

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta

Katedra technologických zařízení staveb



Aktivní a inteligentní systémy balení

bakalářská práce

Vedoucí diplomové práce: Ing. Andrea Smejtková, Ph.D.

Autor práce: Daniel Filip

© 2021 ČZU v Praze

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Daniel Filip

Zemědělské inženýrství

Informační a řídicí technika v agropotravinářském komplexu

Název práce

Aktivní a inteligentní systémy balení

Název anglicky

Active and intelligent packaging systems

Cíle práce

Seznámit se se systémy balení, rozlišit aktivní a inteligentní systémy balení. Posoudit jejich vliv na kvalitu potravin.

Metodika

Obsah:

1. Úvod
2. Cíl práce
3. Metodika práce
4. Aktivní systémy balení
5. Inteligentní systémy balení
6. Skladování ovoce
7. Diskuse a závěry
8. Seznam použité literatury

Doporučený rozsah práce

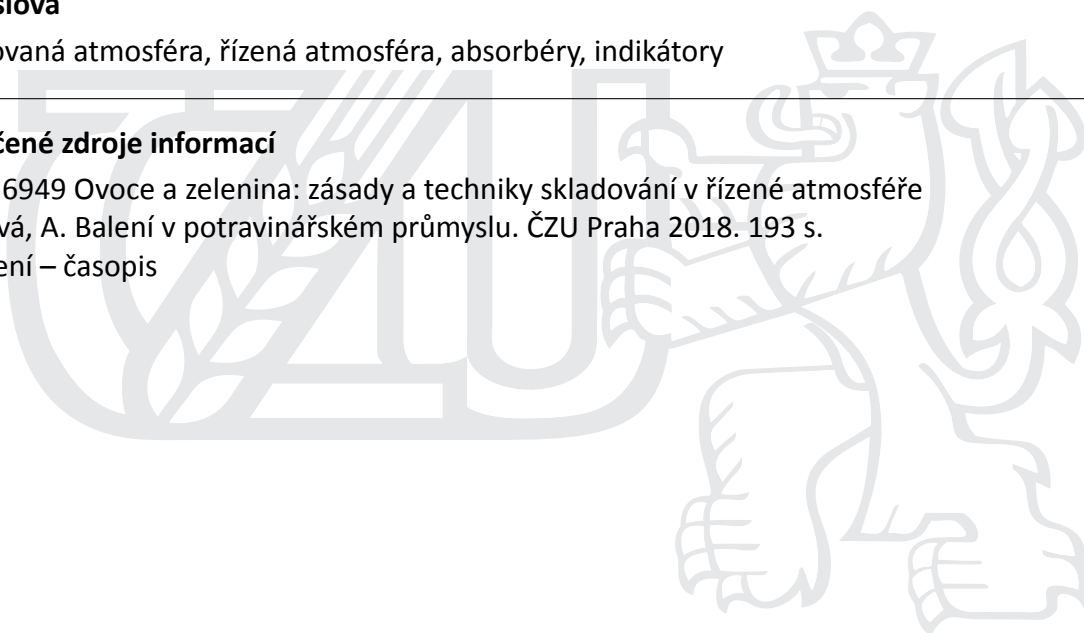
30 – 40

Klíčová slova

modifikovaná atmosféra, řízená atmosféra, absorbéry, indikátory

Doporučené zdroje informací

ČSN ISO 6949 Ovoce a zelenina: zásady a techniky skladování v řízené atmosféře
Smejtková, A. Balení v potravinářském průmyslu. ČZU Praha 2018. 193 s.
Svět balení – časopis



Předběžný termín obhajoby

2020/2021 LS – TF

Vedoucí práce

Ing. Andrea Smejtková, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra technologických zařízení staveb

Elektronicky schváleno dne 3. 3. 2020

doc. Ing. Jan Malaták, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 10. 2. 2021

doc. Ing. Jiří Mašek, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 02. 05. 2021

Čestné prohlášení

„Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma: Aktivní a inteligentní systémy balení vypracoval samostatně a použil jen pramenů, které cituji a uvádím v seznamu použitých zdrojů.

Jsem si vědom, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby.

Jsem si vědom, že moje bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitní databázi a bude veřejně přístupná k nahlédnutí.

Jsem si vědom že, 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, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.“

V Praze dne 14.5.2021

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval vedoucí mé práce Ing. Andree Smejtkové, Ph.D. za její pomoc, dobré připomínky, cenné rady a čas, který mi věnovala při tvorbě této práce. V neposlední řadě také děkuji své rodině a přátelům za jejich neustálou podporu během celého mého studia.

Aktivní a inteligentní systémy balení

Abstrakt

Cílem této bakalářské práce je nashromáždit a zpracovat informace ohledně aktivních a inteligentních systémů balení, do kterých je zahrnuta také kapitola řízené a modifikované atmosféry. První část práce je zaměřena na popis a využití absorbérů a emitörů aktivních systémů, druhá popisuje indikátory a prvky inteligentního balení a jeho principy. Třetí část práce je zaměřena na skladování ovoce a řízenou atmosféru z praktického hlediska.

Klíčová slova: absorbéry; emitory; desikanty; indikátory; modifikovaná atmosféra; řízená atmosféra; skladování ovoce

Active and intelligent packaging systems

Summary

The aim of this bachelor thesis is to collect and process information about active and intelligent packaging systems, which also includes a chapter on controlled and modified atmosphere. The first section of the work is focused on the description and use of absorbers and emitters of active systems, the second describes the indicators and elements of intelligent packaging and its principles. The third section of the work is focused on fruit storage and a controlled atmosphere from a practical point of view.

Keywords: absorbers; emitters; desiccants; indicators; modified atmosphere; controlled atmosphere; fruit storage

Obsah

1	Úvod	1
2	Cíl práce	2
3	Metodika práce	3
4	Aktivní balení	4
4.1	Druhy provedení	5
4.2	Absorpce nežádoucích složek	6
4.2.1	Absorbéry kyslíku	6
4.2.2	Absorbéry oxidu uhličitého	8
4.2.3	Absorbéry ethylenu	8
4.2.4	Absorbéry vlhkosti	9
4.2.5	Absorbéry látek způsobující nežádoucí pach a vůni	10
4.3	Antimikrobiální aktivní obalové systémy	10
4.3.1	Emitory ethanolu a oxidu uhličitého	11
4.4	Bezpečnost a zdravotní rizika aktivních systémů balení	12
4.5	Balení v modifikované atmosféře	13
4.5.1	Modifikovaná atmosféra	13
4.5.2	Řízená atmosféra	15
5	Inteligentní balení	17
5.1	Indikátory zlepšující kvalitu a hodnotu produktu	18
5.1.1	Indikátor čerstvosti a zrání	19
5.1.2	Indikátor teploty	20
5.1.3	Indikátor teploty v čase	20
5.1.4	Indikátory koncentrace plynů a neporušenosti obalu	21
5.2	Indikátory pro pohodlné použití výrobku	22
5.2.1	Thermochromatický inkoust	22
5.2.2	Indikátor dostatečného mikrovlnného ohřevu	24
5.3	Indikátory sloužící k ochraně proti padělání, krádeži a neoprávněné manipulaci	24
5.3.1	Bezpečnostní pásy a lepící štítky	25
5.4	RFID	26
6	Skladování ovoce	27
6.1	O firmě	28
6.1.1	Proces skladování	28
7	Závěry a diskuze	31
8	Seznam použitých zdrojů	33
9	Seznam tabulek	39
10	Seznam obrázků	39

