

Univerzita Pardubice
Fakulta chemicko-technologická

Aktivní obaly v potravinářství
Anežka Chovancová

Bakalářská práce
2019

Univerzita Pardubice
Fakulta chemicko-technologická
Akademický rok: 2018/2019

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Anežka Chovancová**
Osobní číslo: **C16735**
Studijní program: **B2901 Chemie a technologie potravin**
Studijní obor: **Hodnocení a analýza potravin**
Název tématu: **Aktivní obaly v potravinářství**
Zadávající katedra: **Katedra analytické chemie**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Definujte termín "obal" a "aktivní obal" s ohledem na platnou legislativu.
2. S využitím bibliografických databází knihovny UPa zjistěte, jaké druhy aktivních obalů se v současné době mohou používat. Zpracujte přehled a vysvětlete obecné principy, na kterých aktivní obaly fungují.
3. Zjistěte, zda existují nějaká bezpečnostní rizika používání aktivních obalů s ohledem na zdraví člověka.

Rozsah grafických prací:
Rozsah pracovní zprávy:
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**
Seznam odborné literatury:
Podle pokynů vedoucího práce.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Libor Červenka, Ph.D.**
Katedra analytické chemie

Datum zadání bakalářské práce: **5. února 2019**
Termín odevzdání bakalářské práce: **4. července 2019**



prof. Ing. Petr Kalenda, CSc.
děkan

L.S.



prof. Ing. Karel Ventura, CSc.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 20. února 2019

Prohlašuji:

Tuto práci jsem vypracovala samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využila, jsou uvedeny v seznamu použité literatury. Byla jsem seznámena s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše. Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 9/2012, bude práce zveřejněna v Univerzitní knihovně a prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 21. 6. 2019

Anežka Chovancová

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych chtěla poděkovat vedoucímu své bakalářské práce panu doc. Ing. Liborovi Červenkovi, Ph.D. za konzultace a vedení při jejím zpracovávání.

ANOTACE

Tato bakalářská práce je zaměřena na aktivní obaly v potravinářství. Jsou uvedeny rozdíly a základní požadavky na tradiční a aktivní obalové materiály v rámci potravinové legislativy. Dále jsou vysvětleny základní principy, na kterých fungují aktivní obalové materiály a metody jejich příprav. Podrobněji jsou popsány funkce a principy konkrétních aktivních obalových materiálů. Zmíněna jsou také potenciální zdravotní rizika spojená s jejich používáním.

KLÍČOVÁ SLOVA

Aktivní balení, absorbéry kyslíku, absorbéry plynů, antimikrobiální balení

TITLE

Active food contact material

ANNOTATION

This bachelor thesis is focused on active packaging in food industry. Differences and requirements for traditional and active packaging materials under food legislation are introduced. In the next part, the basic principles active packaging and methods of their preparation are mentioned. The function and principles of a specific active packaging materials are described in more detail. Potential health risk associated with the use of active packages is discussed.

KEYWORDS

Active packaging, oxygen scavengers, gas scavengers, antimicrobial packaging

OBSAH

Seznam obrázků a tabulek	9
Seznam zkratk	10
Úvod	11
1 Obaly v potravinářství	12
1.1 Legislativa obalových materiálů a předmětů	12
1.2 Legislativa aktivních obalových materiálů a předmětů	12
1.3 Legislativa aktivních materiálů a předmětů mimo Evropskou unii	13
1.4 Význam obalových materiálů v potravinářství.....	14
1.5 Historie potravinového balení.....	15
1.5.1 Papír a papírové výrobky	15
1.5.2 Obalové materiály ze skla.....	15
1.5.3 Obalové materiály z kovu	15
1.5.4 Obalové materiály z plastu	16
2 Aktivní obalové materiály a předměty	17
3 Metody příprav aktivních obalů	18
3.1 Sáčky a podložky	18
3.2 Obaly obsahující aktivní složku.....	19
3.2.1 Povlaky s vestavěnou složkou pro řízené uvolňování	19
3.2.2 Nekovalentní povrchová imobilizace	20
3.2.3 Kovalentní povrchová imobilizace	20
3.2.4 Layer-by-layer uspořádání	20
3.2.5 Fotoroubování	21
4 Typy aktivního balení	22
4.1 Absorbéry kyslíku.....	22
4.1.1 Kovové absorbéry kyslíku	22
4.1.2 Organické absorbéry kyslíku	23
4.1.3 Anorganické absorbéry kyslíku	24
4.1.4 Absorbéry kyslíku na bázi polymeru	24
4.1.5 Absorbéry kyslíku na bázi enzymu.....	24

4.1.6	Komerčně dostupné absorbéry kyslíku.....	25
4.2	Absorbéry oxidu uhličitého	25
4.2.1	Chemické absorbéry oxidu uhličitého	26
4.2.2	Fyzikální absorbéry oxidu uhličitého	27
4.2.3	Komerčně dostupné absorbéry oxidu uhličitého	27
4.3	Absorbéry ethylenu.....	27
4.3.1	Komerčně dostupné absorbéry ethylenu.....	28
4.4	Absorbéry vlhkosti.....	28
4.4.1	Organické absorbéry vlhkosti	29
4.4.2	Anorganické absorbéry vlhkosti	30
4.4.3	Absorbéry vlhkosti na bázi polymeru	30
4.4.4	Komerčně dostupné absorbéry vlhkosti.....	31
4.5	Absorbéry látek způsobujících nežádoucí pachů a přípach	31
4.6	Antimikrobiální aktivní obalové systémy.....	31
4.6.1	Antimikrobiální obaly s esenciálními oleji a rostlinnými extrakty.....	33
4.6.2	Antimikrobiální obaly s enzymy.....	34
4.6.3	Antimikrobiální obaly s chitosanem	34
4.6.4	Antimikrobiální obaly s organickými kyselinami	35
4.6.5	Antimikrobiální obaly s bakteriociny	35
4.6.6	Antimikrobiální obaly s anorganickými látkami	36
4.6.7	Emitéry oxidu uhličitého a ethanolu	36
5	Aktivní balení a zdravotní rizika.....	37
	Závěr	38
	Použitá literatura	39

SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK

Obrázek 1 - Symbol pro označení nejedlé části.....	13
Obrázek 2 - Schéma aktivních povlakových materiálů	21
Obrázek 3 - Absorpční štítek FreshMax™	25
Tabulka 1 - Typy absorbérů kyslíku	22
Tabulka 2 - Typy absorbérů vlhkosti	29
Tabulka 3 - Typy antimikrobiálních emitérů	33

SEZNAM ZKRATEK

EDTA	Kyselina ethylendiamintetraoctová
EFSA	Evropský úřad pro bezpečnost potravin (European Food Safety Authority)
EU	Evropská unie
FD&C Act	The Federal Food, Drug, and Cosmetic Act
GRAS	Všeobecně považovaný za bezpečný (Generally Recognized as Safe)
HDPE	Polyethylen s vysokou hustotou
LDPE	Polyethylen s nízkou hustotou
LLDPE	Lineární nízkohustotní polyethylen
MAP	Balení v modifikované atmosféře (Modified Atmosphere Packaging)
MIC	Minimální inhibiční koncentrace
PA	Polyamid (nylon)
PE	Polyethylen
PET	Polyethylentereftalát
PGA	Kyselina polyglykolová
PHA	Polyhydroxyalkanoát
PHB	Polyhydroxybutyrát
PLA	Kyselina polyléčná
PP	Polypropylen
PS	Polystyren
PVA	Polyvinylalkohol
PVC	Polyvinylchlorid
UV	Ultrafialové záření

ÚVOD

Stěžejní funkcí obalových materiálů v potravinářství je jejich ochrana dané potraviny před rozličnými vnějšími vlivy. K tomu dostatečně postačují klasické obalové materiály jako papír, sklo, kovy a plasty, se kterými se běžně setkáváme. Potraviny znehodnocují i produkty samotných chemických dějů, které probíhají přímo v ní nebo na jejím povrchu. Tyto vlivy, které znehodnocují kvalitu a snižují životnost potravin, klasické obalové materiály nedokáží eliminovat, neboť jsou vůči potravíně inertní. Výměna látek mezi obalem a potravínou musí být minimální až nulová. To vedlo k návrhům, které jsou založeny na úmyslné interakci obalu s potravínou a tento princip se stal základem metod tzv. aktivního balení.

Aktivní obalové materiály fungují na dvou základních principech, buď aktivní složka funguje jako absorbent, tudíž vychytává a odstraňuje nechtěné látky z potraviny a jejího prostředí. Do této skupiny patří např. absorbéry kyslíku, vlhkosti, ethylenu, oxidu uhličitého a nežádoucí pachuti či zápachu. Druhým principem je naopak uvolňování aktivní složky z aktivního obalového materiálu do prostoru potraviny, jejich funkce je zejména antimikrobiální či konzervační.

Cílem této bakalářské práce je přiblížit zásadní rozdíly mezi obalovými materiály a aktivními obalovými materiály v potravinářství z legislativního hlediska a uvést nejzásadnější požadavky, které musí splňovat. Vysvětlit základní principy, na kterých aktivní balení funguje a seznámit s nejpoužívanějšími metodami, kterými může být aktivní složka umístěna v rámci baleného produktu. Zároveň obsahuje přehled dosavadně komerčně používaných nebo pozitivně testovaných aktivních obalových materiálů a popisuje mechanismy účinku jejich konkrétních aktivních složek. Zmíněná jsou také určitá rizika, která mohou být s jejich používáním spojena, a to ve vztahu k lidskému zdraví.

1 OBALY V POTRAVINÁŘSTVÍ

1.1 Legislativa obalových materiálů a předmětů

Problematikou obalů v potravinářství se zabývá Nařízení 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. Jedná se o materiály a předměty, které jsou přímo nebo nepřímo určeny pro styk s potravinami nebo se předpokládá, že při kontaktu s potravinou dojde k přenosu jejich složek do ní. Obecné požadavky jsou, aby byly vyrobeny správnou výrobní praxí a nedocházelo k uvolňování jejich složek do potravin v takovém množství, které ohrozí zdraví člověka nebo způsobí neadekvátní změny ve složení a organoleptických vlastnostech potraviny. Všechny materiály a předměty podléhají sledovatelnosti ve všech fázích procesu, od výroby až po distribuci. To zajišťuje větší kontrolu, informovanost spotřebitele, vymezení odpovědnosti, popřípadě stažení vadných produktů [1].

Likvidaci obalového materiálu řeší Směrnice Evropského parlamentu a Rady 94/62/ES ze dne 20. prosince 1994 o obalech a obalových odpadech. Účelem je zejména, co nejvíce eliminovat jejich negativní vliv na životní prostředí, prevence vzniku obalových odpadů a úsilí o jejich opakované používání, recyklaci a další formy využití, aby se omezilo množství odpadů určených ke konečnému odstranění [2].

Česká republika je od roku 2004 členem EU. Kromě vlastní legislativy jsou pro ni závazná i nařízení Evropské komise. Vytváří se tak jednotný systém pro hodnocení a bezpečnost obalových materiálů.

Obecné požadavky na potravinové obaly a obalové materiály jsou součástí Zákona č. 110/1997 Sb., o potravinách a tabákových výrobcích a o změně a doplnění některých souvisejících zákonů. Zdravotní požadavky formuluje zákon č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů. Tento zákon doplňuje vyhláška Ministerstva zdravotnictví č. 38/2001 Sb., o hygienických požadavcích na výrobky určené pro styk s potravinami a pokrmy. Předpisy týkající se likvidace obalového odpadu řeší zákon č. 477/2001 Sb., o obalech a o změně některých zákonů [3].

1.2 Legislativa aktivních obalových materiálů a předmětů

Základní požadavky na aktivní obalové materiály jsou součástí Nařízení 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. V souladu s potravinovou legislativou mohou uvolňovat aktivní látky do potravin nebo do prostředí obklopující potraviny a způsobit změny ve složení a organoleptických vlastnostech. Mimo obecných požadavků musí splňovat také zvláštní požadavky. Aktivní materiály a předměty nesmí provádět v potravine takové změny ve složení a organoleptických vlastnostech, které by mohly uvádět spotřebitele v omyl, například zakrývat kažení potraviny. Musí být odpovídajícím způsobem označeny, aby bylo zjevné, že se jedná o aktivní materiál či předmět a v případě, že jsou již uvedeny do styku s potravinou, musí spotřebitel jasně identifikovat, že se jedná o nejedlé části [1].

