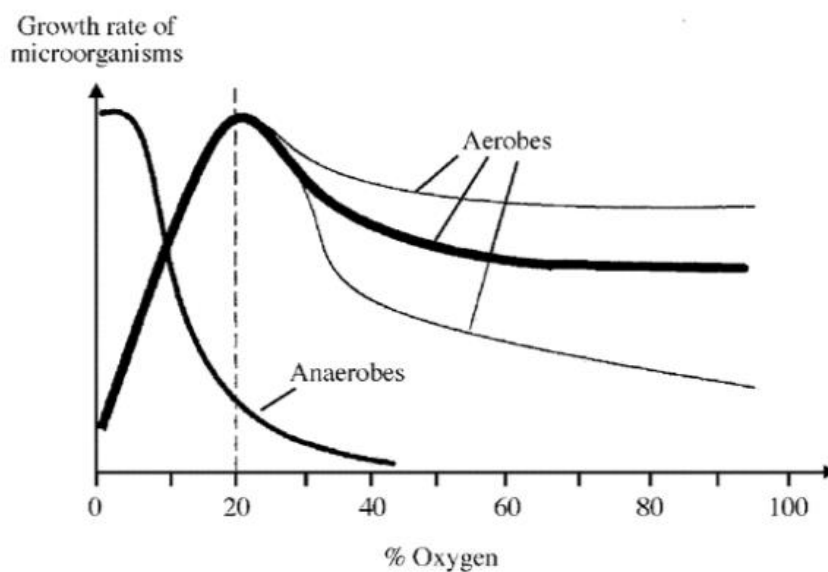
Balení, při kterém je využita modifikovaná atmosféra nepatří k aktivnímu balení, jelikož vytvoření modifikované atmosféry je buď pasivní, atmosféra se v průběhu skladování mění kvůli biochemickým procesům, nebo aktivní, kdy je vzduch odstraněn z obalu a nahrazen směsí jiných plynů těsně před utěsněním. Pokud balení obsahuje sběrače plynu či sáčky vypouštějící plyn, lze jej klasifikovat jako aktivní [2].

Technologie uchovávání potravin představuje hlavní dva faktory, které mají stále větší význam. MAP (balení v modifikované atmosféře) umožňují uvést na trh širší spektrum prodáváných produktů a snižují množství použitých přísad. Dochází k úpravám atmosféry okolo potraviny v balení. Modifikace atmosféry umožňují kontrolu nad chemickými, enzymatickými a mikrobiálními reakcemi a eliminují hlavní znehodnocující procesy, které za jiných podmínek přirozeně nastávají v potravinách. Obal má nízkou propustnost plynů, a proto počáteční koncentrace plynu zůstává neměnná i po jeho zapečetění. Technologie nachází využití především u balení ovoce a zeleniny, u kterých prodlužuje trvanlivost snížením hladiny kyslíku v plnicí atmosféře. Snížené množství O_2 (kyslíku) zpomaluje dýchání a metabolismus, čímž je zvolněno přirozené stárnutí potravin. Kvůli snížení citlivosti potraviny na ethylen, který je produkován při zranění ovoce, je hladina CO_2 (oxidu uhličitého) zvýšena nad 2 %. Oxid uhličitý zabraňuje mimo jiné ztrátám chlorofylu. Technologie se využívá u čerstvých potravin [18].

Obecná tendence spotřebitelů ke zdravému životnímu stylu a konzumaci prospěšných potravin zvyšuje poptávku po čerstvém ovoci a zelenině. Čerstvé potraviny jsou ale velmi náchylné ke kažení, mikrobiální kontaminaci, k enzymatickému zabarvení a ztrátám vlhkosti. MAP je účinná díky schopnosti inhibovat mikrobiální růst, zabraňuje hnědnutí produktu a také zpomaluje fermentační reakce. Jak již bylo zmíněno výše, využity jsou plyny jako CO_2 , O_2 (vysoké koncentrace), ale také Ar (argon) nebo N_2O (oxid dusný). Klíč k úspěchu představuje výběr fólie, která má správnou propustnost [29].

4.3.1 Kyslík při MAP

Experimenty s kyslíkem byly okolo roku 1993-1994 typické pro své extrémní podmínky, používaly se koncentrace okolo 70-100 %. Překvapivě bylo v mnoha případech dosaženo úspěchu. Ke komerčnímu využití však v těchto letech nedošlo, protože nebylo docíleno jednotných výsledků. Britská asociace pro výzkum potravin prováděla v roce 1995 experimentální pokus s ledovým salátem a tropickým ovocem, kde bylo využito vysoké koncentrace kyslíku. Výsledky potvrdily, že vysoká hodnota O_2 MAP je prospěšná pro uchování čerstvých potravin, a především zabraňuje enzymatickému hnědnutí, množení mikroorganismů a fermentačním procesům. Při hermetickém uzavření do plastového obalu nedochází ke ztrátám vlhkosti a ztrátám zápachu.



Obrázek č. 14: Hypotetická inhibice růstu mikroorganismů vysokou koncentrací kyslíku při použití technologie MAP [29].

Princip inhibice růstu mikroorganismů je vysvětlen tak, že aktivní kyslíkový radikál poškozuje vitální buněčné makromolekuly, a proto zabraňuje mikrobiálnímu růstu a hypoteticky lze předvídat inhibici růstu mikroorganismů dle obrázku č. 5. Polyfenol oxidáza (PPO) je enzym, který způsobí po naříznutí ovoce a zeleniny zhnědnutí. Vysoká koncentrace O₂ zabraňuje vytváření tohoto enzymu [29].