1 Úvod

V dnešní době si život bez obalů asi nedokážeme ani představit. Balení potravin má dlouhou historii, která začíná už ve starověku, kdy se ke konzervaci potravin, určených na výměnu, či prodej používaly první systémy balení ve formě plátna, či amfory. To, že je potravin zabalená znamená, že je částečně chráněna před vlivy okolí, ať už se jedná o zašpinění nebo deformaci. Aby bylo ale balení kompletní, a obal chránil produkt dostatečně, vyžádala si doba nových, pokročilejších a složitějších metod.

Pokud se jedná o ochranu potravin uvnitř obalu, bavíme se o balení aktivním. Prvky aktivního balení; absorbéry a emitory pomáhají udržovat nejen potravinu, ale i okolí kolem ní v příznivých nebo jinak definovaných podmínkách, a zároveň jsou schopny tyto hodnoty aktivně upravovat.

Inteligentní balení jde ruku v ruce s balením aktivním. Dalo by se říct, že právě na základě inteligentních prvků dokážou prvky aktivního balení reagovat, a naopak inteligentní prvky často pracují na podnětech prvků aktivních. Zejména prvky inteligentního balení jako jsou indikátory teplot a plynů jsou s aktivním balením úzce svázány. Mnoho indikátorů dnes velmi často kooperuje se systémem RFID, vlivem moderní doby a rozmazlenosti zákazníků se technologie balení stále zdokonalují.

Moderní svět představuje spoustu možností, a pokud se zaměříme na potraviny, najdeme v obchodních řetězcích stovky, možná tisíce čerstvých potravin, které by nebylo možné bez správného balení a skladování nikdy v našich zeměpisných šířkách prodávat. Řeč je hlavně o exotickém ovoci, které musí po sklizni a při i po přepravě procházet metodami řízené nebo modifikované atmosféry. Právě pro to, aby cestou nepřežrálo, nebo nebylo nikterak znehodnoceno. Skladování v řízené a užití modifikované atmosféry však není užíváno pouze na exotické ovoce. Dříve bylo normální, že sortiment ovoce a zeleniny se lišil dle období, či sezóny. Ale dnes je nám vlastně jedno, jestli je leden nebo středa, protože díky řízené atmosféře, která je už běžně užívaná ve většině skleníků, například rajčata najdeme na zeleninovém stánku vždy. A nemusíme přitom čekat na letní sezónu, která je pro sklizeň rajčat tak typická.

2 Cíl práce

Cílem bakalářské práce je seznámit se s danými problematikami aktivních a inteligentních systémů balení. Na základě získaných vědomostí popsat jednotlivé druhy systémů, vysvětlit způsoby aplikací, poukázat na jejich využití v praxi a posoudit jejich vliv na kvalitu balených potravin. Nemalou součástí práce je se zaměřit na způsob použití řízené atmosféry ve skladech s jablky. Seznámit se s provozem uskladnění ve vybraném podniku.

3 Metodika práce

S ohledem na cíl práce bylo postupováno následovně. Seznámení se s problematikou aktivních a inteligentních systémů balení skrze doporučenou a rozšiřující dostupnou literaturu. Tudiž vyhledáním a prostudováním odborné literatury, a hlavně tedy internetových zdrojů. Zaměřeni se na jednotlivé složky aktivních nebo inteligentních systémů ve formách absorbérů, emitorů, indikátorů a jiných používaných způsobů použití (např. lepících pásek). Součástí bylo seznámení s problematikou uskladňování pod řízenou atmosférou ULO, při nízkých hodnotách kyslíku a teploty v provozu ve vybrané firmě EKOFRUKT Slaný spol s. r.o.

4 Aktivní balení

Pojem aktivní balení se často označuje také za interaktivní, nebo jako chytré balení. Jeho hlavní funkce spočívá v tom, že dokáže samovolně měnit podmínky v okolí balené potraviny, a to v závislosti na zaregistrování změn ve vnitřním, či vnějším prostředí. Dochází tak k cílené interakci mezi obalem a potravinou. Reakcí na tyto změny obal zmírní nechtěný dopad na kvalitu a zároveň docílí zvýšení doby skladovatelnosti balených potravin a nápojů, které jsou tímto obalem chráněny (Brody, Strupinsky a Kline, 2001). Principy těchto účinků jsou založeny zejména na funkci absorbérů (známé taky jako *scavengers*) a emitorů, ty se mezi sebou odlišují podle způsobů, kterými ovlivňují vlastnosti uchovávaných potravin.

Absorbéry lze popsat jako systémy balení založené na absorpci (vychytávání). Absorbéry odstraňují, pohlcují, absorbují do sebe sloučeniny, které jsou pro nás v balení nežádoucí, jde zejména o:

- absorbéry kyslíku
- absorbéry oxidu uhličitého
- absorbéry ethylenu
- absorbéry vlhkosti
- absorbéry látek způsobující nežádoucí pach a vůni

S emitory je to přesně naopak, z těch jsou aktivní látky uvolňovány rovnou do potraviny nebo do prostředí mezi ní a obalem. Jedná se hlavně o:

- emitory antimikrobiální
- emitory konzervační (Drápal et al., 2008)

4.1 Druhy provedení

S absorbéry a emitory se v přítomnosti lze setkat zejména v podobě sáčků. V tomto případě není aktivní složka součástí obalu, ale je umístěna vně na povrchu, nebo uvnitř v prostoru mezi produktem a obalem. Ona aktivní složka, nacházející se v sáčku, pracující na principech absorpce, či uvolňování, má za úkol eliminovat nežádoucí látky, které vedou k snižování kvality baleného produktu (Scully et al., Yam, 2009). Jeden z prvních sáčků, založený na absorpci kyslíku, byl vynalezen už v sedmdesátých letech minulého století Japonskou firmou Mitsubishi Gas Chemical Company. Nesl se honosným názvem Ageless® (Brody, Strupinsky a Kline, 2001). Název tak sám o sobě popisoval svůj účel, a to že je „nestárnoucí“. Později však i ostatní mezinárodní společnosti přišly s nápadem vyvinout téměř podobné sáčky, které byly schopny kyslík vychytávat. Princip spočíval v zásadě v odstraňování kyslíku z obalu za pomoci oxidace způsobené železnou sloučeninou uzavřenou uvnitř sáčku. K tomuto účelu se, mimo sloučenin železa, užívá hlavně katechol, oxidační enzymy nebo kyselina askorbová. Zanedlouho se užití sáčků rozšířilo i na spousty dalších funkcí (Otoni et al., 2016).