Nařízení Komise (ES) č. 450/2009 ze dne 29. května 2009 o aktivních a inteligentních materiálech a předmětech určených pro styk s potravinami upravuje a obsahuje dodatečná ustanovení. Podle definice mají aktivní materiály a předměty prodlužovat životnost a zachovávat nebo zlepšit stav balených potravin. Jednotlivá aktivní látka nebo kombinace látek musí být zařazena na seznam Společenství, obsahující povolené látky. Před tím, než bude látka schválena pro použití, měla by podstoupit posouzení o bezpečnosti prováděné úřadem EFSA. Výjimkou mohou být látky, které jsou přidány cíleně k migraci do potraviny nebo začleněny do materiálů technikami jako vázání či imobilizace. Aktivní látka je v těchto případech součástí inertního pasivního materiálu, který musí splňovat limity celkové migrace. Uvolňováním aktivní látky hrozí jejich překročení, proto by neměla být zahrnuta do výpočtu celkového migračního limitu, ale vztahují se na ni veškeré právní předpisy o potravinářských přídatných látkách a enzymech. Toto nařízení obsahuje dodatečná pravidla označování. Pro snadnou identifikaci nejedlé části se aktivní materiály a předměty označují slovy „NEJEZTE“ a pokud je to technicky možné příslušným symbolem (Obr. 1) [4].



Obrázek 1 - Symbol pro označení nejedlé části [5]

1.3 Legislativa aktivních materiálu a předmětů mimo Evropskou unii

Oproti Evropě neobsahuje velká většina světové legislativy specifické požadavky pro aktivní obalové materiály. To však neznamená, že by postoj vůči jejich používání byl ze strany těchto států méně zodpovědný a vystavovaly tak spotřebitele větším zdravotním rizikům. Výsledky

právních opatření jsou totiž ve výsledku velmi podobné těm, které obsahuje evropská legislativa.

Ve Spojených státech amerických spadá tato problematika do FD&C Act, což je soubor zákonů udávající požadavky na bezpečnost potravin, léků, zdravotnických předmětů a kosmetiky. Aktivní složky využívané k aktivnímu balení musí být na seznamu povolených potravinářských přídatných látek a musí splňovat veškeré dodatečné ustanovení, které k nim náleží, jako je maximální povolené množství, označení nebo výživová hodnota [6]. Výjimkou jsou látky, které spadají pod označení GRAS neboli všeobecně považované za bezpečné. Jedná se o látky určené kvalifikovanými a zkušenými experty nebo na základě vědeckých poznatků prokazatelně bezpečné a běžně používané v potravinářství před rokem 1958 [7].

Japonsko, které je průkopníkem aktivního balení nemá pro tyto materiály specifické požadavky. Obchodní společnosti tak mnohdy přijímají poznatky z jiných legislativ. Podobný systém, kdy je vlastní potravinová legislativa kombinována s odkazy zákoníků jiných zemí pro zajištění maximální bezpečnosti, lze nalézt v Austrálii, Latinské Americe nebo Číně [6].

1.4 Význam obalových materiálů v potravinářství

Primární funkcí obalových materiálů a procesu balení jako takového je ochrana potravin před důsledky mechanického zacházení nebo kontaminací z fyzikálních, chemických a biologických zdrojů. Jedná se zejména o oxidačně-redukční procesy, působení záření, chemickou kontaminací, napadení mikroorganismy nebo vliv jedinců z živočišné říše [8].

Dalším významem je komunikace se spotřebiteli. Obalové materiály jsou využívány k umístění legislativně povinných informací o dané potravine. Takto zveřejněné informace musí být pravdivé, srozumitelné, dobře čitelné a uvedeny v jazyce příslušné země. Odpovědnost za správnost nese provozovatel potravinářského podniku, pod jehož názvem je potravina uváděna na trh [9].

Nezpochybnitelná je role marketingu. Obalový materiál je významným nástrojem propagace daného výrobku. Emocionální dojem z produktu je mnohdy rozhodujícím faktorem ke koupi. Důležitý je příjemný estetický vzhled, volba barev, velikost, originalita, výběr materiálu a minimum nepodstatného textu. Kladně působí i důraz na ekologickou šetrnost [10].

Ve snaze poskytnou spotřebiteli bezpečnější, čerstvější a trvanlivější potravinu, dochází v této oblasti k neustálým inovacím [8].

1.5 Historie potravinového balení

Počátek balení lze spojit s obdobím lidské snahy konzumovat a uchovávat požitaviny i mimo jejich přirozený výskyt. Mezi první obaly lze zařadit přírodní materiály jako listy, vydlabané dřeviny, plody, lastury mlžů nebo zvířecí orgány [11].

1.5.1 Papír a papírové výrobky

Papír a výrobky z něj jsou nejstarší formou tzv. pružných materiálů a své hojné využití si zachovaly dodnes. Ačkoli první zmínky sahají až do doby 200 let př.n.l., kdy se v Číně používala kůra z moruše, podoba papíru, tak jak jej známe dnes, tedy vyrobeného ze dřevin se začala využívat k balení potravin až v polovině 19. století [11]. S dalším vývojem pevnějších forem, lepenky a kartonu se využití ještě rozšířilo. Inovace přinesly kombinace papíru s dalšími materiály, jako voskový papír, kovy, později plastové fólie. Je vhodným materiálem pro tisk etiket [12].

1.5.2 Obalové materiály ze skla

Sklo bylo do konce 19. století drahým materiálem, teprve se zavedením automatických rotačních linek se stalo běžně používaným. Základní suroviny pro výrobu se v historickém vývoji velmi nezměnily, jsou jimi oxid křemičitý, písek, vápenec a soda. Modernizace skleněných obalů závisí spíše na technikách tvarování [11]. Je ceněno pro svou odolnost vůči vysokým teplotám a nepropustnost vůči plynům a chemikáliím. Jedním z nedostatků je křehkost. Výhodou je možnost opětovného použití a recyklovatelnosti. I přes nástup plastových obalů v 70. letech minulého století si sklo udrželo svou pozici a je používáno zejména pro výše ceněné výrobky [12].

1.5.3 Obalové materiály z kovu

Jako kovové obalové materiály v minulosti sloužily drahé kovy, to vedlo ke snaze zpracovávat dostupnější varianty. K využití běžných kovů a slitin v potravinářství bránil názor, že kovy jsou jedovaté. Využívaly se jen v tabákovém průmyslu. Počátkem 19. století nastal průlom a začaly se hojně používat cínové později hliníkové plechovky [11]. Pro delší uchování se potraviny sterilovaly varem. Výhodou kovových obalů je jejich pevnost a tvoří dobrou ochranu před fyzikálními vlivy [12].

1.5.4 Obalové materiály z plastu

První umělý plast byl demonstrován v roce 1862. Původní záměr byl nahradit do té doby běžně využívané přírodní materiály. Díky neustálým inovacím, které probíhají do dnešní doby, patří mezi jedny z nejpoužívanějších obalových materiálů nejen v potravinářském průmyslu [12].

V potravinářství se dělí na tuhé a ohebné plastové obaly. Mezi nejvyužívanější syntetické polymery patří polyethylen (PE), polyethyltereftalát (PET), polypropylen (PP), polyamid (PA), polystyren (PS) a polyvinylchlorid (PVC). Ekologicky šetrnější variantou jsou biopolymery. Lze je rozdělit do tří kategorií. První jsou biopolymery rostlinného a živočišného původu (škrob, celulóza, agar, želatina, kolagen). Druhou tvoří biopolymery z obnovitelných monomerů například kyselina polyléčná (PLA) a kyselina polyglykolová (PGA). Třetí kategorie zahrnuje polymery produkované mikrobiální fermentací jako polyhydroxybutyrát (PHB), polyhydroxyalkanoát (PHA) a mikrobiální polysacharidy pullulan nebo curdlan. Jejich nevýhodou jsou špatné mechanické vlastnosti a odolnost vůči vlhkosti [13].

Hlavní výhodou plastů je jejich nízká pořizovací hodnota. V poměru vůči své pevnosti mají malou hmotnost a technologicky je možné ovlivňovat jejich fyzikální a chemické vlastnosti. Využívá se i snadná kombinace s jinými materiály. Problémem je ekologický dopad. Komplikací je dlouhý proces rozkladu, jediným možným způsobem likvidace je spálení nebo recyklace. Produkce plastů tvoří více jak polovinu petrochemické výroby, spálení těchto zdrojů významně ovlivňuje klimatické změny. Recyklace je efektivním způsobem opakovaného zpracování, ale v praxi selhává. Důsledkem je hromadění plastů nejen na souši, ale i v oceánech [14].

2 AKTIVNÍ OBALOVÉ MATERIÁLY A PŘEDMĚTY

Principem aktivního balení je na rozdíl od tradičních obalů, které musí být vůči balené potravine inertní, cílená interakce mezi obalem a potravinou [15]. Funkcí obalu je registrovat změny probíhající v okolí potraviny a na základě povahy svého cílového účinku reagovat tak, aby dopady na znehodnocení byly co nejmenší a produkt si uchoval svou kvalitu [8].

Tento koncept není zcela novou myšlenkou. Příkladem může být balení potravin do rostlinných listů, které pomáhají zachovávat antimikrobiální prostředí a zajišťují aroma a enzymy důležité pro typické sensorické znaky. Tyto metody patří mezi tradiční v mnoha zemích světa a historicky nejpůvodnější formy balení vůbec [16].

Podle interakce jsou aktivní obaly klasifikovány do dvou základních systémů. Prvním z nich je aktivní balení založené na absorpci nežádoucích sloučenin na příslušný sorbent:

- absorbéry kyslíku,
- absorbéry oxidu uhličitého,
- absorbéry ethylenu,
- absorbéry vlhkosti,
- absorbéry látek způsobujících nežádoucí pachů a přípach.

Druhým způsobem je uvolňování aktivní komponenty do prostoru mezi obalem a potravinou nebo přímo do balené potraviny:

- antimikrobiální emitéry,
- konzervační emitéry [8].

3 METODY PŘÍPRAV AKTIVNÍCH OBALŮ

3.1 Sáčky a podložky

Při této formě není aktivní složka přímo součástí obalu, ale je umístěna jako samostatná komponenta na jeho povrchu nebo v prostoru mezi obalem a produktem. Jedná se nejčastěji o sáčky obsahující aktivní složku, která na principu absorpce nebo uvolňování eliminuje látky snižující kvalitu produktu [17]. Jedny z prvních vyvinutých sáčků byly absorbéry kyslíku, produkovány japonskou společností v 70. letech, později se k vývoji přidalo několik mezinárodních firem. Aktivní složkou byly sloučeniny železa, katechol, kyselina askorbová nebo oxidační enzymy. Později se využití sáčku rozšířilo i na další funkce [18].

Absorpční podložky jsou komerčně využívány pro čerstvé výrobky jako maso, ovoce a zelenina k odstranění vlhkosti vzniklé dýcháním, exsudací a permeací vodních par z balené potravin, tím se zpomalí růst mikrobiálních buněk. Obecně jsou podložky tvořeny třemi vrstvami horní a spodní, mezi kterými je umístěna vnitřní vrstva z absorpčního materiálu. K napomáhání absorpce vylučované tekutiny je nutná perforace alespoň jedné z obklopujících polymerních vrstev. Uplatňuje se zde vývoj nanotechnologie. Do absorpční mezivrstvy na bázi celulózy, která je izolovaná vrstvami polymeru, se aplikují antimikrobiální nanočástice stříbra nebo mědi [18].

Do definice aktivních materiálů a předmětů nespádají podložky, jenž nemají zabudovanou aktivní komponentu. Jsou to materiály, které absorbují vlhkost, ale ne v důsledku záměrně přidané látky. Jedná se o přírodní materiály jako 100% celulóza, podložky složené z přírodní celulózy a polymerních vláken nebo pouze z polymerních vláken. Legislativně jsou tyto podložky považovány za papír nebo materiál složený z papíru a plastu [19].