4.3.1.1 Použití vysoké koncentrace kyslíku MAP

Aplikace vysoké koncentrace O₂ při balení do modifikované atmosféry má mnoho pravidel, která musí být dodržena. V roce 1998 byl vytvořen dokument obsahující pokyny, které pojednávají o bezpečné aplikaci atmosféry obohacené o kyslík. V textu je zahrnut soubor rad a nařízení, jak bezpečně kontrolovat rizika, která mohou být způsobena použitím plynu. Optimální hladina O₂ byla vytyčena rozmezím 80-95 %, množství N₂ rozpětím 5-20 %. Jakmile je obal utěsněn, klesne hladina kyslíku a kvůli přirozené respiraci čerstvě balených produktů vzroste při chlazení či skladování hodnota CO₂. Mezi veličiny, které mohou složení plynů ovlivnit jsou řazeny například propustnost balící fólie, objem balení, hmotnost produktu a jiné. Nejvýhodnější možností je volba obalového sáčku, který dokáže absorbovat přebytečný CO₂ a emitovat stejný objem kyslíku tak, aby poměr O₂ zůstal větší než 40 % a CO₂ 10-25 % [29].

Dle provedených experimentů je doporučeno používat pro balení čerstvých produktů s využitím vysokého obsahu kyslíku obalový materiál 30μm OPP (orientovaný polypropylen), který je tvrdší, pevnější a tepelně odolnější v porovnání s PE (polyethylen). Použitý OPP by měl být navíc opatřen protiskluzovou vrstvou. Doporučení zahrnuje především potraviny, u kterých je vyžadována delší doba skladování. V případě volby správného obalu, který bude použit k balení potravin určených k přímé spotřebě, lze využít také LDPE (nízkohustotní polyethylen), EVA (ethylen-vinylacetát) či PVC (polyvinylchlorid). Jmenované materiály jsou charakteristické střední až vysokou propustností pro O₂ a tím pádem vyhovují čerstvým produktům, které mají vyšší dýchací rychlost. Analýza plynů během skladování prokáže, zda je obalový film dostatečně propustný, (nahromadění CO₂ nad 25 %), nebo příliš propustný (vyčerpání O₂ pod 40 %) [29].

Regulace teploty je považována za rozhodující faktor, který dokáže působit na kvalitu potraviny buď pozitivně, nebo negativně. Teplota ovlivňuje aktivitu mikroorganismů. U čerstvých produktů, které jsou baleny v prostředí s vysokou koncentrací kyslíku je nutné, aby byly chlazeny teplotou pod 8 °C, ideálně 0-3 °C. Ovlivněna je také

propustnost obalu. Při teplotě 3-5 °C klesá hladina O₂ ze 70 na 55 % a CO₂ dosahuje pouze 15 %, a to i po deseti dnech skladování. Za dlouhodobého uchování při teplotě nad 8 °C klesá hodnota O₂ z 80 na 40 % a CO₂ vzrůstá na 40 %. Tyto hodnoty jsou měřeny u ledového salátu při skladování po dobu deseti dní [29].

4.3.2 Argon a oxid dusný při MAP

Argon a oxid dusný lze využívat pro potravinářské účely. Výzkum ukázal, že argon s větší účinností inhibuje enzymovou aktivitu, růst mikroorganismů a degradační procesy v potravinách podléhajících zkáze. Oba plyny ale dokážou zabránit růstu plísní, snížit produkci ethylenu a zpomalit zhoršování kvality čerstvých potravin. Argon zamezuje buněčnému dýchání, tudíž je prodloužena i skladovatelnost produktu. Ačkoliv je argon zařazen mezi inertní plyny, jeho účinky jsou zřejmě zapříčiněny jeho atomovou hmotností, která je podobná hodnotám kyslíku. Mimo jiné se vyznačuje lepší rozpustností ve vodě a má vyšší hustotu než kyslík či dusík. Vytlačuje kyslík z buněk a tím pádem nemůže docházet k oxidačním reakcím [29].

4.4 Balení s řízenou atmosférou

Hlavní rozdíl mezi CAP (balení s řízenou atmosférou) a MAP je v koncentraci plynů, protože balení s modifikovanou atmosférou má lehce propustný obal. V CAP se koncentrace plynů během skladování nemění. Využíván je obal nepropouštějící plyn, kov nebo sklo [29].

5 NANOTECHNOLOGIE A BALENÍ POTRAVIN

Hlavní funkcí obalů je udržet kvalitu a bezpečnost potravin či prodloužit trvanlivost. Globální problém představuje plýtvání potravinami, čemuž je možné díky propracovaným obalům a ukazatelům bezpečnosti alespoň z části zabránit. Proto potravinářský průmysl stále inovuje technologie, účinné materiály, složení plynů aplikovaných do obalových systémů nebo indikátory kvality a bezpečnosti. V současnosti se využívají silné, ale lehké recyklovatelné funkční obalové materiály. Balení potravin dnes tvoří polovinu celkových aplikací nanotechnologií. Tuhost, flexibilita, trvanlivost, teplotní a vlhkostní stabilita, bariérové vlastnosti proti kyslíku, nebo světlu jsou faktory, které lze ovlivnit nanotechnologiemi. U aktivních obalových materiálů se využívají nanočástice nebo nanovrstvy s antimikrobiálními a kyslíkovými vlastnostmi. Inteligentní obaly zase fungují na principu indikátorů a senzorů [30].