Téměř podobně jako sáčky byly na přelomu tisíciletí vyvinuty absorpční polštářky. Ty kombinují antimikrobiální aktivitu aktivních sloučenin, i s nanočásticemi, s výhodami materiálu, který absorbuje, uvnitř obalu. Komerčně se absorpční polštářky používají k pohlcování přebytečné vody a vlhkosti. Zároveň působí jako proplach, a to zejména u masných produktů. Jsou určeny právě k odsání vlhkosti, které je způsobené dýcháním nebo pronikáním vodní páry, z balených potravin. Jde o snahu zpomalení mikrobiálního růstu. Ten je silně závislý na různých vysokých úrovních aktivity vody obsažené v mase (de Azeredo, 2013).

Vložky absorbující vlhkost nejsou často považovány za aktivní obaly. Dle pokynů Evropské unie k nařízení komise č. 450/2009 „Materiály a předměty aktivní na základě jediných přírodních složek, například polštářky ze 100% celulózy, nespádají pod definici účinných látek, protože se nepovažují za složky takové, které by záměrně uvolňovaly nebo absorbovaly látku (Gaikwad, Singh a Ajji, 2019).“

Absorbéry mimo sáčky a podložky se mohou vyskytovat také ve formě samolepících štítků nebo vložek do uzávěrů (Svět Balení, 2008).

4.2 Absorpce nežádoucích složek

Nejlepší variantou obalu, po kterém vyžadujeme absorpci, by bylo užití takového principu, při kterém by samotný obalový materiál dokázal, bez přídavných komponent a dopomoci, eliminovat, či dokonce úplně odstraňovat nežádoucí pachy a chutě sám. To však v dnešní době ještě zdaleka není, z důvodu finanční a praktické náročnosti, zcela možné na běžné balení aplikovat. Proto jsou stále nejvíce používané různé druhy absorbérů. Nejvíce se jedná o již zmiňované absorbéry v podobě malých sáčků uvnitř obalu nebo ty, které se zabudováním, či připevněním stávají součástí obalového materiálu (Smejtková, 2018). Základní typy absorbérů jsou přehledně vyobrazeny v

Tab. 1.

Tab. 1 Typy absorbérů a jejich využití v praxi

Typ	Příklad použití	Užité aktivní látky
Absorbér kyslíku	Sýry, těstoviny, káva, chipsy, sušené mléko, čaj, pečivo, luštěniny	Sloučeniny na bázi železa, kyselina askorbová, enzymy
Absorbér oxidu uhličitého	Káva	Hydroxid sodný a hydroxid hořečnatý
Absorbér ethylenu	Ovoce a zelenina	Manganistan draselný
Absorbér vlhkosti	Maso a ryby, cereálie, sušené jídlo, sendviče, ovoce a zelenina	Glycerol, silicagel, polyakryláty
Absorbér látek způsobující nežádoucí pach a vůni	Jídlo snadno podléhající oxidaci, ovocné džusy	Kyselina askorbová, kys. citrónová a železná sůl

Zdroj: (Drápal et al., 2008)

4.2.1 Absorbéry kyslíku

Tím nejrozšířenějším a nejpoužívanějším typem aktivních obalů, se kterým je možnost se setkat, v souvislosti s potravinami, jsou absorbéry kyslíku. Aplikací těchto absorbérů do obalu lze snížit koncentraci zbytkového kyslíku až pod hodnoty 0,01 %. Těchto hodnot je možné dosáhnout i bez úprav vnitřní atmosféry.

Největší účinnost mají hlavně při použití s vakuovým balením nebo balením, které využívá inertní atmosféry (viz 4.5.1). Absorbéry uvnitř obalu omezují možné oxidační změny na minimum, a přitom vyvolávají v baleném prostoru striktně anaerobní podmínky, které brání růstu aerobů, zejména plísním, a to s velkou účinností (Svět Balení, 2008).

Působení mikrobiálního růstu, chemická interakce mezi složkami v potravině a působení enzymů, které jsou přítomny v produktech, patří mezi hlavní příčiny kažení potravin. Některé z těchto příčin pramení právě z přítomnosti kyslíku v okolí produktu. Díky kyslíku mohou tuky žluknout, nutriční hodnota potravin klesat, a také může docházet ke změně barvy. Při použití absorbéru kyslíku se zvyšuje doba skladovatelnosti, bezpečnost dané potravin a značně se snižují ekonomické ztráty zapříčiněné zkaženými potravinami (Gaikwad, Singh a Lee, 2018).

Vhodný absorbér se volí v závislosti na hladině O_2 v prostoru mezi potravinou a obalem, kolik kyslíku obsahuje balená potravina a také na množství kyslíku přijatého z okolního vzduchu do obalu během skladování. Nesmí se ale zapomínat na parametry potravin (velikost, tvar a hmotnost), aktivitu vody v ní a požadovanou trvanlivost (Cruz, 2012).

Nejpoužívanějším typem sáčku vkládaným do obalu je sáček využívající oxidaci částic koloidně sráženého železa nebo se složkou pracující na principu enzymově katalyzované reakce (Packaging, 2003). Příklad provedení sáčkového absorbéru kyslíku na Obr. 1. Absorbéry ve formě sáčků nebo štítků u spotřebitelů vyvolávají značné pochybnosti. A to je hlavním důvodem, proč se tak usilovně pracuje na technice, kdy budou absorbéry přímo začleňovány do obalového materiálu (Gaikwad, Singh a Lee, 2018).

Obr. 1 Absorbéry kyslíku



Zdroj: <https://www.biopro.cz/baleni-do-modifikovane-atmosfery-absobery-kysliku-zpracovani-mleka>

4.2.2 Absorbéry oxidu uhličitého

Absorpce oxidu uhličitého je důležitá u výrobků, které ho při katabolických procesech produkují velké množství. Takovými výrobky jsou hlavně fermentované nepasterizované potraviny. Jedná se hlavně o zeleninu a mléčné výrobky. Nejdůležitější je podpora růstu bakterií mléčného kvašení pro udržení kvality mléčného výrobku. Toho se dá dosáhnout při udržení jeho nižší hladiny. Na druhou stranu koncentrace oxidu uhličitého nesmí být zase příliš nízká. Hodnota musí být vhodná z důvodu specifických sensorických znaků některých potravin. Je tedy potřeba dbát na to, aby varianta vybraného absorbéru korespondovala s vlastnostmi dané potraviny. Vybrat ten správný absorbér, který všechny požadavky splňuje, není tak vždy úplně jednoduché (Lee, 2016). Pokud je koncentrace CO₂ příliš vysoká, nastává problém u zemědělských potravin, jako jsou mrkev, brambory, cibule, okurky nebo květák. Vlivem vysoké koncentrace oxidu uhličitého dochází ke změně barvy nebo pachuti. K překročení této hranice stačí, aby se koncentrace pohybovala nad 5 % (Han et al., 2018).