Ačkoliv je aplikace sáčků a podložek jednou z průmyslově nejvyužívanějších forem aktivního balení a do budoucna má jistě stále svůj velký potenciál, naráží na několik problémů [20]. Na rozdíl od Asie, Spojených států či Austrálie, je jejich plné využití v evropských zemích značně limitováno přísnějšími legislativními požadavky, které se týkají zejména hodnot limitů celkové migrace mezi obalem a potravinou [21]. Další nevýhodou je nutnost zavedení dodatečného kroku v procesu balení nebo nevhodná kombinace umístěním sáčku například do nápojů a vlhkých potravin [20]. V neposlední řadě problémy vyplývající ze strany spotřebitele. Volně umístěné sáčky a podložky mohou být mylně považovány za součást potravin nebo jednu z jejich ingrediencí, což přináší riziko požití. Výrobce je proto povinen tyto nepoživatelné části

označit symbolem „NEJEZTE.“ Nežádoucí zápach mnoha antimikrobiálních látek může negativně ovlivnit senzorické vnímání spotřebitele, což vede k nutnosti přidat prvek maskující nevhodné pachy. Překážkou pro komerční užití je také celková nedůvěra části spotřebitelů vůči inovacím aktivního balení [18].

3.2 Obaly obsahující aktivní složku

Způsob, jak umístit aktivní složku, například antioxidanty, absorbéry kyslíku, enzymy a antimikrobiální látky, je její začlenění přímo do obalu nebo na jeho povrch. Používané techniky lze v základě rozdělit podle toho, zda je aktivní složka umístěna nekovalentně, tedy migruje do prostředí balené potraviny nebo kovalentně, kdy nemigruje. Grafické znázornění základních metod aplikací aktivní složky na inertní obalový materiál popisuje (Obr. 2) [22].

Současným trendem a zájmem do budoucna je nanotechnologie. Aktivní komponenta má zde formu nanokompozitu, což je speciální struktura ve formě nanokrystalů. Ta je zabudována do matrice polymeru. Jako polymery se využívají běžné plasty jako PE, PET, PP, PS nebo přirozeně odbouratelné bioplasty [8]. Oblastmi pro použití jsou antimikrobiální, antioxidační a biokatalytické funkce [23].

3.2.1 Povlaky s vestavěnou složkou pro řízené uvolňování

Předpokladem povlaků s řízeným uvolňováním je migrace aktivní složky do prostoru balené potraviny, kde vykoná svou specifickou funkci. Mechanismus, prostřednictvím kterého se aktivní složka začleňuje do polymeru, je uskutečněn pomocí extruze/mísení nebo licího roztoku. Ten se skládá z rozpuštěného polymeru ve vhodném rozpouštědle a aktivní složky. V této podobě se rozlévá na povrch základního obalového substrátu, kde dochází k odpaření rozpouštědla a vzniku plastické fólie [22].

Omezením pro komerční využití je vysoká teplota potřebná k rozpuštění vhodných plastů v rozpouštědle, ta snižuje účinnost aktivní látky, proto je metoda preferovaná spíše pro bioplasty, jejichž rozpouštěcí teplota je nižší [23].

Při extruzi se aktivní složka zabuduje tepelným roztavením polymerního materiálu, tím vznikne směs vytlačovaná z extrudéru, dále využívaná k tvorbě fólií [22].

3.2.2 Nekovalentní povrchová imobilizace

Aktivní složka je aplikovaná na povrch základního obalu. Nejčastějším využitím je povrchová imobilizace polymerního materiálu, který je sám o sobě vůči potravině inertní. Techniky povrchové aktivace lze rozdělit na fyzikální a mokré metody. Mezi fyzikální metody, které jsou využívanější, neboť nedochází k hromadění škodlivého odpadu z kapalných činidel, patří plamen, UV záření a plazma. Při využití mokré metody je polymerní substrát vystaven účinku korozní kapaliny, jako jsou Piranha roztok, směs hydroxidu sodného a kyseliny sírové, kyselina chromová, manganistan draselný či kyselina dusičná. Cílem obou aktivačních metod je tvorba reaktivních kyslíkatých skupin, jako jsou karbonylové, hydroxylové a karboxylové skupiny na polymerním povrchu. Po této úpravě již dochází k aplikaci aktivní složky. Nekovalentní povrchová imobilizace závisí na elektrostatické interakci, kdy polymer vytváří nabitou síť, která přitahuje molekuly s opačným nábojem nebo na afinitě, tedy interakci ligand-receptor [22].

3.2.3 Kovalentní povrchová imobilizace

Povrchová aktivace probíhá stejně jako u nekovalentní povrchové imobilizace. Rozdíl je v aplikaci aktivní složky. Ta je kovalentní vazbou navázána na polymerní povrch a nepředpokládá se její migrace do baleného výrobku. Tím je zabráněno, aby ovlivňovala kvalitu a bezpečnost potravin [23]. Jinou možností je použití síťovadla, které vytváří sdílenou kovalentní vazbu mezi aktivní složkou a polymerem [22].

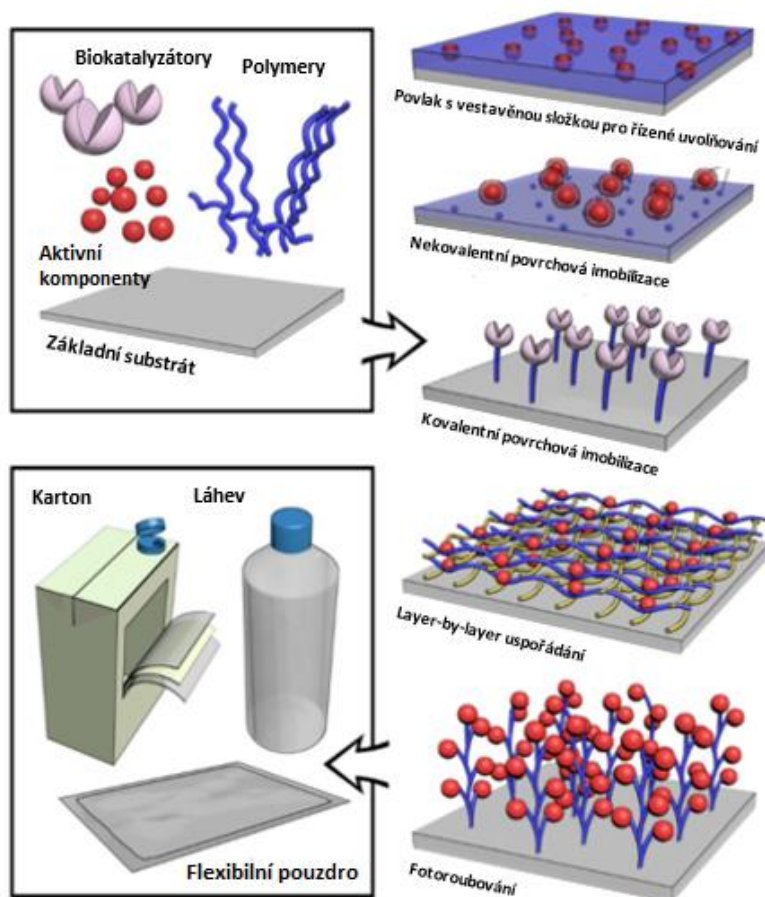
3.2.4 Layer-by-layer uspořádání

Uspořádání Layer-by-layer je úprava povrchu, při které se postupně vrství aktivní složka mezi molekulárně tenké vrstvy polymerů, které jsou nabitě, čímž se vytváří vícevrstvý film. Děje se tak ponořením nebo postřikem základního substrátu opačně nabitými polyelektrolyty (syntetické polymery, polysacharidy, proteiny atd.) a jednotlivé vrstvy mezi sebou lze stabilizovat elektrostatickými interakcemi, úpravou pH nebo kovalentními vazbami. Aktivní složka může být aplikována buď do mezivrstev nebo do struktury některého z polyelektrolytů [22]. Vrstvy zajišťují větší plochu a tím možnost připojení většího množství aktivních složek pro zvýšení účinnosti [24].

3.2.5 Fotoroubování

Při fotoroubování působí na polymery v přítomnosti fotoiniciátorů a monomerů UV záření v rozsahu 315–400 nm. UV záření vytváří na polymerním povrchu volné radikály, poté působí na fotoiniciátory, které generují nepárové elektrony, tím se iniciuje polymerace monomerů. Fotoroubování se může uskutečnit prostřednictvím tří mechanismů, a to odběrem vodíku, přenosem elektronu a štěpením. Aktivní komponentu lze umístit přímo během procesu fotoroubování nebo dodatečnou imobilizací po roubování polymerního řetězce s reaktivními funkčními skupinami [22].

Fotoroubování patří mezi nemigrační techniky aktivního balení. Kvůli kyslíku, který inhibuje polymeraci volných radikálů, vyžadují standardní techniky inertní prostředí, nejčastěji dusíku. Alternativou je laminační povrchové fotoroubování, které nevyžaduje prostředí bez kyslíku. Monomer je laminován mezi základním materiálem a kyslíkovou bariérou, tu tvoří skleněná sklička nebo polymerní fólie [25].



Obrázek 2 - Schéma aktivních povlakových materiálů [26]

4 TYPY AKTIVNÍHO BALENÍ

4.1 Absorbéry kyslíku

Kyslík vyskytující se v prostředí balené potraviny způsobuje její mikrobiální znehodnocení, žluknutí, změnu barvy a celkové zhoršení organoleptických vlastností. Použitím absorbérů kyslíků se tyto negativní vlivy značně snižují. Prodlužuje se skladovatelnost, zvyšuje se bezpečnost dané potraviny a snižují se ekonomické ztráty způsobené kažením potravin [27]. Aplikují se pro uchování kvality pečiva, masa, sýrů, snack výrobků, rýže, obilovin, těstovin, kávy, cukrářských výrobků, sušených potravin a nápojů [28].

Absorbéry kyslíku jsou umístěny do sáčků, popřípadě štítků, ty však mnohdy u spotřebitele vyvolávají pochybnosti. Tento aspekt je jedním z důvodů, proč se vývoj zaměřuje na techniky začleňování absorbérů přímo do obalového materiálu.

Aktivní látka zachytávající kyslík může být jak anorganického, tak organického původu. Rozhodující pro výběr je cena, bezpečnost a povaha dané reakce. Z komerčního hlediska jsou v dnešní době nejvíce využívány absorbéry na bázi železa. Vývojově je snaha přinést nové aplikace a rozšířit seznam aktivních látek. Přehled typů absorbérů kyslíku je uveden v (Tab.1) [27].

Tabulka 1 - Typy absorbérů kyslíku [27]

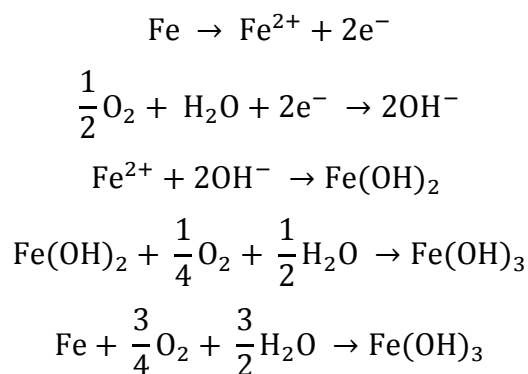
Klasifikace	Absorbéry kyslíku
Kovy	Železný prášek, aktivované železo, oxid železnatý, železná sůl, Co, Zn
Organické látky	Kyselina askorbová, soli kyseliny askorbové, kyselina isoaskorbová, tokoferol, hydrochinon, katechol, rongalit, sorbóza, lignin, kyselina gallová, polynenasycené mastné kyseliny
Anorganické látky	Siřičitan, thiosíran, dithionan, hydrogen siřičitan, oxid titaničitý
Látky na bázi polymeru	Oxidačně-redukční pryskyřice, polymer-kovový komplex
Látky na bázi enzymů	Glukozooxidáza, lakáza, ethanoloxidáza

4.1.1 Kovové absorbéry kyslíku

Tato skupina patří mezi nejrozšířenější na trhu, a to díky absorbérům na bázi železa. Jejich aplikace je vhodná kvůli nízké ceně, vysoké účinnosti a rychlému účinku oxidace [27]. Jsou

umístěny do sáčků, štítků nebo plastového obalového materiálu. Nemají žádnou chuť ani vůni, takže v tomto ohledu nehrozí znehodnocení potravin a umožňují snížit množství používaných konzervačních a antioxidačních látek [29].