Nanotechnologie je vědní obor, který vzniká spojením fyziky, kvantové mechaniky, chemie, biochemie a podobných vědních oborů. Zabývá se vývojem a inovací materiálů, kdy obyčejné materiály dokáže právě díky jejich vlastnostem povýšit na výjimečné. Struktury, které jsou nanotechnologií vytvořeny, mají rozměry 1-100 nm, ale u potravinářských technologií je stanovená hranice mnohdy překračována. Vývoj se tedy odehrává na atomové a molekulární úrovni. Uvedenými rozměry jsou změněny funkce a vlastnosti materiálu. Vydáváním stanovisek k danému odvětví se v Evropě zabývá EFSA (Evropský úřad pro bezpečnost potravin) [31].

Nanotechnologie se dají aplikovat do potravinářských obalů, což vede ke zlepšení jejich vlastností a funkcí. Základní využití nanotechnologie pro obaly jsou:

- a) zdokonalení bariérových schopností plastových materiálů
- b) připojení aktivních komponent, jejichž funkčnost je větší než funkčnost tradičních aktivních obalů
- c) zachycení a sdělení informace spotřebiteli.

Všechny způsoby využití nanotechnologie jsou přísně zkoumány a testovány FDA a EPA (Agentura pro ochranu životního prostředí) [32].

Japonsko je považováno za největšího výrobce obalových nanomateriálů pro potraviny, protože zahrnuje 45 % celkového globálního trhu. Dle studie z roku 2013 bylo vyhodnoceno, že do nanotechnologií pro obalové materiály bylo investováno 6,5 miliard dolarů. V roce 2020 byl předpokládán nárůst o 12,7 %, na 20 miliard dolarů [33].

Zlepšení mechanických vlastností potravinářských obalů se provádí vyztužením polymeru malým množstvím nanoplniv. Dochází ke zlepšení hmotnosti, pevnosti nebo tepelné izolace. Mezi nejznámější patří polyolefiny, což jsou polymery, ke kterým se přidávají nanokompozity na bázi jílu, které jsou komerčně nejznámější. Zabudováním nanočástic se zlepšuje tahová a rázová pevnost materiálu. Dále se využívá izotaktický PP, PET, nylon 6, PS, polykaprolaktam. V nanotechnologiích jsou studovány materiály jako je nanocelulóza, chitinové vousy, nanosilika, uhličitan vápenatý nebo sulfid zinečnatý. Všechny jmenované materiály mají sloužit jako nanovýztuže. Obaly na hotová jídla se vyrábí vrstvením silikátového montmorillonitu (MMT), což je jílový materiál spadající do skupiny fytosilikátů. V přírodě jej najdeme ve zvířeném prachu nebo jakou součást půdy a vrstvení MMT je prováděno na LDPE. Nanoplniva jsou dodávána v procesu vytlačování z taveniny nebo přímo do polymerizačního procesu ve formě monomerů. Evropská unie vypadala nařízení Komise (ES) č. 450/2009 ze dne 29. května 2009 v níž je zmíněno, že je možno k plastům přidávat nanocín, který zlepšuje jejich tepelné vlastnosti [30].

5.1 Aktivní balící materiály

Aktivní obaly jsou založeny na principu interakce potravinářského výrobku s okolím v balení za účelem zachování integrity produktu. Důraz je kladen na čerstvost a minimální zpracování, a proto je nutné zaručit udržení kvality, bezpečnosti a životnosti potravin na základě aktivních obalů. Ke zmíněným účelům jsou využívány absorbéry nebo emitory vlhkosti a ethanolu. Samotné nanotechnologie jsou použity v kyslíkových pohlcovačích a antimikrobiálních filmech [30].

5.1.1 Absorbéry kyslíku

Kyslík podporuje růst aerobních mikroorganismů a plísní. Oxidace zhoršuje kvalitu potravin, a proto absorbéry odstraňují zbytkový kyslík z obalů. Vyrábí se ve formě štítku, nebo se zabudují přímo do obalu [30].

V nanotechnologiích jsou uplatněny nanočástice TiO_2 (oxidu titaničitého). Oxid byl aplikován do polymerních nanokompozitních filmů, které mají vynikající schopnost pohlcovat kyslík. Pro aktivaci je ale nutné využít UV světlo. Dále mohou být použity nanočástice železa zabudovaného do polymeru. Nanočástice železa posilují schopnost zachycovat kyslík a také zlepšují fyzikální vlastnosti nanokompozitních materiálů, jako je flexibilita a průhlednost. Aegis® OXCE je bariérová nylonová pryskyřice, která pohlcuje

kyslík. Používá se u plastových lahví na pivo a ochucených nealkoholických nápojů. PET lahve vyrobeny z výše charakterizované pryskyřice mají téměř nulovou rychlost přenosu kyslíku po delší dobu. Využito je cca 5-8 hmotnostních procent pryskyřice a bariéra je srovnatelná se skleněným obalem. Aegis® OXCE zároveň poskytuje vynikající bariéru pro oxid uhličitý a výborně přilne k PET [34].

5.1.2 Antimikrobiální balení

Antimikrobiálně aktivní obaly mají významné využití v potravinářském průmyslu. Nutné je však rozlišovat jednorázové obaly potravin a materiály využívány na obaly pro opakované použití, jako jsou skladovací kontejnery, dopravní pásy nebo krájecí desky. Rozdíly jsou důležité jak z technologického hlediska, tak kvůli regulačním důvodům a jedná se o konvenční materiály i nanoformy. Záměrem jednorázových obalů je postupné pronikání antimikrobiálního činidla do potravin v určité koncentraci. Hlavním úkolem u obalů pro opakované použití je naopak zaručení hygienických podmínek a zlepšení čistitelnosti obalu. Ani v jednom z případů nesmí být migrace látek do potravin náhodná. Antimikrobiální aktivní obal se zabudovanými nanokompozity na bázi kovů je považován za inovaci současnosti. Do polymerních filmů je začleněn kov o velikosti nanočástic, v tomto případě stříbro se silným antimikrobiálním účinkem. Další antimikrobiální činidla využívána pro tvorbu nanokompozitů jsou TiO_2 , ZnO (oxid zinečnatý) nebo MgO (oxid hořečnatý). AgNPs (stříbrné nanočástice) slouží jako ochrana proti bakteriím, virům, houbám, a proto je jejich aplikace velmi užitečná v potravinových obalech. Principem je, že ionty uvolněné z povrchu nanočástic mají antimikrobiální účinek a interagují se záporně nabitými biomakromolekulárními složkami a nukleovými kyselinami mikroorganismů. Dojde k deformaci jejich buněk a k narušení metabolismu. Následuje buněčná smrt [30].