K vysoké koncentraci, která musí být regulována, dochází také u kávy, a to bezprostředně po jejím pražení. Je potřeba ale klást velký důraz na bariérové vlastnosti obalu pro zamezení samovolného úniku aroma. Při balení kávy se v kombinaci spolu s absorbéry oxidu uhličitého používají také absorbéry kyslíku.

Absorbéry oxidu uhličitého se aplikují také jako sáček vložený do obalu. Způsob, kterým se oxid uhličitý absorbuje, je založen na principu reakce CO₂ s hydroxidem vápenatým, který je obsahem sáčku. Další možností, jak vycpat CO₂ z obalu, je aplikací oxidu hořečnatého, lépe známém pod názvem aktivní uhlí (Smejtková, 2018).

4.2.3 Absorbéry ethylenu

Při použití absorbéru ethylenu dosáhneme maximálního snížení koncentrace ethylenu v obalu. Etylen je hormon, který napomáhá k rychlejšímu dozrání klimakterických plodin, nasazování květu nebo rozkladu chlorofylu. To, co nás ale trápí nejvíce, je zkracování doby skladovatelnosti. A to jak u zeleniny, či ovoce, ať už je čerstvá, nebo té, která prošla nějakým minimálním opracováním (praním, odtržením natě, ...) (Dobiáš a Čurda, 2004). Mezi klimakterické ovoce (plody, které dozrávají po sklizni a jsou charakteristické zvýšením rychlosti zrání. Během dozrání uvolňují velmi vysoké množství ethylenu.) patří melouny, avokáda, okurky, atd (Wilson, 2007).

Nejpoužívanější látkou pro absorpci je manganistan draselný. Jedná se o princip oxidace ethylenu na oxid uhličitý a vodu (Álvarez-Hernández et al., 2018).

4.2.4 Absorbéry vlhkosti

Značným problémem potravin s nadměrnou aktivitou vody je vysoká vlhkost. Řeč je zde především o mase, rybách, drůbeži nebo čerstvě balených produktech, u kterých vlhkost způsobuje značný mikrobiální růst. Spotřebitel vidí nadměrnou kapalinu, vodu a krev, jako známku nehygienických podmínek. Úplně nejhorší je ale přítomnost vlhkosti u suchých potravin. Přítomnost vlhkosti v obalu snižuje jejich životnost, způsobuje změnu struktury a celkového vzhledu. Takovým nejvíce praktickým příkladem, kde se s tímto absorbérem můžeme setkat, je právě sušené maso *jerky*.

Jsou dvě hlavní kategorie v dělení absorbérů vlhkosti. Označují se jako desikanty. V prvním případě se jedná o sáčky, mikroporézní sáčky, které se umísťují nad potravinou. Příklad provedení absorbéru vlhkosti ve formě sáčku na Obr. 2. V druhém případě se jedná o polštářky (vločky, podložky), které jsou v přímém kontaktu s potravinou, přiléhající na její spodní stranu.

Absorpční polštářky jsou již poměrně dobře zavedené na trhu, zejména právě pro balení syrového masa. Obsahují primárně granulovanou nebo práškovou formu superabsorpčního polymeru, jako jsou polyakrylátové soli nebo roubované kopolymery škrobu, nebo papír absorbující vlhkost umístěný mezi dvěma listy mikroporézního nebo netkaného polymeru. Polymer absorbující vlhkost dokáže absorbovat na 100 – 500násobek své hmotnosti kapalné vody. To však úzce souvisí s procentem soli v absorbované vodě. Víceúčelové absorpční podložky mohou být navrženy tak, aby dokázaly odstranit ztráty odkapávání ze syrového masa, které následně spouštějí aktivní funkce, jako jsou antimikrobiální vlastnosti, snížení pH a absorpce nelibého zápachu (Gaikwad, Singh a Ajji, 2019).

Obr. 2 Absorbéry vlhkosti



Zdroj: <https://www.conrad.com/p/silica-gel-sachet-1-g-l-x-w-x-h-40-x-30-x-3-mm-transparent-silica-gel-10-pcs-2201309>

4.2.5 Absorbéry látek způsobující nežádoucí pach a vůni

Nežádoucí pachy a vůně jsou v balených potravinách způsobené ve většině případů tvorbou sirných látek. Většina těchto absorbérů je stále ve stádiu testování. Největším problémem při zavádění tohoto řešení je rozlišování (identifikace). Pro absorbér je velmi těžké rozlišit, který pach je žádoucí a který naopak nežádoucí, je schopen je totiž pohlit všechny bez ohledu na jejich charakter. Proto jsou tyto absorbéry aplikovány prozatím jen u balení chuťově, či pachově neutrálních potravin (Packaging, 2003).

Ale v případech, kdy se jedná o těkavé sloučeniny (ketony, aldehydy, sulfidy nebo amidy), je potřeba jednat rychle. Nestačí pak jen jejich vznik pouze potlačovat, je potřeba se jich nadobro zbavit a z prostředí obalu je kompletně odstranit. Železnou solí, kyselinou askorbovou nebo citrónovou lze zcela jednoduše oxidovat nechtěné, nahromaděné amidy (Biji et al., 2015).

4.3 Antimikrobiální aktivní obalové systémy

Jeden z těch nejzávažnějších problémů při balení potravin je mikrobiální kontaminace potravin. Tento problém se řeší nasazením antimikrobiálních látek přímo do potravin nebo na její povrch. Toto řešení však není moc účinné. Vlivem vedlejších vnitřních reakcí v potravině je tento systém velmi těžko kontrolovatelný a antimikrobiální látka může být spotřebována na jiný účinek, než pro jaký byl zamýšlený. Proto se raději užívá nové a efektivnější technologie, kterou je antimikrobiální systém aktivního balení. Výhodou této technologie je nižší množství použité antimikrobiální látky a možnost řízení způsobu průběhu požadovaných reakcí. I ze strany spotřebitele je tato technologie přijatelnější, protože potravina poté neobsahuje tolik přídavných látek.

Aktivní látka zde funguje na několik různých způsobů. Může zpomalovat (inhibovat) metabolické procesy a reprodukci nebo pozměňovat strukturu určitých buněk. Tyto vlivy ale nesmí, za žádnou cenu, znehodnocovat výživové vlastnosti balené potravin.