Reakce je založena na oxidaci železa v přítomnosti vody (Rovnice 1). Oxidace začíná probíhat po vystavení sáčku obsahujícího vlhkost působení vzduchu. K adsorpci kyslíku může také docházet až po získání vlhkosti z potravin [30].



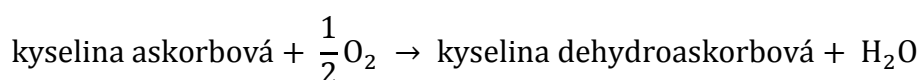
Rovnice 1 - Schéma průběhu chemických reakcí při adsorpci kyslíku na bázi železa [29]

Další kovy a jejich sloučeniny se nejčastěji aplikují ve formě fólií. Příkladem je palladium, které slouží pro adsorpci zbytkového kyslíku při balení v MAP. Jsou také známy fólie na bázi mědi, zinku, hliníku, manganu nebo titanu. Pro urychlení absorpční reakce se mnohdy aplikuje navíc mezivrstva oxidů křemíku [27].

Nevýhodou je závislost oxidační reakce železa na teplotě. Pokud je vysoká, může dojít k samovolné oxidaci a tím se snižuje účinek absorpce při teplotách nižších. Jiným problémem může být detekce kovového materiálu při mikrovlnném ohřevu nebo kontaminace potravin kovovým absorbérem [27].

4.1.2 Organické absorbéry kyslíku

Organické absorbéry jsou vhodné díky své kompatibilitě s polymerním materiálem. V praxi tak vznikají opticky transparentní aktivní fólie [27]. Aktivní látkou je kyselina askorbová, která se oxiduje na kyselinu dehydroaskorbovou (Rovnice 2). Jako katalyzátor pro urychlení reakce slouží světelné záření nebo měď. Kyselina askorbová i její soli jsou navrhovány ve formě sáčků, tak fólií [30]. Existují také aktivní fólie na bázi aminokyselin, například threoninu [27].



Rovnice 2 - Chemická reakce absorpce kyslíku kyselinou askorbovou [30]

Antioxidanty se začleňují do plastových obalových materiálů a slouží jako absorbéry kyslíku pro balené suché potraviny, například cereálie. Běžně používaným je butylhydroxytoluen, označován pod kódem E321. V současnosti je kladen velký důraz na ekologickou šetrnost. Nejnovější trendy se tak snaží pro tyto účely hledat přírodní zdroje antioxidantů. Mezi ně již patří tokoferol, lecitin, organické kyseliny, extrakt z rozmarýnu nebo vitamin E a vitamin C [30].

Nevýhodou organických absorbérů je nižší schopnost absorpce a vyšší cenové náklady. Výzkum by se tak měl do budoucna zaměřit a snažit se zlepšit tyto technické a ekonomické překážky, které zabraňují efektivnímu komerčnímu využití [27].

4.1.3 Anorganické absorbéry kyslíku

Účinnou látkou jsou siřičitany, umístěné v sáčcích, uzávěrech lahví nebo jako fólie na obalovém materiálu vín nebo kečupů. Bohužel mohou vyvolávat senzorycké změny a u citlivějších jedinců způsobit až alergickou reakci [30].

Pro snížení světelně indukovaných oxidačních procesů v mléce byly úspěšně testovány účinky oxidu titaničitého [31].

4.1.4 Absorbéry kyslíku na bázi polymeru

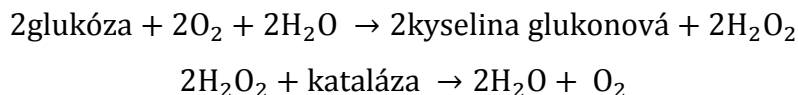
Tento typ je novou technologickou oblastí a cílem pozornosti. Tvoří je vhodný polymer, na který jsou připojeny nenasycené postranní řetězce. Běžně komerčně dostupné jsou komplexy polymeru a kovu nebo oxidačně redukční pryskyřice [27].

Nenasycené uhlovodíky jako skvalen, mastné kyseliny, 1,2-polybutadien mají schopnost zachycovat kyslík. Ve směsi s polyolefiny nebo polyamidy, která se získá pomocí technik vstříkování nebo koextruze, vznikne aktivní fólie [30]. Ta se může umístit na povrch základního inertního obalového materiálu [27].

4.1.5 Absorbéry kyslíku na bázi enzymu

Funkce systémů na bázi enzymů je vysoce citlivá na pH, aktivitu vody, teplotu, obsah soli a jiné faktory. K aktivaci účinné reakce je potřeba voda, proto jsou vhodné pro potraviny s vyšší vlhkostí, v praxi se jedná o pivo a víno. Komerčně používané jsou enzymy glukózooxidáza a kataláza [27]. Enzym glukózooxidáza zajišťuje přenos dvou atomů vodíku ze skupiny -CHOH glukózy. V přítomnosti kyslíku vzniká glukono delta-lakton a H_2O_2 . Glukono delta-lakton reaguje s vodou za vzniku kyseliny glukonové a H_2O_2 v přítomnosti katalázy tvoří H_2O a O_2 , což

snižuje účinnost systému. Systém lze schematicky popsat jako (Rovnice 3). Technologie bez katalázy je však finančně velmi náročná. Aplikovány jsou ve formě sáčku nebo povrchovou imobilizací na obalový materiál. Výhodou je jejich zdravotní nezávadnost, ekologická šetrnost a bezproblémový mikrovlnný ohřev [30].



Rovnice 3 - Schéma průběhu chemických reakcí při absorpci kyslíku na bázi enzymu [30]

Potenciál do budoucnosti má ethanoloxidáza. Má širší využití, neboť k průběhu reakce nevyžaduje vodu. Nevyřešeným problémem je jak zápach potřebného ethanolu, tak vznikajícího aldehydu, který by mohl být pro spotřebitele nepřijatelný [30].

4.1.6 Komerčně dostupné absorbéry kyslíku

První společností, která uvedla absorbéry na trh a dodnes patří k předním producentům je japonská Mitsubishi Gas Chemical Company. Vyrábí absorbéry ve formě sáčků a fólií, pod obchodními názvy Ageless® [30] a Ageless Omac® [28].

Největší roli na trhu mají dnes USA, Evropa, Čína a Japonsko. Dalšími absorbéry jsou například Tomatsu, O-Buster®, FreshMax™ (Obr. 3), FreshPax®, Sanso-cut, Amosorb™, Oxbar, ZERO₂, Oxyguard [30].



Obrázek 3 - Absorpční štítek FreshMax™ [32]

4.2 Absorbéry oxidu uhličitého

Absorpce oxidu uhličitého je důležitá pro nepasterizované fermentované potraviny (mléčné výrobky, zelenina, kimči), které při katabolických procesech produkují velké množství oxidu uhličitého. Udržováním jeho nižší hladiny se podporuje růst bakterií mléčného kvašení a tím se udržuje kvalita fermentovaného výrobku. Koncentrace CO₂ nesmí být příliš nízká, neboť její

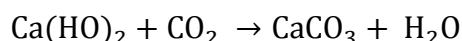
vhodná hodnota je důležitá pro specifické senzorické znaky některých potravin. Najít tak optimální variantu absorbéru, která bude korespondovat s vlastnostmi dané potraviny, je mnohdy obtížné [33].

Vysoká koncentrace CO₂ ovlivňuje i zemědělské plodiny. Některé komodity jako brambory, jablka, cibule, okurky, květák, mrkev, vykazují změnu barvy, pachů a poškození pletiv při překročení koncentrace CO₂ přes 5 % [34]. Kvalitu kávy ohrožuje oxid uhličitý uvolněný po procesu pražení. Pokud je káva balena do plechovek nebo hliníkové fólie, hrozí jejich prasknutí a protržení [28].

Pro využití v potravinářství jsou vhodné dva typy absorbéru, chemické a fyzikální. Aktivní složka je umístěna do sáčku nebo aplikována ve formě fólií či povlaků na obalový materiál [34].

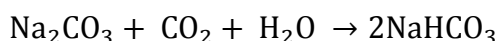
4.2.1 Chemické absorbéry oxidu uhličitého

Pro eliminaci CO₂ je vhodná celá řada alkalických roztoků a solí. Nejrozšířenější v potravinovém balení je hydroxid vápenatý. Principem je velice spontánní chemická reakce, probíhající za běžných podmínek skladování, nevyžadující žádné další reaktanty (Rovnice 4) [33].



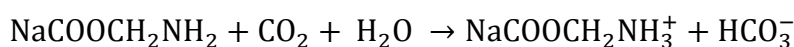
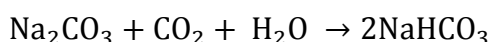
Rovnice 4 - Chemická reakce absorpce oxidu uhličitého hydroxidem vápenatým [33]

Jinou alternativou je uhličitan sodný. Ten reaguje s CO₂ za vzniku hydrogen uhličitanu sodného (Rovnice 5). Pro průběh reakce je nutné vlhké prostředí, což je jeden z nedostatků. Uplatnění má tak v balení potravin s vyšším obsahem vlhkosti nebo je nutné vytvořit vlhčí prostředí uměle. Ve srovnání s hydroxidem vápenatým má nižší absorpční kapacitu [33].



Rovnice 5 - Chemická reakce absorpce oxidu uhličitého uhličitanem sodným [33]

Oxid uhličitý může reagovat se solnými roztoky aminokyselin. Jednou z nich je glycinát sodný. Jelikož se jedná o kapalnou fázi, která není pro aplikaci vhodná, váže se na pevnou matici obsahující absorbent vlhkosti, nutný pro průběh reakce. Účinnější variantou je použití uhličitanu sodného nebo jeho kombinace s glycinátem sodným (Rovnice 6). Přínos těchto tří fólií byl prokázán balením hub v MAP [35].



Rovnice 6 - Schéma průběhu chemických reakcí při absorpci oxidu uhličitého glycinátem sodným [35]

Pro transport velkého množství čerstvých potravin v dopravních prostředcích se používá oxid vápenatý. Častá je kombinace CO₂ a O₂ absorbéru, pro oba účely se využívají sloučeniny železa [33].

4.2.2 Fyzikální absorbéry oxidu uhličitého

Fyzikální interakce je založena na adsorpci CO₂ na mikroporézní materiál. Míra adsorpce je závislá na objemu pórů, velikosti pórů a povrchové plochy. Určitý vliv má i vlhkost. Obecně platí, že malé množství vlhkosti zvyšuje sorpci na adsorbent, naopak nadměrná vlhkost proces sorpce inhibuje. Aktivní látka je umístěna ve formě prášku, granulí a malých bloků do sáčků nebo štítků [33].

Zeolit má trojrozměrnou strukturu s tetraedrických jednotek. Jejich sestavou se vytvářejí pórovité útvary, zachytávající molekuly plynu. Aktivní uhlí má amorfni strukturu s póry o poměrně velké velikosti. Kvůli nepolárnímu povrchu není adsorpce plynu tolik ovlivněna vlhkostí [33].

Účinky aktivního uhlí a zeolitu byly testovány v balení kimči. Jejich unikátností oproti chemickým absorbérům je vlastnost adsorpce a desorpce CO₂. V raném stádiu při balení a skladování, kdy je hodnota CO₂ vyšší je adsorbují. Naopak v pozdějším stádiu při nízké tvorbě CO₂ nebo po otevření obalu spotřebitelem dochází k jeho desorpci [36]. Adsorpce je exotermní reakcí, bude tedy lépe probíhat za nižších teplot [33]. Účinek zeolitu vykazuje efektivnější průběh obou dějů [36].

4.2.3 Komerčně dostupné absorbéry oxidu uhličitého

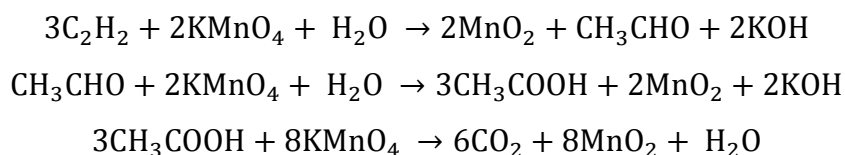
Chemické absorbéry jsou na trhu pod obchodními názvy Ageless® E, Evert-fresh green bags, Evert-fresh USA, Emco fresh technologies Ltd®, Lipmen® [28], Litholyne™. Fyzikální absorbéry pak jako Zeolite 4A nebo Active carbon [34].