Seznam nanokompozitů neustále roste a výrobky jsou využívány jak ke skladování, tak k balení potravin. Polymery se zabudovanými AgNPs jsou například PE, PP, polyuretan, celulóza, chitosan či papír. AgNPs jsou aktivní i proti *Aspergillus niger*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* či *Candida albicans* [35].

5.2 Inteligentní obaly

Inteligentní obaly zahrnují materiál schopný komunikovat s produktem, identifikovat a sledovat potravinu. Během přepravy hlásí podmínky panující uvnitř obalu s jídlem nebo v jeho bezprostřední blízkosti. V posledních letech vzrostl zájem o aplikaci nanotechnologií

do inteligentních obalů. Stále však nejsou komerčně nabízeny, protože se nacházejí pouze v testovací fázi. Používány jsou CNs (uhlíkové nanomateriály), uhlíkové trubice, grafen či fullerén, jejichž uspořádání podněcuje snahy o výzkum. CNs se vyznačují dobrými elektrickými a mechanickými vlastnostmi, proto mají vynikající předpoklady k vytvoření spolehlivých detektorů s vysokou citlivostí. CNs byly zkoumány jako chemické senzory vyrobené z inkoustového tisku CNs na PET a papír a detekce byla úspěšná na Cl_2 a NO_2 . CNs byly mimo jiné ve formě tenkých filmů potištěny na polyimid a výsledný indikátor byl velmi citlivý pro NH_3 a CO_2 . Na trhu však senzory dostupné nejsou [30].

5.3 Nanosenzory pro kvalitu potravin

Senzorické systémy využívající nanotechnologii jsou například nanobioluminiscenční detektory. Obsahují luminiscenční protein, který je vázán na cílové mikrobiální povrchy obsahující například *Salmonella sp.* či *Escherichia coli*. Jakmile je protein navázán, září a tím pádem umožňuje detekci kontaminovaných potravin či nápojů. V praxi se systém aplikoval na ocelové kontejnery při přepravě rychle se kazících potravin. Biočipy na bázi DNA mohou detekovat patogeny či různé škodlivé bakterie v mase nebo rybách. V rámci projektu Good Food byly vyvinuty ruční nanosenzory na bázi mikročipů, které měly za úkol identifikovat patogeny či toxiny. BioSilicon je strukturovaný nanokřemík s nanopóry, který je však pouhou potenciální možností pro obaly [36].

6 LEGISLATIVNÍ POŽADAVKY NA MATERIÁLY VE STYKU S POTRAVINAMI

Dle zákona č. 110/1997 Sb. o potravinách a tabákových výrobcích je povoleno používat pouze obaly a obalové materiály chránící produkt před znehodnocením. Obal zároveň nesmí měnit vlastnosti výrobku a musí odpovídat požadavkům pro materiály a předměty určené ke styku s potravinou [37].

Zákon č. 477/2001 Sb. o obalech má za úkol chránit enviromentální stránku naší země. Jeho snahou je zabránit zvyšování objemu škodlivých obalů a uvolňování chemických látek do životního prostředí. Obal je tedy zhotoven z přípustného materiálu, slouží k ochraně výrobku a napomáhá při jeho manipulaci a převozu. Opakovaně použitelný obal může být využit několikrát po sobě a následně je znovu naplněn. Vratný obal je takový, který je nutno vrátit osobně do obchodního řetězce, ve kterém byl produkt uveden na trh. Zásadní je zajištění co nejmenší hmotnosti a objemu obalu, aby byly dodrženy technické normy České republiky. Za zmíněné podmínky je zodpovědná právě společnost uvádějící obal na trh [38].

Změnu podporující prevenci proti hromadění plastů lze pozorovat například u plastových tašek v obchodních řetězcích. Zatímco dříve ji zákazník obdržel bez poplatku spolu s nákupem, v současnosti musí spotřebitel zaplatit minimálně částku odpovídající výrobní ceně tašky. Obalový materiál musí vykazovat pouze přípustné limity látek, jež jsou klasifikovány jako nebezpečné. V obalech nesmí být obsaženo více než 100 µg olova, kadmia, rtuti nebo chromu. V ideálním případě je možné obal po vyjmutí výrobku nadále používat [38].

Před rokem 1988 byly právní předpisy států Evropské unie odlišné, a proto došlo 21. prosince téhož roku ke sjednocení zásad pro členské státy pomocí směrnice Rady 89/109/EHS. Dokument zaštiťoval vlastnosti materiálů, jejich řazení do specifických skupin a podmínky, jak s nimi zacházet. Uvedeny zde byly pouze malé odchylky, v rozmezí kterých se obaly musely pohybovat. Důsledné dodržování výše zmíněných nařízení tak vedlo k rychlému přizpůsobení modernizaci, směrnice však byla později zrušena [39].