Aktivní složka se aplikuje hned několika způsoby. Zcela běžné jsou sáčky, polštářky nebo aktivní součásti obalu. V závislosti na nízké ceně a dobrým mechanickým a bariérovým vlastnostem je mezi nejpoužívanějšími metodami aplikace polymerních obalů. Z důvodu tlaku ze strany ekologie se ale i přes vyšší cenu pomalu přechází k používání obalů z rozložitelných materiálů. Jedná se hlavně o kukuřičný škrob, proteiny, lipidy nebo kyselinu polymléčnou (Sofi et al., 2018).

Při výběru aktivní látky je potřeba dbát na vlastnosti metody, kterou se umísťuje na obal a jejich vzájemnou kompatibilitu. Těmi nejpodstatnějšími vlastnostmi jsou teplotní odolnost

a rozpustnost. Neméně důležité jsou pak fyzikálně-chemické vlastnosti zabalovaných potravin. Každý z těchto faktorů je rozhodující pro maximální účinnost použité látky (Contreras et al., 2017).

4.3.1 Emitory ethanolu a oxidu uhličitého

Je pravdou, že v problematice aktivního balení se znatelně častěji setkáváme s obalovými principy, které mají za úkol nechtěné látky v atmosféře uvnitř obalu absorbovat. V určitých případech je ale na druhou stranu žádoucí oxid uhličitý emitovat (uměle ho přidávat). Zpravidla za účelem omezovat mikrobiální kontaminaci.

Oxid uhličitý zabraňuje účinkům mikrobiálních látek několika způsoby. Pozměňuje jejich buněčnou membránu, upravuje jejich pH a narušuje funkce enzymů. Všechna tato opatření jsou žádoucí pro prodloužení doby lag-fáze, kterou se oddalují a eliminuje mikrobiální růst (Vilela et al., 2018). Ve skutečnosti jde o balení ovoce, zeleniny, a čerstvého masa pro zabránění šíření plísní a bakterií, které je způsobují.

K aktivaci, která spustí uvolňování oxidu uhličitého je zapotřebí právě dvou látek. Řeč je zde o hydrogenuhličitanu sodném a organickou kyselinou. Celá reakce se spustí v momentě, kdy tekutina, obsažená v potravině, započne s rozpouštěním aktivních látek. Vlivem kyseliny klesne hodnota pH na takovou, při které hydrogenuhličitan sodný zahájí tvoření nedisociované kyseliny uhličité a oxidu uhličitého. Aplikace je, jak známo z předchozích problematik, realizována sáčky nebo polštářky. Které se vkládají pod potravinu a jejich použití je opět víceúčelové. Totiž kromě činnosti charakteristické pro antimikrobiální prvky slouží také jako absorbéry vlhkosti. Pokud se zde jako organická kyselina zvolí kyselina askorbová, dojde k antioxidaci a pozvolné absorpci kyslíku (Altaf, Kanojia a Rouf, 2018).

Ethanol a jeho antimikrobiální účinek je, na druhou stranu, dobře využitelný při balení suchých a sušených potravin, nebo pečiva. Směs ethanolu a vody je zde aktivní látkou a absorbuje se na oxid křemičitý. Právě tato směs je obsahem sáčků. Tento systém, pomocí reakce, která generuje páry ethanolu, zamezuje růstu kvasinek a plísní (Vilela et al., 2018). Příklady základních typů emitorů jsou přehledně vyobrazeny v Tab. 2.

Tab. 2 Typy emitorů a jejich využití v praxi

Typ	Příklad použití	Efekt
Emitory oxidu uhličitého	Syrové maso a ryby, hotové pokrmy, nezpracovaná zelenina a ovoce	Inhibice růstu nežádoucích mikroorganismů, prodloužení životnosti
Emitory ethanolu	Sušené rybí produkty, pečivo	Inhibice růstu mikroorganismů, včetně patogenních mikroorganismů
Emitory organických kyselin	Různorodé	Antimikrobní účinek

Zdroj: (Drápal et al., 2008)

4.4 Bezpečnost a zdravotní rizika aktivních systémů balení

Zásadou jakéhokoliv aktivního obalového materiálu, používaném v dnešní době v potravinářském průmyslu, by měla být jeho bezpečnost a stoprocentní zdravotní nezávadnost. Nejvíce tak záleží na druhu a množství aktivních látek, které se používá. Jejich množství a druh a musí být zvoleno tak, aby bylo jejich použití bezpečné a nebylo možné se jimi intoxikovat. Přes to všechno však ještě pořád existují rizika, která mohou být způsobena ať už přirozeným uvolňováním aktivní látky do prostoru potraviny, špatnou manipulací ze strany spotřebitele nebo poškozením obalu.

I přesto, že se každý aktivní obalový materiál (sáčky nebo podložky) aplikuje mimo klasický obal, v kterém se potravina nachází, a je velmi dobře a viditelně označen znakem „NEJEZTE“, často dochází k jejich konzumaci. Nejčastějším důvodem požití je neznalost spotřebitele. Spotřebitel si velmi často myslí, že obsah sáčku ukrývá koření nebo ingredienci, jako součást balené potraviny. Dalším důvodem, proč je obsah absorbéru zkonsumován, může být porušení obalu aktivní látky (sáčku nebo podložky) při nesprávné manipulaci, ať už se zaviněním konečného spotřebitele nebo přepravce. Aktivní látka se tak dostává do přímého kontaktu s potravinou. Aktivní látka se do těla dostává požitím, vdechnutím nebo kontaktem s kůží, či jinými sliznicemi. A tak v závislosti na své povaze nebo náchylnosti spotřebitele vůči dané látce způsobuje určité zdravotní obtíže. Kupříkladu expozice oxidu železnatého může způsobit horečku, závrať, bolesti těla a svalů, tlak na hrudi, kašel nebo pneumokoniózu (Gaikwad, Singh a Lee, 2018).

Při kontaktu, prvky antimikrobiálního aktivního balení, s kůží, jako jsou esenciální oleje, může dojít k vyvolání okamžité alergické reakci (Santos et al., 2018). Tato zdravotní rizika vedla k mnohemu zpřísnění a regulacím používání (Gaikwad, Singh a Lee, 2018). Absorbéry od české firmy ATCO Czech Republic s.r.o. se vyrábějí ze stoprocentně netoxických materiálů, ale i přesto zůstávají nepoživatelné. Procesem absorpce nevzniká žádný zhoubný produkt a po použití se absorbéry dají vyhodit do běžného domácího odpadu. „Užívání těchto kyslíkových absorbérů v balených potravinách bylo ověřeno pravomocnou francouzskou autoritou a odpovídá požadavkům na značení produktů pro informaci zákazníků a uživatelů, že v balení jsou přítomny absorbéry a že musí být vyjmuty po otevření balení před konzumací (BMC Brno, c2021).“

4.5 Balení v modifikované atmosféře

Okolní prostředí velmi značným způsobem ovlivňuje kvalitu skladovaných potravin. U potravinářských produktů může vlivem působení vnějších elementů docházet ke spoustě změn. Jedná se o změny mikrobiální, kdy svoji roli hrají kvasinky, plísně a bakterie, enzymatické, fyzikální (dochází k vysoušení) nebo chemické, u těch obzvláště oxidace. Intenzita těchto změn je zpravidla závislá na výchozích parametrech prostředí působící na potravinu. Pokud je ale prostředí, které působí na potravinu, cíleně upraveno, může být dosaženo zpomalení nebo i úplného přerušování nežádoucích reakcí v potravinách a tím dosáhnout prodloužení jejich životnosti.