4.3 Absorbéry ethylenu

Ethylen je látka patřící mezi rostlinné hormony, ale běžně je součástí i průmyslových zplodin, výfukových plynů nebo mikrobiální aktivity, ze kterých se může dostat do potravinového řetězce [37]. V ovoci a zelenině má po sklizni přirozený vliv na zrání, měknutí a celkové stárnutí, čímž rapidně snižuje jejich trvanlivost [38]. Důsledkem je, že ovoce a zelenina tvoří 50 % veškerých potravinových ztrát. Ze strany spotřebitele jde při výběru ke koupi hlavně o senzorickou

stránku, kterou vliv ethyleny snižuje. Vývoji technologií, které po sklizni odstraňují ethylen, je tak věnovaná velká pozornost [37].

Nejpoužívanější aktivní látkou je manganistan draselný. Principem je oxidace ethyleny na oxid uhličitý a vodu [37]. Ve skutečnosti je celý průběh o něco složitější a složen ze sérií reakcí s tvorbou acetaldehydu a kyseliny octové (Rovnice 7) [29]. Kvůli své toxicitě musí být manganistan imobilizovaný na nosný, porézní a inertní materiál, kterým mohou být jíly, zeolity, aktivní uhlí, silikagel, oxid hlinitý nebo vermikulit. Některé z nich mají samy schopnost adsorbovat ethylen, který poté manganistan zoxiduje [37].



Rovnice 7 - Schéma průběhu chemických reakcí při absorpci ethyleny manganistanem draselným [29]

Nosiče pro manganistan draselný lze využít i samostatně. Zeolity mohou být umístěny do sáčku nebo začleněny do fólií. Ke stejným účelům se používá aktivní uhlí. Pro efektivnější účinek se provádí impregnace palladiem. Omezením je kapacita adsorpce, nejsou tak vhodné pro balení ve velkých objemech [39].

Předmětem pozornosti jsou nyní kovy a oxidy kovů, které by byly začleněny přímo do struktury obalového materiálu. Například oxid titaničitý má schopnost oxidovat ethylen na oxid uhličitý a vodu. K aktivaci reakce je nutné UV nebo viditelné záření, jejichž vliv prokazatelně snižuje kvalitu. Otázkou je, zda právě tento faktor nebude kontraproduktivní. Pozitivní výsledky testů na čerstvě baleném ovoci poskytly do polymeru aplikované nanočástice stříbra, oxidu titaničitého a oxidu zinečnatého [20].

4.3.1 Komerčně dostupné absorbéry ethyleny

Ethylenové absorbéry jsou k dispozici pod názvy Purafil®, Air repair, ExtraLife, Fain, Bio-Fresh®, Neupalon™ nebo Ethylene eliminator pack [28].

4.4 Absorbéry vlhkosti

Nadměrná vlhkost je problémem balených potravin s vysokou aktivitou vody, tedy maso, drůbež, ryby a čerstvě balené produkty, u kterých podporuje nadměrný mikrobiální růst. Z pohledu spotřebitele je viditelná kapalina v prostředí obalu (voda, krev, jiná tekutina) pokládána za znak nehygienického až zkaženého produktu. Kritickou skupinou jsou suché potraviny. Působení

i velice nízké relativní vlhkosti při jejich balení a skladování, způsobuje změnu struktury, vzhledu a zkracuje jejich životnost [40].

Absorpci vody ovlivňuje typ absorbéru a jeho objem, síla vazby mezi molekulou vody a potravinou nebo teplota a množství již absorbované vlhkosti. Při navrhování absorpčního systému je rozhodující očekávaná trvanlivost daného výrobku [40].

Absorbéry vlhkosti lze rozdělit do dvou kategorií. Buď je regulátor umístěn v prostoru nad potravinou, ve formě sáčků, mikroporézních sáčků, popřípadě může být integrován i do podložek. Souhrnně se označují jako desikanty. Druhou kategorií jsou absorbéry aplikovány do podložek nebo povlaků pod potravinou v přímém kontaktu s ní. Týká se potravin s vysokou aktivitou vody. Je i vhodná pro koncepty balení jako MAP, vakuum nebo skin-pack. Přehled typů absorbérů vlhkosti je uveden v (Tab. 2) [40].

Tabulka 2 - Typy absorbérů vlhkosti [40]

Klasifikace	Absorbéry vlhkosti
Anorganické látky	Silikagel, zeolit, montmorillonit, chlorid vápenatý, chlorid hořečnatý, chlorid hlinitý, chlorid zinečnatý, chlorid lithný, octan draselný, bromid vápenatý, dusičnan vápenatý, oxid fosforečný, aktivní hliník, oxid vápenatý, oxid barnatý, chlorid sodný, chlorid draselný, uhličitan draselný, dusičnan amonný, bentonit, hexametafosforečnan sodný
Organické látky	Sorbitol, xylitol, fruktóza, celulóza a její deriváty (karboxymethylcelulózy), diethanolamin, triethanolamin
Látky na bázi polymeru	Škrobové kopolymery, polyvinylalkohol, absorpční pryskyřice
Další syntetizované	Škrobem roubovaný polyakrylát sodný

4.4.1 Organické absorbéry vlhkosti

Organické absorbéry jsou trendem teprve posledních let. Výzkum a inovace se zajímají převážně o účinky fruktózy a sorbitolu. Výhodou fruktózy je, že dokáže zadržovat vlhkost dlouhou dobu i při nízké hodnotě relativní vlhkosti. Sorbitolový prášek je úspěšně aplikován do balení zeleniny a hub s MAP [40].

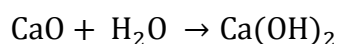
Celulóza a její deriváty slibují do budoucna velký potenciál. Například účinky karboxymethylcelulózy vykazují až osmkrát větší schopnost absorpce než v potravinářství běžně používané bavlněné obdélníkové absorbenty. Její nevýhodou je menší odolnost vůči hmyzu, záření a rozkladu [40].

Polysacharid galaktosylglukan získávaný ze semen Tamarindu indického, byl pozitivně testován ve formě aerogelu společně s absorbérem kyslíku na bázi galaktooxidázy. Svou povahou se ukázal vhodný pro balení masa [20].

Klasickým problémem aktivních obalů na bázi organických látek je cena a nižší absorpční kapacita ve srovnání s látkami anorganickými [40]. Přidávají se tak spíše do směsí s jinými typy absorbérů, jako je desikant oxidu vápenatého, sorbitolu a chloridu vápenatého a napomáhají k dosažení optimálního efektu, neboť nadměrná ztráta vlhkosti vede také ke snižování kvality produktu. Použití absorbéru by poté bylo bezvýznamné a neekonomické [20].

4.4.2 Anorganické absorbéry vlhkosti

Absorbéry na bázi anorganických látek zastávají největší podíl na trhu. Pro potraviny s nízkou relativní vlhkostí jsou plně postačující sáčky obsahující silikagel, oxid vápenatý (Rovnice 8), chlorid vápenatý, uhličitan draselný, chlorid draselný či bentonit. Velice vhodné jsou tyto látky i pro začlenění do polymerního materiálu, a to formou extruze, jelikož jejich tepelná odolnost je velice vysoká. Významnou schopnost přitahovat vlhkost má zeolit [40].



Rovnice 8 - Chemická reakce absorpce vlhkosti oxidem vápenatým [40]

Byl vyvinut regulátor vlhkosti na základě chloridu sodného a hygroskopického ionomeru. Jedná se o třívrstvý táč. Mezi bariérovou a těsnicí vrstvou je umístěna aktivní vrstva složená z chloridu sodného. Nosným polymerem pro částice soli je hygroskopický ionomer pěnové konzistence [20].

4.4.3 Absorbéry vlhkosti na bázi polymeru

Při procesu sušení kukuřice a obilí lze použít superabsorpční polymer polyakrylát sodný. Při testech prováděných během sušení kukuřice dokázal snížit obsah aflatoxinů, které jsou produkovány plísněmi na přijatelnou hodnotu, a to i za nižších teplot sušení (od 20 °C) [20].

Polyvinylalkohol (PVA) patří mezi hydrofilní biopolymery. Díky svým dobrým mechanickým vlastnostem je vhodný pro tvorbu aktivních fólií. PVA lze kombinovat i s jinými absorbéry. Známa je impregnace škrobem nebo extraktem ze zeleného čaje, druhá s uvedených kombinací přináší navíc i antioxidační ochranu [41].

S velkou perspektivou byly testovány i polymerní fólie na bázi celulózy a jejích derivátů [40].

4.4.4 Komerčně dostupné absorbéry vlhkosti

Na trhu lze dnes najít celou řadu druhů vlhkostních regulátorů, ať už jako sáčky, podložky, tácy nebo fólie. Například FreshPax Packets®, Fresh-R-Pack®, Dri-Loc®, Cryovac®, CHUNWANG, MeatGuard, MOISTCATCH™, SOCO® nebo Activ-Film™ [40].

4.5 Absorbéry látek způsobujících nežádoucí pachů a přípach

Senzorické znaky potravin jsou mnohdy problematické. Lidské smysly dokáží vnímat i velice nízký práh nežádoucích projevů. Spotřebitel na jejich základě často vyhodnotí negativní postoj vůči potravině, ačkoli z bezpečnostního hlediska je v pořádku.

Vznik nežádoucích pachů a chutí je spojen z mnohými vlivy. Největší podíl nesou reakce, které probíhají v balených potravinách, jako oxidace lipidů, rozklad bílkovin nebo anaerobní glykolýza. V jiných případech je třeba eliminovat přirozené složky některých potravin. Citrusové plody obsahují látku limonen, způsobující nahořklou chuť ovocných šťáv. Zdrojem zápa-chu mohou být i samotné obalové materiály dokonce i z řad aktivních obalů [42].

Svým způsobem jako absorbéry nežádoucích pachů a chutí lze označit již výše zmíněné druhy absorbérů, které podle svého specifického účinku eliminují iniciátory nežádoucích reakcí [42]. V případě, že se již těkavé sloučeniny (aldehydy, ketony, sulfidy či aminy) začnou hromadit, nestačí jejich vznik pouze potlačovat, ale je nutné je z prostředí balené potraviny odstranit. Aminy lze úspěšně oxidovat například kyselinou citrónovou a askorbovou nebo železnou solí [38].

4.6 Antimikrobiální aktivní obalové systémy

Mikrobiální kontaminace potravin je jedním z nejzávažnějších problémů. Řešení je aplikovat antimikrobiální látky přímo na povrch nebo do dané potraviny. Tento systém ale není zdaleka tak účinný, neboť průběh daných reakcí je velice těžko kontrolovatelný a antimikrobiální látka

může být spotřebována v průběhu jiných reakcí, než je její původní cílený účinek. Antimikrobiální systém aktivního balení je novou efektivnější technologií. Výhodou je, že množství aktivní antimikrobiální látky je značně nižší a reakce probíhají řízeným způsobem. Příznivější přijetí je i ze strany spotřebitele, z důvodu zvyšujícího se nároku, aby potravina obsahovala co nejméně přídavných látek.

Aktivní látka může fungovat více způsoby. Buďto inhibuje metabolické procesy, reprodukci nebo pozměňuje strukturu buněk. Principem je tzv. překážkový efekt, jedná se o kombinaci faktorů jako aktivita vody, pH, změna teploty nebo redoxní potenciál, které způsobí letalitu mikroorganismů, ale zároveň tyto vlivy nesmí znehodnotit výživové a organoleptické vlastnosti potraviny [43].

Aktivní složka je aplikována mnoha způsoby, běžné jsou sáčky, podložky a inkorporace do obalového materiálu. Stále nejpoužívanější zvláště díky nízké ceně, dobrým mechanickým a bariérovým vlastnostem, transparentností a inertností je použití biologicky nerozložitelných polymerních obalů, jako nylon, nízkohustotní polyethylen (LDPE), vysokohustotní polyethylen (HDPE) a polystyren. Z ekologických důvodů se ale vývoj zaměřuje na biologicky rozložitelné materiály z proteinů, lipidů, škrobu, chitosanu, kyseliny polymléčné atd. Přehled antimikrobiálních emitérů je uveden v (Tab. 3) [43].