Podle Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1935/2004 ze dne 27. října 2004 musí být každý materiál určený pro přímý či nepřímý styk s potravinou stabilní. Dále nesmí negativním způsobem ovlivnit zdraví spotřebitele ani složení potravin či její jakost. Moderní materiály jsou navrženy pro udržení či dokonce zlepšení stavu potravin. Jedná se tedy o aktivní materiály (obaly) a předměty určené pro styk s potravinami. Tuto

problematiku zaštiťuje nařízení Komise (EC) č. 450/2009 o aktivních a inteligentních materiálech a předmětech určených pro styk s potravinami. Aktivní materiály záměrně obsahují látky uvolňující se do potravin, musí být ale v souladu s předpisy. Mohou také absorbovat nežádoucí látky produkované potravinou. Je nutné, aby byly odlišeny od materiálů, které v průběhu technologické výroby záměrně uvolňují přirozeně se vyskytující složky do potravin. Jako příklad lze uvést již zmíněné dřevěné sudy. Inteligentní materiály a předměty určené pro styk s potravinami sledují stav produktů a jejich historii, neměly by však uvolňovat jejich složky do potravin. Mohou být umístěny na povrchu obalu či odděleny od potravin funkční bariérou, jež brání migraci látek do produktu. Pro jejich použití a zacházení s nimi musí být tedy stanoveny jasné požadavky. Seznam látek a podložené vědecké výzkumy jsou uvedeny v části zvláštních opatření [39].

Aktivní materiály a předměty určené pro styk s potravinami mohou měnit organoleptické vlastnosti či složení potravin, avšak pouze v souladu s nařízením Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1333/2008 o potravinářských přídatných látkách. Zmíněné látky lze záměrně přidávat do aktivního obalu, aby se uvolňovaly do prostředí obklopující potraviny. Proces však podléhá mnoha dalším pravidlům a zvláštním opatřením. Spotřebitel musí být důkladně informován o správném užívání materiálu a předmětů z něj [39].

Inteligentní a aktivní obaly nesmí ovlivnit složení ani organoleptické vlastnosti potravin a nesmí spotřebiteli podávat zavádějící informace. Taktéž by nemělo docházet k absorpci aldehydů či aminů, jelikož kazící se výrobek by mohl být úmyslně zastřen. Užití aktivních obalů způsobujících změnu barvy výrobku je rovněž zakázáno, a to z důvodu předejití zavádějícímu či mylnému dojmu ze strany spotřebitele. [39].

Do nařízení nespádají konzumovatelné obaly. Vztahuje se pouze na látky pro povrchové vrstvy či povlaky sýrů, masných výrobků nebo ovoce, které nejsou určeny ke konzumaci spolu s potravinou [39].

Evropský úřad pro bezpečnost potravin byl zřízen na základě nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 178/2002 dne 28. ledna 2002. Nařízení udává postupy týkající se bezpečnosti potravin a obsahuje obecné požadavky a zásady potravinového práva. S úřadem musí být konzultována veškerá tematika, jež může ovlivnit veřejné zdraví [39].



Obrázek č. 15: Symbol pro materiály a předměty určené pro styk s potravinami
[39]

Pro sjednocení materiálů a předmětů určených pro styk s potravinou vydala Evropská komise nařízení (ES) č. 1935/2004, v němž je znázorněn jednotný symbol. Ten se vyskytuje vždy na obalu určenému ke styku s potravinami a lze jej vidět na obrázku č. 15. Mezi charakterizované materiály patří například aktivní a inteligentní obaly, keramika, papír a karton, plast, regenerovaná celulóza, textil či dřevo [39].

Některé chemické látky, jakožto příměsi obalových materiálů a předmětů určených pro styk s potravinou by mohly negativním způsobem ovlivnit produkt. Evropský úřad má za úkol posoudit, zda jsou látky považovány za přípustné či nikoliv. Zároveň vyhodnocuje rizika bezpečnosti látek, než jsou uvedeny do oběhu. Projednání s členskými státy Evropské unie a sestavení směrnic a nařízení je povinností Evropské komise. EFSA udává obecné zásady a požadavky týkající se potravin z právního hlediska. Stanovuje rizika a schvaluje látky pro styk s potravinami za účelem co nejdůslednější ochrany veřejného zdraví. Vzhledem k odhalení nesrovnalostí v postupech různých členských států Evropské unie zavedla EFSA jednotné testování a následné posuzování velikosti rizik. Vzápětí je vydáno rozhodnutí o zapsání látky na seznam povolených látek v Evropské unii [40].

ZÁVĚR

Obalové materiály, které jsou nedílnou součástí veškerých průmyslových odvětví, zaznamenaly v průběhu svého vývoje velký rozkvět, kterému napomohl neustálý výzkum a vytváření nových technologií. Kontinuálně tak dochází ke zvyšování bezpečnosti a kvality potravin, čím roste také jejich ekonomický status. Po charakterizování aktivních a inteligentních obalů v bakalářské práci se výše zmíněné tvrzení o rozvoji potvrdilo.

Využití obalů bylo již dávno velmi důležitým prvkem v potravinářství, a proto je nutné se zaměřit na inovace, které nám dnešní trh nabízí. Po nastínění všeobecných problémů spojených s balením potravin byly jmenovány základní překážky a problémy, které jsou spojeny s rizikem balení potravin. Jako největší hrozba je vyhodnocena mikrobiální kontaminace. Při procesu kontaminace dochází ke znehodnocování potravin, které tak mohou být nebezpečné pro spotřebitele.