V podstatě věci se jedná o dva principy. Prvním z nich je balení v modifikované atmosféře (MAP – Modified Atmosphere Packaging) a druhé balení v řízené atmosféře (CAP – Controlled Atmosphere Packaging). V případě MAP se jedná vcelku jednoduše o spotřebitelské balení, kdy je produkt balen do obalového materiálu. Poupřavená atmosféra se nachází mezi obalem a potravinou. U CAP je princip trochu odlišný. Zde není produkt uchovávan v obalu, ale v prostorách skladu, kde jsou produkty volně rozmístěné a cíleně řízená atmosféra je obsažena v celém skladovacím prostoru.

4.5.1 Modifikovaná atmosféra

Vakuové balení (VP – Vacuum Packaging) je jedním ze dvou způsobů, jak balit pomocí MAP. Tento princip je zcela jednoduchý. Jedná se o způsob odstranění všech nežádoucích plynů a par z okolí potravin až do takové míry, kdy je hodnota kyslíku, v dané atmosféře, nižší než 1 %.

Rovnovážné balení (EP – Equilibrium Packaging) je druhým způsobem balení s MAP. Cílem EP je dosažení rovnovážného stavu, celkovému snížení oxidačních reakcí mezi prostředím a potravinou v obalu. Principem je celkové odstranění vzduchu, který je zapotřebí nahradit ochranou atmosférou, která se skládá ze tří základních používaných plynů, či jejich kombinační směsi. Třemi základními plyny jsou kyslík, dusík a oxid uhličitý. „Pro účely balení potravin musí mít plyny předepsanou kvalitu (např. ppm 2,5 → čistota 99,5 %) dokumentovanou závazným posudkem hlavního hygienika ČR (Štencl, 2013).“ Složení ochranné atmosféry a skladovací teploty vybraných potravin viz Tab. 3.

Tab. 3 Složení atmosféry a teploty skladování pro vybrané typy potravin

Potravina	% O ₂	% CO ₂	% N ₂	Teplota (°C)
Čerstvé ovoce a zelenina	2 – 5	3 – 5	90	0 – 10
Čerstvé maso	70	30	0	
Vepřový steak	70	0	30	0 – 2
Hovězí a telecí maso	80	20	0	
Drůbež bez kůže	30	30	40	
Kuře porcované	20	30	50	0 – 2
Drůbež s kůží	0	50	50	
Ryby tučné	0	30	70	
Platýz	30	40	30	0 – 2
Ryby libové	30	40	30	
Pstruh	20	15	65	0 – 2
Masné výrobky	0	30	70	
Párky	0	30	70	
Sýry	0	50	50	
Sýry	0	100	0	1 – 3
Tvrdý sýr – porcovaný	0	20	80	
Těstoviny	0	50	50	
Pizza	0	30	70	1 – 3
Sendvič	0	30	70	1 – 3
Pečivo	0	50	50	
Předpečené pečivo	0	70	30	místnost

Zdroj: (Smejtková, 2018)

Z praxe je ale patrné, že pro zvýšení údržnosti potraviny je pouhá úprava atmosféry, v obalu, nedostačující. Proto je zapotřebí úpravu atmosféry kombinovat i s jinými konzervačními metodami. K prodloužení skladovatelnosti je tou nejdůležitější chlazení.

Také je potřeba mít na paměti, že při VP dochází, vlivem „odsání“, k některým, i okem viditelným, změnám na potravině. Dochází k vytlačení vlhkosti a tuků a změně struktury. U vytváření atmosféry s vysokými hodnotami kyslíku čerstvé maso červená, také se urychluje oxidace tuků a je podpořen růst aerobních bakterií. Vlivem rozpustnosti oxidu uhličitého v potravinách se může stát, že objem vytvořené modifikované atmosféry prudce sníží a zároveň klesne pH potraviny. Dochází k tzv. pseudovakuovému efektu. V tucích se zase pro změnu rozkládá dusík.

Doplňující konzervační metody, které souvisí s balením MAP nám zajišťují již zmiňované absorbéry. K regulaci dozrávání plodin dopomáhají absorbéry ethylenu (kap. 4.2.3). Absorbéry pachů a nežádoucích chutí (kap. 4.2.5) jsou používány jen velmi zřídka. Když už je možnost se s nimi setkat, tak v podobě pohlcovačů pachů v ledničkách. Nepostradatelnou součást v doplňujících metodách tvoří i absorbéry kyslíku (kap. 4.2.1) (Štencl, 2013).

4.5.2 Řízená atmosféra

Za posledních 60 let se užití skladování v řízené atmosféře stalo praktickým základem veškerého ovocnářského průmyslu. Je to jeden z nástrojů, který pěstitelům a balírnám umožňuje prodloužit období dostupné pro produkci a dovoluje uspokojit poptávku nabídkou.

Skladování v řízené atmosféře je systém, kde se čerstvé ovoce a zelenina, podléhající rychlé zkáze, skladují za úzce definovaných podmínek prostředí, které prodlužují potřebné marketingové období po sklizni. Konkrétní kontrolované podmínky se liší podle skladované komodity. Může se jednat o skladování při nejnižší bezpečné teplotě, s ohledem na prevenci před zmrznutím. Užití nejnižší možné, bezpečné hladiny kyslíku (ULO – Ultra Low Oxygen), která zmírní rychlost dýchání a zpomalí zrání. Nejnižší úroveň ethylenu pro potlačení zrání nebo stárnutí nebo vysoké úrovně vlhkosti k minimalizaci ztrát vody z komodity.

Pro příklad jablka přijímají kyslík a uvolňují oxid uhličitý (dýchají), protože škroby se v těle mění na cukr. V uzavřených skladovacích zařízeních řízené atmosféry je tento respirační proces snižován minimální hladinou kyslíku, čímž je zpomalen proces zrání (Sigler, 2011).