Při vývoji antimikrobiálních aktivních obalů je třeba provést analýzu a brát v úvahu jisté faktory, neboť i malé množství antimikrobiální látky může pozměnit vlastnosti aktivní části obalu. Výběr aktivní látky je závislý na vlastnostech metody, kterými je umístěna na obalový materiál a jejich vzájemnou kompatibilitou. Rozhodující je teplotní odolnost, rozpustnost a rozdíl v polaritě. Důležité jsou fyzikálně-chemické vlastnosti potravin. Každá má svou specifickou mikroflóru, hodnotu pH, aktivitu vody a podmínky skladování. Všechny tyto faktory jsou rozhodující pro maximální efektivitu účinné látky [44].

Účinnost antimikrobiální aktivity obalových materiálů je určována několika metodami. Mezi nejznámější patří metoda JIS Z 2801. Porovnává se přežití bakterií na antimikrobiálně ošetřeném a srovnávacím neošetřeném materiálu, se kterým jsou v přímém kontaktu 24 hodin za teploty 35 °C. Většina studií je prováděna na živných půdách, které poskytují optimální podmínky pro výskyt mikroorganismů. Další metodou je stanovení minimální inhibiční koncentrace (MIC). Test je založen na sadě zkumavek, které obsahují daný mikroorganismus a materiál s určitým poměrem antimikrobiální látky. Po inkubaci se sleduje nejnižší koncentrace, která inhibovala viditelný růst mikroorganismu. Podrobnější informace o kinetice růstu mikroorganismů a antimikrobiálního materiálu poskytují tzv. dynamické testy. Cílový mikroorganismus se zaočkuje do tekutého média, například pufry, živné půdy nebo samotné potraviny. Takto

připravená kultura se poté umístí do kontaktu s aktivním materiálem. Celý systém se postupně protřepává, uchovává za daných podmínek a v různých časech se provádí odběr tekutého média pro kontrolu množství mikroorganismu [44].

Tabulka 3 - Typy antimikrobiálních emitérů [43]

Antimikrobiální složka	Obalový materiál	Potraviny	Mikroorganismus
Butylhydroxytoluen	HDPE	Cereálie	Plísně
Kyselina benzoová	PE	Tilápie	Bakterie
Sorbáty	LDPE	Živná půda	<i>S. cerevisiae</i>
Lysozym, nisin, EDTA	Sójový protein, zein	Živná půda	<i>E. coli</i> , <i>Lb. Plantarum</i>
Imobilizovaný lysozym	PVA, nylon	Živná půda	Test aktivity lysozymu
Nisin	Kukuřičný zein	Strouhaný sýr	Aerobní
Nisin, citrát, EDTA	PVC, LLDPE	Drůbež	<i>Sal. Typhimurium</i>
Benomyl	Ionomer	Sýry	Plísně
Imazalil	PE	Sýry	Plísně
Chitosan	Chitosan, papír	Jahody	<i>E. coli</i>
Semena grapefruitu	LDPE, nylon	Mleté hovězí	Koliformní, aerobní
Hřebíček	LDPE	Živná půda	<i>L. plantarium</i> , <i>E. coli</i>
Stříbrný zeolit	LDPE	Živná půda	<i>S. cerevisiae</i> , <i>E. coli</i>

4.6.1 Antimikrobiální obaly s esenciálními oleji a rostlinnými extrakty

Esenciální oleje jsou získávány z rostlin a patří mezi antimikrobiální látky přírodního původu, díky čemuž se těší velké popularitě a pozornosti. Jedná se o těkavé látky, tím pádem není nutný jejich přímý kontakt s potravinou, a tak nedochází k zásadní změně sensorických vlastností. Kromě antimikrobiální funkce mají i antioxidační schopnost [45]. Jsou bohaté na fenolické látky a těkavé terpenoidy, díky nimž mohou inhibovat rozsáhlé spektrum mikroorganismů. Účinně narušují strukturu cytoplazmatické membrány, aktivní transport a zabraňují syntéze

proteinů [43]. Jejich těkavost a tepelná degradace při přípravě aktivní polymerní fólie je omezením pro komerční využití. Výběr metody, kterou bude aktivní látka aplikována na materiál je tak rozhodující [45].

Mezi nepoužívanější esenciální oleje a rostlinné výtažky patří linalool, thymol, karvakrol, hřebíček, cinnamaldehyd a extrakt z bazalky. Účinný proti bakteriím *Listeria monocytogenes* je extrakt ze semen plodů révy vinné. U drůbeže balené v biologicky odbouratelných obalech obsahujících polyaktin, polyethylenglykol je snížen počet bakterií kyseliny mléčné a koliformních bakterií přidáním skořicového oleje. Široké využití má oregánový olej. V kombinaci s různými látkami dokáže inhibovat počet bakterií *Escherichia coli*, *Salmonella enterica*, *Listeria monocytogenes*, *Pseudomonas aeruginosa* nebo omezuje růst fytopatogenních plísní [43].

4.6.2 Antimikrobiální obaly s enzymy

Extrakcí vaječných bílků lze získat enzym lysozym, který se využívá pro eliminaci grampozitivních bakterií. Jeho účinnost se ještě zvýší přidáním detergentů nebo chelatačních činidel. V kombinaci s lactoferrinem omezuje i růst gramnegativních bakterií jako *Escherichia coli* a *Salmonella Typhimurium* [43].

4.6.3 Antimikrobiální obaly s chitosanem

Chitosan je látka získávaná deacetylací chitinu, který obsahují lastury korýšů. Jeho specifickou vlastností je, že patří mezi biopolymery. V případě aktivního balení z něj lze vytvořit povlaky a fólie, které aniž by obsahovaly jiné látky, samy o sobě aktivně prodlužují trvanlivost potravin. Lze do něj začlenit i další látky jako minerály a vitaminy a tím rozšířit jeho vlastnosti. Antimikrobiální účinnost chitosanu není stále jasně objasněna. Jedna z pravděpodobných teorií je založena na rozdílném náboji molekuly chitosanu a buněčné membrány mikroorganismu. Tato interakce způsobuje únik látek důležitých pro funkci dané buňky [46].

Na bázi chitosanu s přídavkem fermentovaného nápoje kombucha byla vyvinuta aktivní fólie proti bakteriím *Escherichia coli* a *Staphylococcus aureus*, testovaná na mletém hovězím mase. Mimo to se zvýšila i antioxidační kapacita, ochrana proti UV záření a zpomalení oxidace lipidů. Prokázána je antimikrobiálně-antioxidační aktivita po přídavku rostlinných extraktů, esenciálních olejů a vitaminů [46].

4.6.4 Antimikrobiální obaly s organickými kyselinami

Kyselina sorbová a její soli, označované jako sorbáty, jsou v potravinářském průmyslu široce využívány jako konzervační látky. Díky schopnosti měnit enzymy, například dehydrogenázu ve stabilnější látky a tím zhoršovat procesy probíhající v buňkách, se řadí i mezi účinné antimikrobiální látky. Aplikace na obalový materiál je většinou prováděna metodou licího roztoku. Určitým omezením je pH, při překročení hodnoty pH 6,5 ztrácí kyselina sorbová své antimikrobiální vlastnosti. Prokázána je inhibice kvasinek rodu *Brettanomyces*, *Candida*, *Hansenula*, *Debaryomces*, *Torulopsis*, plísní *Alternaria*, *Aspergillus*, *Botrytis*, *Penicillium*, *Mucor*, *Fusarium* a bakterií *Escherichia coli*, *Staphylococcus* a *Listeria monocytogenes* [45].

Další s účinných látek je kyselina benzoová, přirozeně se vyskytující v ovoci a zelenině. Jejím přidáním do LDPE fólií je snížena činnost plísní a některých bakterií jako *Bacillus cereus*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* nebo *Pseudomonas fluorescens*. Kyselina octová s přídavkem karvakrolu je smrtelná pro rod *Salmonella* [45]. Antimikrobiální vlastnosti mají kyselina vinná a kyselina jablečná, ačkoliv inhibice je podstatně nižší ve srovnání s výše uvedenými organickými kyselinami, v prostředí vakua dokáží potlačit růst salmonely [47].

4.6.5 Antimikrobiální obaly s bakteriociny

Bakteriociny jsou produkty antimikrobiálních peptidů bakterií, působící proti jiným bakteriím [43]. Jsou to pozitivně nabitě látky s hydrofóbními skupinami. Jelikož buněčná membrána obsahuje fosfátové skupiny, které jsou negativně nabitě, dochází mezi nimi k elektrostatické interakci, tedy navázání bakteriocinu na membránu. Hydrofóbní skupiny pak mohou vytvořit ve struktuře membrány póry a tím buňku poškodit [48].

Nejdiskutovanějším z hlediska aktivního balení je nisin. Jedná se o produkt bakterie *Lactococcus lactis* a v potravinářství je již široce využíván jako konzervační látka. Díky zachování svých vlastností i po různých procesech zpracování jako pasterizace či sterilace, je vhodný pro tvorbu aktivních obalových materiálů. Z hlediska podmínek je prokázáno, že aktivita nisinu v obalovém materiálu je vyšší při nižším pH a vysoké teplotě. Cílovým účinkem nisinu jsou grampozitivní bakterie, zatímco vliv na inhibici gramnegativních bakterií, kvasinek a plísní je minimální. Tento nedostatek se dá vyřešit kombinací s jinými antimikrobiálními látkami, například sorbáty a benzoátem sodným [49].

Dalšími zkoumanými látkami a potenciálními aktivními složkami v antimikrobiálním balení jsou bakteriociny Pediocin PA-1, Lakticin 3147 nebo Enterocin A [49].

4.6.6 Antimikrobiální obaly s anorganickými látkami

Anorganické látky jsou aplikovány ve formě nanočástic. Ty inhibují mikroorganismy oxidací fosfolipidů v buněčné membráně za tvorby kyslíkových a hydroxylových radikálů [43]. Nejstudovanější jsou vlastnosti nanočástic oxidu titaničitého. K jejich aktivaci je potřeba elektromagnetické záření o vlnové délce 384 nm, kdy se na jejich povrchu začnou tvořit kyslíkové radikály, které způsobí peroxidaci polynenasycených fosfolipidů ve struktuře buněčné membrány. Tím se zpustí řetězová reakce, kdy poškozená molekula působí jako volný radikál na vedlejší molekulu [50].

Nanočástice oxidu titaničitého inhibují bakterie *Escherichia coli*, při vystavení UV záření v délce jedné hodiny byly nanočástice účinné navíc i proti bakteriím *Staphylococcus aureus*. Dalšími účinnými nanočásticemi jsou oxid zinečnatý, stříbro [43], měď, selen, zlato, oxid manganatý, oxid křemičitý, oxid hlinitý nebo oxid vápenatý [50].

4.6.7 Emitéry oxidu uhličitého a ethanolu

Ačkoli v praxi aktivního balení se lze setkat spíše s obaly, jejichž funkcí je oxid uhličitý absorbovat, v určitých případech se naopak do potravin záměrně uvolňuje za účelem eliminovat mikrobiální kontaminaci.

Způsoby, kterými oxid uhličitý zabraňuje účinku antimikrobiálních látek je změna jejich buněčné membrány, narušení funkce enzymů nebo změna pH. Všechny tyto aspekty prodlužují dobu lag-fáze a tím oddalují mikrobiální růst [51]. V praxi se využívá pro balení ovoce, zeleniny a masných produktů, pro inhibici gramnegativních bakterií a plísní [52]. K tomu, aby se oxid uhličitý začal uvolňovat, jsou zapotřebí dvě aktivní látky, jedná se o hydrogenuhličitan sodný a organickou kyselinu. Celá reakce začíná v momentě, kdy tekutina z dané potraviny začne rozpouštět aktivní látky. Kyselina způsobí pokles pH až na hodnotu, při které hydrogenuhličitan sodný začne tvořit nedisociovanou kyselinu uhličitou a oxid uhličitý. Aplikace se realizuje buď formou sáčků nebo podložek, které jsou umístěny pod potravinou a jejich použití je víceúčelové. Kromě antimikrobiální činnosti slouží jako absorbéry vlhkosti a pokud se jako organická kyselina zvolí například kyselina askorbová, je prokázán její antioxidační účinek a absorpce kyslíku [51].