Dalším aspektem je špatný stav životního prostředí zapříčiněný chybným zpracováním odpadu z obalových materiálů, který se hromadí v mořích a oceánech. Zatímco viditelné je pouze 1 % veškerých odpadů, na dně moří a oceánů se skrývá dalších 99 %. Zde tak vyvstává hrozba nejen pro mořské živočichy, ale také pro celou populaci. Ač je recyklace všeobecně považována za výhodné řešení likvidace obalů, v bakalářské práci je dokázáno, že tento proces záleží na mnoha faktorech, které mohou být environmentálně velmi náročné.

Ze všech materiálů aplikovaných k balení potravin jako je sklo, papír, kov a plast je nejméně využívané sklo, a sice kvůli své vysoké hmotnosti a nebezpečné manipulaci. Nejvíce uplatňovaným materiálem je plast, a to díky svým příznivým vlastnostem a možným modifikacím.

Ve stěžejní části bakalářské práce je zmíněno několik možností, jak současným problémům s balením potravin zabránit. Možná řešení mohou představovat aktivní obaly, inteligentní obaly, balení s modifikovanou atmosférou a balení s řízenou atmosférou. Hlavní rozdíl mezi aktivními a inteligentními obaly spočívá v celkové funkci a hodnocení stavu potravin. Pomocí zkoumání aktivních obalů bylo zjištěno, že do polymeru je zabudován emitor plynů se schopností postupného uvolňování a prodloužení trvanlivosti potravin. Na základě studia inteligentních obalů bylo zjištěno, na jakém principu fungují indikátory zobrazující historii balení při distribuci a možná znehodnocení potravin. Uplatňovány jsou pH indikátory, TTI, plynové indikátory a RDIF. Indikátory kvality a čerstvosti mají schopnost informovat spotřebitele o čerstvosti ovoce a poskytují tak spotřebiteli možnost vybrat si dle své

preferenci. Zatímco aktivní obaly jsou využívány již běžně po celém světě, inteligentní obaly zatím našly uplatnění pouze v opravdu vyspělých zemích jako je Japonsko či Nový Zéland. Jmenované státy zároveň neustále pracují na zdokonalení celé technologie.

V závěru práce bylo zjištěno, že při vhodném použití vybraných sloučenin o velikosti nanočástic lze docílit zlepšení funkcí obalových materiálů. Záměrem nanotechnologií je napomáhat jak aktivním, tak inteligentním obalům lépe plnit svou funkci a zlepšovat tak kvalitu potravin. Stále se však nacházejí pouze ve fázi rozvoje a výzkumu a jejich praktická aplikace tak zatím nebyla uskutečněna.

Legislativní opatření jsou teoretickou oporou systémů balení potravin a jsou zde zahrnuty možnosti, jak s obaly nakládat. Je však nutné, aby nedošlo k ovlivnění bezpečnosti a organoleptických vlastností potraviny.

Závěrem lze proto říct, že idea o obalech a plastových materiálech je ve společnosti vnímána spíše negativně. V bakalářské práci bylo však dokázáno, že obaly zastupují velmi důležitý aspekt chránící bezpečnost a zamezující rizikům, kterým je spotřebitel vystaven. Inteligentní obaly byly vyhodnoceny ve vztahu ke spotřebiteli jako nejvýhodnější, jelikož jasně ukazují, v jakém stavu daný produkt je.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] LANGTHALER, Jan. Historie balení. In: *VOŠ ot a SŠ Štětí* [online]. Štětí, b.r. [cit. 2020-03-10]. Dostupné z: http://www.odbornaskola.cz/joomla/images/stories/historie_obalov_techiky.pdf
- [2] ROBERTSON, Gordon L. *Food packaging: principles and practice*. 2nd ed. Boca Raton: Taylor & Francis/CRC Press, 2006. Food science and technology (Taylor & Francis), 152. ISBN 0-8493-3775-5.
- [3] ČURDA, Dušan. *Balení potravin*. 1. vyd. Praha: SNTL-Nakladatelství technické literatury, 1982.
- [4] *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*. 1. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1959. Řada potravinářské literatury.
- [5] ACCORSI, Riccardo. *Sustainable food supply chains: planning, design, and control through interdisciplinary methodologies*. 1st edition. Waltham, MA: Elsevier, 2019. ISBN isbn978-0-12-813411-5.
- [6] CHIELLINI, Emo. *Environmentally compatible food packaging*. 2008. England: Woodhead Publishing Limite, 2008. ISBN 978-1-84569-194-3.
- [7] HAN, J. H. Antimicrobial Agents. AHVENAINEN, Raija. *Novel Food Packaging Techniques*. 2003. Cambridge England: Woodhead publishing limited, 2003, s. 21. ISBN 1 85573 675 6.
- [8] YAM, Kit L. *The Wiley encyclopedia of packaging technology*. 3rd ed. Hoboken, N.J.: John Wiley & Sons, 2009. ISBN 0470087048.
- [9] DAINELLI, D. Recycling of food packaging materials: an overview. CHIELLINI, Emo. *Environmentally compatible food packaging*. 1st edition. Cambridge England: Woodhead Publishing Limite, 2008, s. 32. ISBN 978-1-84569-194-3.