V zájmu řízené atmosféry se nejedná pouze produkty po sklizni, ale je možné ji aplikovat i ve sklenících, kdy jsou rostliny stále ve fázi růstu, a ještě nemusí ani docházet ke květu nebo růstu plodů. Pokud je v prostředí skleníku zvýšena koncentrace oxidu uhličitého, dá se docílit urychlení fotosyntézy. V závislosti na konečné koncentraci CO₂ je zrychlení dvakrát, až třikrát takové. Výhod spojených s vyšší koncentrací oxidu uhličitého je ale více, jedná se zejména o:

- zlepšení kvality
- urychlení růstu
- snížení rizika růstu houbových chorob
- rychlejší růst kořenů
- zvýšenou produkci kořenů
- snížení výrobních nákladů a spotřeby energie

Zvýšením výnosnosti plodin dochází k urychlení vývoje rostlin a zvýšení jakosti. Ve sklenících se aplikuje hlavně u rajčat, paprik, okurek, chřestu nebo ledového salátu. Své zastoupení má i při pěstování okrasných květin (Messer Technogas s.r.o., c2021).

5 Inteligentní balení

Dle amerického dědičného slovníku je slovo „inteligentní“ definováno jako „poukazující na zdravý úsudek a racionalitu“ a také „disponující určitými schopnostmi pro ukládání a zpracování dat“ (The American Heritage® Dictionary of the English Language, 2020). Předpokladem správného rozhodování je efektivní komunikace. Tedy schopnost získávat, ukládat, zpracovávat a sdílet informace. A právě zde může inteligentní balení velmi významně přispět (Yam, Takhistov a Miltz, 2005).

Složení prostoru v balení potravin postupem času prochází změnami. Zařízení, schopná identifikovat, kvantitovat a/nebo hlásit změny v atmosféře v obalu, teploty během přepravy a skladování a mikrobiologickou kvalitu potravin, poskytují cenné informace. A to jak konečnému spotřebiteli, tak výrobci nebo prodejci (Han, Ho a Rodrigues, 2005). Termín je tedy možné použít v širokém smyslu, včetně prvků týkajících se identity produktu, autenticity a sledovanosti, ochrany před neoprávněnou manipulací a ochrany proti krádeži, jakož i bezpečnostních a kvalitativních otázek (Yam Takhistov a Miltz, 2005).

Systémy inteligentního balení je možné, dle funkcí indikátorů, rozdělit do tří hlavních skupin. Jedná se o:

- indikátory zlepšující kvalitu a hodnotu produktu
 - o indikátor čerstvosti a zrání
 - o indikátor teploty (TI)
 - o indikátor teploty v čase (TTI)
 - o indikátor koncentrace plynů a neporušenosti obalu
- indikátory pro pohodlné použití výrobku
 - o thermochromatický inkoust
 - o indikátor dostatečného mikrovlnného ohřevu (MDI)
- indikátory sloužící k ochraně proti padělání, krádeži a neoprávněné manipulaci
 - o indikátor upozorňující na krádež
 - o indikátor upozorňující na podezřelou manipulaci (e-Content-Science, 2020)

5.1 Indikátory zlepšující kvalitu a hodnotu produktu

U obalů určených k použití v potravinářském průmyslu musí být splněny některé velmi přísné požadavky. Indikátory by měly být snadno aktivovány a měli by vykazovat změnu (nebo ukázat indikaci), která je snadno měřitelná a nevratná. Musí se měnit v závislosti na čase a teplotě. Být sladěné s obalem po vizuální stránce. A také poskytovat přesné informace týkající se stavu balení (Han, Ho a Rodrigues, 2005).

Z pohledu zlepšení kvality a hodnoty produktu se jedná o externí indikátory, které se nachází vně obalu (indikátor teploty a teploty v čase, indikátor čerstvosti) a vnitřní identifikátory, umístěné uvnitř balení do „prázdné“ části obalu (head-space) nebo připevněné k víku (indikátory koncentrace plynů a ukazatele mikrobiálního růstu). Podrobný výčet je pro upřesnění přehledně vyobrazen v Tab. 4.

Tab. 4 Příklady indikátorů inteligentního balení

Indikátor	Princip /Reaktant	Získaná informace	Aplikace
Indikátor teploty v čase (vnější)	Mechanický, chemický, enzymatický	Podmínky skladování	Potraviny skladované pod chladicími a mrazicími teplotami
Indikátor kyslíku (vnitřní)	Redoxní barvy, pH barvy, enzymy	Podmínky skladování, únik z obalu	Potraviny skladované pod sníženou koncentrací kyslíku
Indikátor oxidu uhličitého (vnitřní)	Chemický	Podmínky skladování, únik z obalu	Potraviny skladované v modifikované nebo řízené atmosféře
Indikátor čerstvosti (vnitřní/vnější)	pH barvy, barvy reagující na určitou metabolitu	Mikrobiální kvalita potravin	Rychle se kazící jídlo (čerstvé maso, ryby a drůbež)

Zdroj: (Altaf, Kanojia a Rouf, 2018)

5.1.1 Indikátor čerstvosti a zrání

Indikátory čerstvosti a zrání a vykazují zprávy o zhoršení nebo ztrátě čerstvosti baleného zboží. Jsou popsány jako indukující různé mechanismy těkavých látek, kterými jsou diacetyl, aminy, oxid uhličitý nebo amoniak (Smolander et al., 2002).

Mikrobiální změny, vyznačující se nestálými hodnotami koncentrace sirovodíku, oxidu uhličitého nebo organických kyselin, jsou životaschopné ukazatele v masných výrobcích, ovoce a zeleniny. Na tyto ukazatele je zcela ideální použití indikátorů změny barvy. Indikátor se zbarví v důsledku zaznamenané změny pH v obalu. Indikátory pro zrání plodů jsou citlivé na zápach a reagují s aromatickými sloučeninami. Zjednodušeně řečeno se indikátor zbarví, pokud u potraviny začne docházet k rozkladu.

Setkat se s nimi v praxi je možné v podobě štítku, umístěného viditelně vně obalu. Štítek je kalibrován dle typu potraviny, podmínek skladování, požadavků na čerstvost a druh a počtu mikroorganismů v potravinách (Pereira de Abreu, Cruz a Paseiro Losada, 2012). Štítek dle zabarvenosti kroužku poukazuje, zda je výrobek uvnitř obalu čerstvý, a tudíž stále konzumovatelný. Pokud je střed terčíku prázdný, je výrobek naprosto v pořádku, pokud střed zašedne, již nezbývá moc času a potravina uvnitř má posledních pár chvil, kdy je ještě konzumovatelná. Pokud ale tečka uprostřed zčerná, výrobek již nepodléhá garanci čerstvosti a konzumace stojí za uvážení. Indikátor čerstvosti s principem ztmavující se tečky vyobrazen níže na Obr. 3.