Antimikrobiální účinek ethanolu je na druhou stranu vhodný pro suché a sušené potraviny nebo pekařské produkty. Aktivní je směs ethanolu a vody, absorbována na oxid křemičitý, která je umístěna v sáčcích. Dochází k reakci, která generuje páry ethanolu. Tento systém inhibuje růst plísní a kvasinek [52].

5 AKTIVNÍ BALENÍ A ZDRAVOTNÍ RIZIKA

Veškeré aktivní obalové materiály, které se v dnešní době používají v potravinářském průmyslu, nesmí být zdraví ohrožující. Proto výběr daných aktivních látek a zejména jejich množství musí být zvoleno tak, aby jejich použití bylo bezpečné a nezpůsobovalo intoxikaci. I přesto existují určitá zdravotní rizika, ať už spojena s přirozeným uvolňováním aktivní látky do prostoru potraviny, poškozením obalu nebo nevhodným zacházením ze strany spotřebitele.

Ačkoli každý aktivní obalový materiál, který se vyskytuje samostatně mimo klasický obal, v praxi se jedná o sáčky nebo podložky, je označen znakem „NEJEZTE“, dochází k jejich požití. Důvodem je nepozornost spotřebitele, který jej považuje za jednu z ingrediencí a součást potraviny nebo nezáměrné poškození během otevírání nebo jiné manipulace. Aktivní látka se tak dostává do organismu požitím, vdechnutím nebo kontaktem s kůží a může v závislosti na své povaze a náchylnosti spotřebitele vůči dané látce způsobit určité zdravotní obtíže.

Oxidy železa využívané pro absorpci kyslíku mohou způsobovat horečku, celkovou tělesnou slabost, kašel nebo pneumokoniózu [27]. Mnohé esenciální oleje vhodné pro antimikrobiální aktivním balení způsobují při kontaktu s kůží alergickou reakci [49].

Předmětem zájmu výzkumu i veřejnosti jsou obalové materiály obsahující nanočástice. Jelikož se jedná o čím dál více využívané materiály, je nutností sledovat jejich možná zdravotní rizika. EFSA v roce 2018 zveřejnila pokyny k posuzování rizik vyplývajících z používání nanotechnologií v potravinářském průmyslu. Ty zkoumají fyzikální vlastnosti, důsledky akutní i chronické expozice a mají celkově charakterizovat rizika nanotechnologií. Jako krizové faktory jsou v debatě velikost, morfologie, toxicita, rychlost migrace a spotřeba nanočástic. Doposud nejsou specifické právní předpisy, které by jasně prokazovaly zdravotní rizika či naopak bezpečí dané nanočástice, neboť dosavadní výzkumy nepřinesly přesvědčivé závěry [53].

ZÁVĚR

System aktivního balení je jedním ze současných trendů v oblasti balení potravin. Zájem jak ze strany vědců, firem, tak spotřebitelů vykazuje stále zvyšující se tendenci. Hlavním potenciálem je poskytovat kvalitní potraviny s delší dobou životnosti, oddalovat tak dobu jejich přirozené zkázy či otevřít nové možnosti vyvážet určité typy potravin do vzdálenějších destinací, aniž by došlo k jejich znehodnocení.

Se zvyšujícím se důrazem na ekologickou šetrnost je největší výzvou inovovat aktivní obalové materiály tak, aby jejich složení bylo zejména z látek získaných z přírodních zdrojů a jejich likvidace či recyklace měla co nejmenší negativní dopad na životní prostředí. Důležité je také, aby finanční náklady na jejich výrobu splňovaly možnosti ekonomických subjektů a mohlo dojít k jejich komerčnímu využití.

POUŽITÁ LITERATURA

- [1] Nařízení 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: *EUR-Lex* [online]. 2004 [cit. 2019-03-03]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/HTML/?uri=CELEX:32004R1935&from=CS>
- [2] Směrnice Evropského parlamentu a Rady 94/62/ES ze dne 20. prosince 1994 o obalech a obalových odpadech. In: *EUR-Lex* [online]. 1994 [cit. 2019-03-03]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/HTML/?uri=CELEX:31994L0062&from=CS>
- [3] DOBIÁŠ, Jaroslav. Legislativní úprava požadavků na obaly a obalové materiály. In: *Potravinový info* [online]. 2015 [cit. 2019-03-30]. Dostupné z: https://www.potravinovy-info.cz/33/legislativni-uprava-pozadavku-na-obaly-a-obalove-materialy-uniquei-dmRRWSbk196FNf8-jVUh4ElG4bOD1NIXlQqdDP_c0ETyw9PBWuC7BmQ/
- [4] Nařízení Komise (ES) č. 450/2009 ze dne 29. května 2009 o aktivních a inteligentních materiálech a předmětech určených pro styk s potravinami. In: *EUR-Lex* [online]. 2009 [cit. 2019-03-03]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/HTML/?uri=CELEX:32009R0450&from=CS>
- [5] Příloha I: Symbol. In: *EUR-Lex: Nařízení Komise (ES) č. 450/2009 ze dne 29. května 2009 o aktivních a inteligentních materiálech a předmětech určených pro styk s potravinami* [online]. 2009 [cit. 2019-03-31]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/HTML/?uri=CELEX:32009R0450&from=CS>
- [6] BAUGHAN, J.S. *Global Legislation for Food Contact Materials*. Woodhead Publishing, 2015, s. 195-197. ISBN 978-1-78242-014-9.
- [7] Generally Recognized as Safe (GRAS). *Fda* [online]. 2018 [cit. 2019-05-23]. Dostupné z: <https://www.fda.gov/food/food-ingredients-packaging/generally-recognized-safe-gras>
- [8] DRÁPAL, J., J. HAJŠLOVÁ, M. JECHOVÁ, et al. *Aktivní a inteligentní obalové systémy pro balení potravin* [online]. 2008 [cit. 2019-02-12]. Dostupné z: http://czvp.szu.cz/vedvybor/dokumenty/informace/info_2007_22_deklas_FCM.pdf

- [9] Které údaje jsou povinné na etiketách potravin?. In: *EAGRI* [online]. 2016 [cit. 2019-03-30]. Dostupné z: <http://eagri.cz/public/web/mze/potraviny/casto-kladene-dotazy/ktere-udaje-jsou-povinne-na-etiketach.html>
- [10] JAROŠ, Tomáš. Ako na marketing: Obal je rovnako dôležitý ako výrobok. *Print progress* [online]. 2016, (2) [cit. 2019-03-07]. ISSN 1336-281X. Dostupné z: <https://print-progress.sk/ako-na-marketing-obal-je-rovnako-dolezity-ako-vyrobok/>
- [11] LANGTHALER, Jan. *Historie balení* [online]. 2008 [cit. 2019-02-12]. Dostupné z: http://www.odbornaskola.cz/joomla/images/stories/historie_obalov_techiky.pdf
- [12] KIM, Young Teck, Byungjin MIN a Kyung Won KIM. General Characteristics of Packaging Materials for Food System. HAN, Jung H. *Innovations in Food Packaging (2nd Edition)* [online]. 2nd ed. Elsevier, 2014, s. 13-33 [cit. 2019-02-12]. ISBN 978-0-12-394835-9. Dostupné z: <https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt00C66S13/innovations-in-food-packaging/general-ch-introduction>
- [13] NESIC, Aleksandra R. a Sanja I. SESLIJA. The Influence of Nanofillers on Physical-Chemical Properties of Polysaccharide-Based Film Intended for Food Packaging. GRU-MEZESCU, Alexandru Mihai. *Food Packaging-Nanotechnology in the Agri-Food Industry, Volume 7* [online]. Elsevier, 2017, s. 642-644 [cit. 2019-02-12]. ISBN 978-0-12-804373-8. Dostupné z: <https://app.knovel.com/hotlink/toc/id:kpFPNAFIV2/food-packaging-nanotechnology/food-packaging-nanotechnology>
- [14] ELIAS, Hans-Georg a Rolf MÜLHAUPT. *Plastics, General Survey, 5. Plastics and Sustainability* [online]. Wiley-VCH, 2015 [cit. 2019-02-12]. Dostupné z: https://doi.org/10.1002/14356007.t20_t04
- [15] LUCERA, A., A. CONTE a M.A. DEL NOBILE. Chapter 25 - Volatile Compounds Usage in Active Packaging Systems. BARROS-VELÁZQUEZ, Jorge. *Antimicrobial Food Packaging* [online]. Elsevier, 2016, s. 319-327 [cit. 2019-02-12]. ISBN 978-0-12-800810-2. Dostupné z: <https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt010WNPI1/antimicrobial-food-packaging/volatile-c-introduction>
- [16] CATALÁ, R., P. HERNÁNDEZ-MUÑOZ a R. GAVARA. Active Environmentally Compatible Food Packaging. CHIPELLINI, Emo. *Environmentally Compatible Food Packaging* [online]. Woodhead Publishing, 2008, s. 419-433 [cit. 2019-02-12]. ISBN 978-1-84-

- 569478-4. Dostupné z: <https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt0062GAH1/environmentally-compatible/active-environmentally-introduction>
- [17] SCULLY, Andrew. Active packaging. YAM, Kit L. *Wiley Encyclopedia of Packaging Technology (3rd Edition)* [online]. John Wiley & Sons, 2009, s. 2-8 [cit. 2019-02-13]. ISBN 978-1-62198-216-6. Dostupné z: <https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt00ADEG68/wiley-encyclopedia-packaging/active-packaging>
- [18] OTONI, Caio G., Paula J.P. ESPITIA, Roberto J. AVENA-BUSTILLOS a Tara H. MCHUGH. Trends in Antimicrobial Food Packaging Systems: Emitting Sachets and Absorbent Pads. *Food Research International* [online]. Elsevier, 2016, **83**, s. 60-73 [cit. 2019-02-13]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2016.02.018>
- [19] EU Guidance to the Commission Regulation (EC) No 450/2009 of 29 May 2009 on active and intelligent materials and articles intended to come into contact with food. [online]. 2011 [cit. 2019-03-30]. Dostupné z: https://ec.europa.eu/food/sites/food/files/safety/docs/cs_fcm_legis_active-intelligent_guidance.pdf
- [20] YILDIRIM, Selçuk, Bettina RÖCKER, Marit Kvalvåg PETTERSEN, et al. Active Packaging Applications for Food. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* [online]. 2017, **17**(1), 165-199 [cit. 2019-02-13]. ISSN 1541-4337. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12322>
- [21] SOSNOVCOVÁ, Jitka. Legislativa pro aktivní a inteligentní materiály a předměty a její požadavky. In: *Základy bezpečnosti předmětů běžného užívání určených pro styk s potravinami a pokrmy* [online]. Praha, 2013 [cit. 2019-02-13]. Dostupné z: http://www.khshk.cz/e-learning/kurs8/48_legislativa_pro_aktivn_a_inteligentn_materily_a_pedmty_a_jej_poadavky.html
- [22] BASTARRACHEA, Luis J., Dana E. WONG, Maxine J. ROMAN, Zhuangsheng LIN a Julie M. GODDARD. Active Packaging Coatings. *Coatings* [online]. 2015, **5**(4), 771-791 [cit. 2019-02-13]. ISSN 2079-6412. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/283683716_Active_Packaging_Coatings
- [23] VASILE, Cornelia. Polymeric Nanocomposites and Nanocoatings for Food Packaging: A Review. *Materials* [online]. 2018, **11**(10) [cit. 2019-03-30]. DOI: 10.3390/ma11101834. ISSN 1996-1944. Dostupné z: <http://www.mdpi.com/1996-1944/11/10/1834>