- [10] *Směrnice Evropského parlamentu a Rady 94/62/ES: o obalech a obalových odpadech.* In: . Úřední věstník Evropských společenství, 1994. Dostupné také z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/ALL/?uri=celex:31994L0062>
- [11] SELKE, Susan E. M. a John D. CULTER. *Plastics packaging: properties, processing, applications, and regulations.* 3rd edition. Cincinnati: Hanser Publications, 2016. ISBN 978-1-56990-443-5.
- [12] VISHNURADHAN, Renjith, T.I. ELDHO a Divya DAVID. Can plastics affect near surface layer ocean processes and climate?. *Marine Pollution Bulletin.* Elsevier, 2019, (140), 274-280.
- [13] VACLAVIK, Vickie A. a Elizabeth W. CHRISTIAN. *ESSENTIALS OF FOOD SCIENCE* [online]. Third edition. New York USA: Springer Science+Business Media, LLC, 2008 [cit. 2020-04-22]. ISBN 978-0387-72897-1. Dostupné z: <https://epdf.pub/queue/essentials-of-food-science.html>
- [14] HAN, Jung H. *Innovations in food packaging.* Second edition. Amsterdam: Academic Press, an imprint of Elsevier, 2014. ISBN 9780123946010.
- [15] RONCA, Dr. Sara. Polyethylene. GILBERT, Marianne. *Brydson's Plastics Materials.* 8th edition. United Kingdom: Elsevier Ltd. All rights reserved., 2017, s. 32. ISBN 978-0-323-35824-8.
- [16] BAUR, Erwin, Tim A. OSSWALD a Natalie RUDOLPH. *Plastics Handbook: The Resource for Plastics Engineer* [online]. 5th edition. Mnichov: Carl Hanser Verlag, 2019 [cit. 2020-04-28]. ISBN 978-1-56990-560-9. Dostupné z: <https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt011QM3K2/plastics-handbook-resource/front-matter>
- [17] LLOYD, Kayna, Miranda MIROSA a John BIRCH. Active and Intelligent Packaging. *Encyclopedia of Food Chemistry.* New Zealand: Academia Press, 2019, s. 4. ISBN 9780128140451.
- [18] *Handbook of agricultural and farm machinery.* 3rd edition. Waltham, MA: Elsevier, 2019. ISBN 978-0-12-814803-7.

- [19] SOŇA, Vybíralová. Potravinové obaly mohou chránit a informovat spotřebitele. *BIOTecho* [online]. 2007, , 4 [cit. 2020-04-18]. Dostupné z: http://www.gate2biotech.com/files/clanky_clanky/biotechopravnipdf_94.pdf
- [20] THAKUR, Vijay Kumar. *Biopolymer Grafting: Synthesis and Properties*. Amsterdam, Netherlands: Elsevier, 2018. ISBN 978-0-323-48104-5.
- [21] ROBERTSON, Gordon L. *Food Packaging: Principles and Practice (3rd edition)* [online]. 2013. Taylor & Francis Group, b.r. [cit. 2020-04-21]. ISBN 978-1-4398-6242-1. Dostupné z: file:///C:/Users/Lenovo/Downloads/Food_Packaging_-_Principles_and_Practice.pdf
- [22] PAINE, Frank a Y. HEATHER. *A handbook of food packaging*. 2nd edition. New York USA: Springer, 1992. ISBN 978-1-4613-6214-2.
- [23] Envase inteligente para determinar la seguridad alimentaria de los productos envasados. *Compraventa y Negocios de la industria de la Alimentación* [online]. Španělsko: Quantum Digital Group, SL, 2011 [cit. 2020-04-28]. Dostupné z: http://www.infoalimentacion.com/noticias/2011/1/4339_envase_inteligente_determinar_seguridad_alimentari.asp
- [24] ANDRÉS, J. Envases inteligentes, el futuro en el súper. *Xaqtas - Ciencia, seguridad alimentaria y medio ambiente* [online]. Španělsko, 2016 [cit. 2020-05-01]. Dostupné z: <http://xaqtas.com/envases-inteligentes-la-nueva-generacion-de-envases-para-alimentos/>
- [25] *Fresh-Check® Indicator* [online]. United States: Temptime, 2018 [cit. 2020-05-01]. Dostupné z: <http://fresh-check.com/>
- [26] Cold Chain Solutions. *Thermo Fisher Scientifics New Zealand* [online]. New Zeland: Thermo Fisher Scientific, b.r. [cit. 2020-05-01]. Dostupné z: <https://thermofisher.co.nz/Uploads/file/Scientific/Microbiology-Products/Microbial-Safety-Testing/Food-Safety/3M-Time-Temperature-Monitoring-TFS.pdf>
- [27] Farmaceutické obaly budoucnosti. *Packaging: Odborný časopis pro obaly, logistiku a transport* [online]. Česká republika Praha: Richtr & Co., spol. s r.o., b.r. [cit. 2020-05-01]. Dostupné z: <http://www.packaging-cz.cz/aktuality/549/Vino-pro-ctyri-pratele/>

- [28] Vitsab, the Sign of Freshness. *FIS - Compaines & Products - Vitsab, the Sign of Freshness* [online]. Švédsko: Fish Info & Services Co.Ltd, b.r. [cit. 2020-05-01]. Dostupné z: <http://www.fis-net.com/fis/techno/newtechno.asp?id=68902&l=e&ndb=1>
- [29] DAY, B.P.F. Novel MAP applications for fresh- prepared produce. AHVENAINEN, Raija. *Novel Food Packaging Techniques*. 1st edition. Cambridge England: Woodhead Publishing Limite, 2003, s. 20. ISBN 978-1-85573-675-7.
- [30] SMOLANDER, Maria a Qasim CHAUDHRY. Nanotechnologies in Food Packaging. CHAUDHRY, Qasim, Laurence CASTLE a Richard WATKINS. *Nanotechnologies in Food*. Cambridge: Royal Society of Chemistry, 2010, s. 86-99. ISBN 978-85404-169-5.
- [31] *Nanotechnologie* [online]. Praha: Informační centrum bezpečnosti potravin, Ministerstvo zemědělství, b.r. [cit. 2020-05-02]. Dostupné z: <https://www.bezpecnostpotravin.cz/az/termin/92287.aspx>
- [32] POSPÍŠILOVÁ, Ing. Marta. Využití nanotechnologie pro potravinářské obaly. *Institute od Food Technologics* [online]. 2007, **61**(7) [cit. 2020-05-02]. Dostupné z: <https://www.bezpecnostpotravin.cz/vyuziti-nanotechnologie-pro-potravinarske-obaly.aspx>
- [33] Nano-food packaging: an overview of market, migration research, and safety regulations. *Journal od Food Scientists* [online]. 2015, **80**(5), 910-923 [cit. 2020-05-04]. DOI: 10.1111/1750-3841.12861. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25881665>
- [34] PETERS, R., G. t. DAM, H. BOUWMEESTER et al. Identification and characterization of organic nanoparticles in food. *TRAC - TRENDS IN ANALYTICAL CHEMISTRY*. 2011, **30**(1), 100-112.
- [35] DUNCAN, T.V. Applications of nanotechnology in food packaging and food safety: barrier materials, antimicrobials and sensors. *J Colloid Interface Sci*. 2011, **363**(1), 1-24. DOI: 10.1016/j.jcis.2011.07.017.
- [36] CHAUDRY, Qasim a Maria SMOLANDER. Nanotechnologies in Food Packaging. CHAUDRY, Quasim, Laurence CASTLE a Richard WATKINS. *Nanotechnologies in*

Food. 1st edition. Cambridge: Royal Society of Chemistry, 2010, s. 86-99. ISBN 978-0-85404-169-5.

- [37] *Zákon č. 110/1997 Sb.: Zákon o potravinách a tabákových výrobcích a o změně a doplnění některých souvisejících zákonů*. In: . Praha, 1997. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1997-110/zneni-20190520>
- [38] *Zákon č. 477/2001 Sb.: Zákon o obalech a o změně některých zákonů (zákon o obalech)*. In: . Praha: Parlament České republiky, 2001. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-477/zneni-20180101>
- [39] *NARÍZENÍ EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY (ES) č. 1935/2004 ze dne 27. října 2004 o materiálech a předmětech určených pro styk s potravinami a o zrušení směrnic 80/590/EHS a 89/109/EHS*. In: . Štrasburg, 2004, ročník 338, číslo 4.
- [40] SOSNOVCOVÁ, Jitka. Evropská legislativa. *Krajská hygienická stanice Královéhradeckého kraje* [online]. Hradec Králové, b.r. [cit. 2020-05-10]. Dostupné z: http://www.khshk.cz/e-learning/kurs8/31_evropsk_legislativa.html

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

EDTA	Kyselina ethylendiamintetraoctová
Headspace	Vzduchová mezera mezi obalem a potravinou
ppm	Parts per million
FDA	Úřad pro výživu a léky
LDPE	Nízkohustotní polyethylen
HDPE	Vysokohustotní polyethylen
PP	Polypropylen
BHA	Butylhydroxyanisol
BHT	Butylhydroxytoluen
TBHQ	Terciální butylhydrochinon
RDIF	Radiofrekvenční identifikace
PET	Polyethylenteraftalát
MAP	Balení v modifikované atmosféře
CAP	Balení s řízenou atmosférou
OSN	Organizace spojených národů
O ₂	Kyslík
CO ₂	Oxid uhličitý
Ar	Argon
N ₂ O	Oxid dusný
PPO	Polyfenol oxidáza
OPP	Orientovaný polypropylen
PE	Polyethylen
EVA	Ethylen-vinylacetát
PVC	Polyvinylchlorid

MDI	Mikrovlnné indikátory donibility
TTI	Časově-teplotní indikátory
MAO	Methylaluminoxan
LLDPE	Lineární nízkohustotní polyethylen
EFSA	Evropský úřad pro bezpečnost potravin
EPA	Agentura pro ochranu životního prostředí
MMT	Montmorillonit
TiO ₂	Oxid titaničitý
Ag	Stříbro
ZnO	Oxid zinečnatý
MgO	Oxid hořečnatý
AgNPs	Stříbrné nanočástice
CNs	Uhlíkové nanomateriály
Cl ₂	Chlór
NH ₃	Amoniak
ES	Evropské společenství
č.	Číslo
%	Procento
např.	Například

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek č. 1: Antimikrobiální systém balení	16
Obrázek č. 2: Systém působení mikroorganismů na antimikrobiální obaly a jedlé povlakové systémy	18
Obrázek č. 3: Plovoucí plastové zbytky na pobřeží (The Bay Islands, Honduras).....	23
Obrázek č. 4: Částečně vznášející se plasty (růžový kruh) v porovnání s medúzou (zelený kruh).....	24
Obrázek č. 5: Chemická struktura polymerů použitých v potravinářství	29
Obrázek č. 6: Strukturní vzorek PET	30
Obrázek č. 7: Inteligentní balení typu RipeSence™	39
Obrázek č. 8: Dvě hlavní kategorie TTI	40
Obrázek č. 9: OnVu™ samolepící etiketa na obalu s lososem.....	41
Obrázek č. 10: Indikátor Fresh-Check ®	41
Obrázek č. 11: Indikátor MonitorMark™	42
Obrázek č. 12: Indikátor TT Sensor™	42
Obrázek č. 13: Indikátor CheckPoint®.....	43
Obrázek č. 14: Hypotetická inhibice růstu mikroorganismů vysokou koncentrací kyslíku při použití technologie MAP	45
Obrázek č. 15: Symbol pro materiály a předměty určené pro styk s potravinami.....	54

SEZNAM TABULEK

Tabulka č. 1: Příklady použití aktivního balení	35
---	----

SEZNAM ROVNIC

Rovnice č. 1: Oxidace železného prášku	36
--	----