- [24] WONG, Dana E., Joey N. TALBERT a Julie M. GODDARD. Layer by Layer Assembly of a Biocatalytic Packaging Film: Lactase Covalently Bound to Low-Density Polyethylene. *Journal of Food Science* [online]. 2013, **78**(6), 853-860 [cit. 2019-02-13]. ISSN 1750-3841. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/1750-3841.12134>
- [25] LIN, Zhuangsheng, Eric A. DECKER a Julie M. GODDARD. Preparation of Metal Chelating Active Packaging Materials by Laminated Photografting. *Journal of Coatings Technology and Research* [online]. 2016, **13**(2), 395-404 [cit. 2019-02-13]. ISSN 1547-0091. Dostupné z: <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11998-015-9767-z>
- [26] BASTARRACHEA, Luis J., Dana E. WONG, Maxine J. ROMAN, Zhuangsheng LIN a Julie M. GODDARD. Summary of Coating Technologies. *Coatings* [online]. 2015, **5**(4), 772 [cit. 2019-02-13]. ISSN 2079-6412. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/283683716_Active_Packaging_Coatings
- [27] GAIKWAD, Kirtiraj K., Suman SINGH a Youn Suk LEE. Oxygen Scavenging Films in Food Packaging. *Environmental Chemistry Letters* [online]. 2018, **16**(2), 523-538 [cit. 2019-03-30]. DOI: 10.1007/s10311-018-0705-z. ISSN 1610-3653. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/s10311-018-0705-z>
- [28] GAIKWAD, Kirtiraj K. a Youn Suk LEE. Current Scenario of Gas Scavenging Systems Used in Active Packaging – A Review. *Korean Journal of Packaging Science and Technology* [online]. 2017, **23**(2), 109-117 [cit. 2019-03-30]. DOI: 10.20909/ko-past.2017.23.2.109. ISSN 1226-0207. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/319617983_Current_Scenario_of_Gas_Scavenging_Systems_Used_in_Active_Packaging_-_A_Review
- [29] VOICU, Gh., G.A. CONSTANTIN, E.M. STEFAN, P. TUDOR a M.G. MUNTEANU. Some Aspects Regarding the Active Packaging of Food Products / Unele Aspecte Privind Ambalarea Activa a Produselor Alimentare. *International Symposium ISB-INMA TEH 2018: Agrecultural and Mechanical Engineering* [online]. Rumunsko, 2018, 661-666 [cit. 2019-03-31]. Dostupné z: <https://www.researchgate.net/publication/328768229>
- [30] SOUZA, Renato, Geany PERUCH a Ana Clarissa dos SANTOS PIRES. Oxygen Scavengers: An Approach on Food Preservation. *Structure and Function of Food Engineering* [online]. InTech, 2012 [cit. 2019-03-30]. DOI: 10.5772/48453. ISBN 978-953-51-

0695-1. Dostupné z: <http://www.intechopen.com/books/structure-and-function-of-food-engineering/oxygen-scavengers-an-approach-on-food-preservation>

- [31] ŠČETAR, Mario, Irena BARUKČIĆ, Mia KUREK, Katarina LISAK JAKOPOVIĆ, Rajka BOŽANIĆ a Kata GALIĆ. Packaging Perspective of Milk and Dairy Products. *Mljekarstvo* [online]. 2018, **69**(1), 3-20 [cit. 2019-03-31]. DOI: 10.15567/mljeKarstvo.2019.0101. ISSN 1846-4025. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/329809548_Packaging_perspective_of_milk_and_dairy_products
- [32] FreshMax: Self-Adhesive Oxygen Absorbers. In: *Multisorb* [online]. [cit. 2019-03-31]. Dostupné z: <https://www.multisorb.com/en-US/oxygen-control/self-adhesive-oxygen-absorber-freshmax>
- [33] LEE, Dong Sun. Carbon Dioxide Absorbers for Food Packaging Applications. *Trends in Food Science & Technology* [online]. 2016, **57**, 146-155 [cit. 2019-04-09]. DOI: 10.1016/j.tifs.2016.09.014. ISSN 09242244. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0924224416302278>
- [34] HAN, Jia-Wei, Luis RUIZ-GARCIA, Jian-Ping QIAN, Xin-Ting YANG a YANG. Food Packaging: A Comprehensive Review and Future Trends. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*[online]. 2018, **17**(4), 860-877 [cit. 2019-04-09]. DOI: 10.1111/1541-4337.12343. ISSN 15414337. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1111/1541-4337.12343>
- [35] WANG, Hong Jiang, Duck Soon AN, Jong-Whan RHIM a Dong Sun LEE. A Multifunctional Biofilm Used as an Active Insert in Modified Atmosphere Packaging for Fresh Produce. *Packaging Technology and Science* [online]. 2015, **28**(12), 999-1010 [cit. 2019-04-09]. DOI: 10.1002/pts.2179. ISSN 08943214. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1002/pts.2179>
- [36] JAISAN, Chalalai, Duck Soon AN a Dong Sun LEE. Application of Physical Gas Absorbers in Manipulating the CO₂ Pressure of Kimchi Package. *Journal of Food Science* [online]. 2018, **83**(12), 3002-3008 [cit. 2019-04-09]. DOI: 10.1111/1750-3841.14383. ISSN 0022-1147. Dostupné z: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/1750-3841.14383>

- [37] ÁLVAREZ-HERNÁNDEZ, Marianela Hazel, Francisco ARTÉS-HERNÁNDEZ a Felipe ÁVALOS-BELMONTES et al. Current Scenario of Adsorbent Materials Used in Ethylene Scavenging Systems to Extend Fruit and Vegetable Postharvest Life. *Food and Bioprocess Technology* [online]. 2018, **11**(3), 511-525 [cit. 2019-04-10]. DOI: 10.1007/s11947-018-2076-7. ISSN 1935-5130. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/s11947-018-2076-7>
- [38] BIJI, K. B., C. N. RAVISHANKAR, C. O. MOHAN a T. K. SRINIVASA GOPAL. Smart Packaging Systems for Food Applications: a Review. *Journal of Food Science and Technology* [online]. 2015, **52**(10), 6125-6135 [cit. 2019-04-10]. DOI: 10.1007/s13197-015-1766-7. ISSN 0022-1155. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/s13197-015-1766-7>
- [39] PATHAK, Namrata, Oluwafemi J. CALEB, Martin GEYER, Werner B. HERPPICH, Cornelia RAUH a Pramod V. MAHAJAN. Photocatalytic and Photochemical Oxidation of Ethylene: Potential for Storage of Fresh Produce—a Review. *Food and Bioprocess Technology* [online]. 2017, **10**(6), 982-1001 [cit. 2019-04-10]. DOI: 10.1007/s11947-017-1889-0. ISSN 1935-5130. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/s11947-017-1889-0>
- [40] GAIKWAD, Kirtiraj K., Suman SINGH a Abdellah AJJI. Moisture Absorbers for Food Packaging Applications. *Environmental Chemistry Letters* [online]. [cit. 2019-04-15]. DOI: 10.1007/s10311-018-0810-z. ISSN 1610-3653. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/s10311-018-0810-z>
- [41] CHEN, Chen-Wei, Jing XIE, Fu-Xin YANG, et al. Development of Moisture-Absorbing and Antioxidant Active Packaging Film Based on Poly (vinyl alcohol) Incorporated with Green Tea Extract and its Effect on The Quality of Dried Eel. *Journal of Food Processing and Preservation* [online]. 2018, **42**(1) [cit. 2019-04-16]. DOI: 10.1111/jfpp.13374. ISSN 01458892. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1111/jfpp.13374>
- [42] KUMAR, K. Vinay Pramod, W. Jessie SUNEETHA a B. Anila KUMARI. Active Packaging Systems in Food Packaging for Enhanced Shelf Life. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry* [online]. 2018, **7**(6), 2044-2046 [cit. 2019-04-24]. ISSN 2278-4136. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/330010066_Active_packaging_systems_in_food_packaging_for_enhanced_shelf_life

- [43] SOFI, S.A., Jagmohan SINGH, Shafiya RAFIQ, Umaymah ASHRAF, B.N. DAR a Gulzar Ahmad NAYIK. A Comprehensive Review on Antimicrobial Packaging and its Use in Food Packaging. *Current Nutrition & Food Science* [online]. 2018, **14**(4), 305-312 [cit. 2019-05-04]. DOI: 10.2174/1573401313666170609095732. ISSN 15734013. Dostupné z: <http://www.eurekaselect.com/153059/article>
- [44] CONTRERAS, Cintia B., German CHARLES, Ricardo TOSELLI a Miriam C. STRUMIA. Antimicrobial Active Packaging. *Biopackaging* [online]. CRC Press, 2017, 36-58 [cit. 2019-05-04]. DOI: 10.1201/9781315152349-3. ISBN 9781315152349. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/316276670_Antimicrobial_Active_Packaging
- [45] DIBLAN, Sevgin a Sevim KAYA. Antimicrobials Used in Active Packaging Films. *Food and Health* [online]. 2018, 63-79 [cit. 2019-05-04]. DOI: 10.3153/JFHS18007. ISSN 26022834. Dostupné z: <http://www.scientificwebjournals.com/JFHS/Vol4/issue1/FH18007.pdf>
- [46] ASHRAFI, Azam, Maryam JOKAR a Abdorreza MOHAMMADI NAFCHI. Preparation and Characterization of Biocomposite Film Based on Chitosan and Kombucha Tea as Active Food Packaging. *International Journal of Biological Macromolecules* [online]. 2018, **108**, 444-454 [cit. 2019-05-04]. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2017.12.028. ISSN 01418130. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0141813017321426>
- [47] SOHAIB, Muhammad, Faqir Muhammad ANJUM, Muhammad Sajid ARSHAD a Ubaid Ur RAHMAN. Postharvest Intervention Technologies for Safety Enhancement of Meat and Meat Based Products; a Critical Review. *Journal of Food Science and Technology* [online]. 2016, **53**(1), 19-30 [cit. 2019-05-05]. DOI: 10.1007/s13197-015-1985-y. ISSN 0022-1155. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/s13197-015-1985-y>
- [48] MOUSAVI KHANEGHAH, Amin, Seyed Mohammad Bagher HASHEMI a Sara LIMBO. Antimicrobial Agents and Packaging Systems in Antimicrobial Active Food Packaging: An Overview of Approaches and Interactions. *Food and Bioprocess Processing* [online]. 2018, **111**, 1-19 [cit. 2019-05-07]. DOI: 10.1016/j.fbp.2018.05.001. ISSN 09603085. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0960308518302785>
- [49] SANTOS, Johnson C.P., Rita C.S. SOUSA, Caio G. OTONI, et al. Nisin and Other Antimicrobial Peptides: Production, Mechanisms of Action, and Application in Active Food

- Packaging. *Innovative Food Science & Emerging Technologies* [online]. 2018, **48**, 179-194 [cit. 2019-05-06]. DOI: 10.1016/j.ifset.2018.06.008. ISSN 14668564. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1466856417313401>
- [50] HOSEINNEJAD, Mahmoud, Seid Mahdi JAFARI a Iman KATOUZIAN. Inorganic and Metal Nanoparticles and Their Antimicrobial Activity in Food Packaging Applications. *Critical Reviews in Microbiology* [online]. 2017, **44**(2), 161-181 [cit. 2019-05-08]. DOI: 10.1080/1040841X.2017.1332001. ISSN 1040-841X. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/317337265_Inorganic_and_metal_nanoparticles_and_their_antimicrobial_activity_in_food_packaging_applications
- [51] VILELA, Carla, Mia KUREK, Zvi HAYOUKA, et al. A Concise Guide to Active Agents for Active Food Packaging. *Trends in Food Science & Technology* [online]. 2018, **80**, 212-222 [cit. 2019-05-08]. DOI: 10.1016/j.tifs.2018.08.006. ISSN 09242244. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0924224418302760>
- [52] ALTAF, Uzma, Varsha KANOJIA a A ROUF. Novel Packaging Technology for Food Industry. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry* [online]. 2018, **7**(1), 1618-1625 [cit. 2019-05-08]. ISSN 2278-4136. Dostupné z: <http://www.phytojournal.com/archives/2018/vol7issue1/PartV/7-1-328-377.pdf>
- [53] SOTHORNVIT, Rungsinee. Nanostructured Materials for Food Packaging Systems: New Functional Properties. *Current Opinion in Food Science* [online]. 2019, **25**, 82-87 [cit. 2019-05-18]. DOI: 10.1016/j.cofs.2019.03.001. ISSN 22147993. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2214799318301760>