Obr. 3 Fresh-Check® indikátor čerstvosti



Zdroj: <http://www.actinpak.eu/wp-content/uploads/2017/10/Intelligent-packaging.pdf>

5.1.2 Indikátor teploty

Indikátor teploty (TI – Temperature Indicator) ukazuje, zda byl výrobek vystaven teplotám nad nebo pod referenční (kritickou) hodnotou. V několika případech je schopen zaznamenat i kritickou dobu jejího překročení. Varuje spotřebitele před možným přežíváním mikroorganismů a denaturací bílkovin. Například během procesů zmrazování nebo rozmrazování (Ghaani et al., 2016).

Jedná se ve své podstatě o štítek, který se nachází vně obalu nebo zatavený v balicí folii. Štítek v případě dosažení kritických teplot změní svoji barvu. Tato změna barvy „jednoduchých“ indikátorů teploty je ve valné většině případů nevratná, poskytuje informaci o tom, že v minulosti došlo k dosažení kritické teploty (Smejtková, 2018).

5.1.3 Indikátor teploty v čase

Kolísání teploty v balení může vést k nenávratným změnám v bezpečnosti a kvalitě produktu. Indikátor teploty v čase (TTI – Time Temperature Indicator) je definovatelný jako jednoduché a levné zařízení, které může ukazovat jednoduše měřitelnou změnu závislou na čase a teplotě reflektující částečnou nebo úplnou historii teploty baleného výrobku, ke kterému je připojen (Taoukis a Labuza, 2003).

Nejčastěji užívaným indikátorem teploty v čase je thermochromní inkoustová tečka (Subramanian et al., 2005). Pracovní mechanismy TTI jsou založené na různých principech. Příklad TTI znázorněn na Obr. 4. Principem operace může být mechanická, chemická, enzymatická nebo mikrobiologická nevratná změna, obvykle vyjádřená jako odpověď ve formě mechanické deformace, vývoje (změny) nebo pohybu barvy. Rychlost změny závisí na teplotě, na kterou reaguje. Zvyšuje se při vyšších teplotách. Viditelná odezva kumulativně odráží historii času a teploty produktu, který doprovází (Tsironi et al., 2008).

Obr. 4 3M Indikátor teploty v čase



Zdroj: <https://lgpharma.com/heat-indicators/monitormark/>

5.1.4 Indikátory koncentrace plynů a neporušenosti obalu

Složení atmosféry v obalu se často mění v důsledku činnosti potravinářského produktu, povahy obalu, podmínek prostředí nebo úniku při protržení, či jiném poškození. Kyslík a oxid uhličitý jsou plyny, které se dají jednoduše využít pro monitorování stavu potravin. Hlavně jako indikátory těsnosti (více netěsnosti) nebo k ověření účinnosti absorbérů na nich založených (viz 0 a 4.2.2). Ke změně barvy dojde u většiny indikátorů O₂ a CO₂ v důsledku chemických nebo enzymatických reakcí. Obr. 5 znázorňuje možný příklad indikátoru koncentrace kyslíku. A to nastává při podmínkách, kdy koncentrace kyslíku překročí pevně stanovený limit. U oxidu uhličitého tehdy, když jeho koncentrace klesne na určitou úroveň (EVIGENCE, 2019). Tyto reakce vznikají na hodnotách koncentrací atmosféry v balení, nikoli mimo něj.

Obr. 5 Indikátor koncentrace kyslíku



Zdroj: <http://www.actinpak.eu/wp-content/uploads/2017/10/Intelligent-packaging.pdf>

Hlavním problémem těchto indikátorů je, že vyžadují skladování za anaerobních podmínek, protože při kontaktu se vzduchem přestávají fungovat během několika hodin, a to v důsledku spotřeby silného redukčního činidla v přímé či nepřímé reakci s kyslíkem (Mills, 2005). Nové možnosti přináší užití inteligentního inkoustu, který v přítomnosti kyslíku mění svoji barvu. Tento inkoust je aktivován UV zářením, proto je nutné, aby byl skladován v aerobních podmínkách (Pereira de Abreu, Cruz a Paseiro Losada, 2012).

5.2 Indikátory pro pohodlné použití výrobku

Indikátory v kategorii inteligentního balení nemusí sloužit pouze dodavatelům, prodejcům, či výrobcům. Indikátory v této kapitole jsou zaměřeny na to, aby konečnému spotřebiteli zpříjemnili a zjednodušili život. Thermoinkoust slouží hned mnoha způsoby. Ať už jde o využití velmi praktické, tak i designově líbivé. Za příklad by mohl padnout také způsob použití QR kódu, který dnes přečte drtivá většina chytrých mobilních telefonů, který v sobě obsahuje mnohdy více informací, než které bychom chtěli znát, od složení a původu suroviny až po tipy k servírování nebo postupu jednotlivých receptů.

5.2.1 Thermochemický inkoust

Pokud dojde na otázku, k čemu slouží thermochemický inkoust, odpověď bude znít velmi jednoduše. Thermochemický inkoust ukazuje, zda má, právě teď, balený výrobek uvnitř obalu optimální a požadovanou teplotu, která je třeba k okamžité konzumaci. Thermoinkousty mění barvu působením tepla. Mohou přecházet z barevných na bezbarvé nebo se měnit z jedné barvy na druhou. Každé thermochemické barvivo má pevný teplotní rozsah, ve kterém dochází ke změně jeho barvy. Reakční teploty se však liší v závislosti na konečném použití. Inkousty pro použití v chladničkách jsou nastaveny tak, aby jejich reakce započali aktivaci při nízkých teplotách. Inkousty na dotek jsou aktivovány při typické tělesné teplotě. Ty pro mikrovlnnou troubu zase při teplotách vysokých (Scully et al., Yam, 2009). Pro příklad je vhodné uvést vývojové centrum Packaging Steels společnosti British Steel Tinsplate se sídlem v Jižním Walesu ve Velké Británii. Inkoust je tištěn na speciální smršťovací etikety. Thermoinkoust zde mění barvu z bílé na modrou ve chvíli, kdy teplota plechovky a nápoje v ní klesne. V ten samý okamžik se na etiketě objeví výrazný nápis „READY TO SERVE“, který spotřebiteli dost jasně dává najevo, že je ta pravá chvíle si nápoj vychutnat v té nejlepší kvalitě (Han, Ho a Rodrigues, 2005). Příklady využití thermoinkoustu znázorněny na následujícím Obr. 6.

V závislosti na teplotě dokáže thermoinkoust změnit barvu například celého hrnečku podle teploty tekutiny uvnitř nebo prstenu v závislosti na teplotě tělesné. V této době, kdy jsou CD nosiče trendem dávno minulým stále není úplně od věci uvést příklad, kdy byl CD disk pokryt vrstvou, která právě tento speciální inkoust obsahovala, a i když CD disk vypadal na první pohled nepopsaný, při dýchnutí nebo doteku prstu se zabarvil.

Zpravidla existují dva typy thermochromatických barviv. Jedná se o tekuté krystaly, které vykazují změnu barvy v úzkém teplotním intervalu. Jsou vhodné pro sledování přírůstkových teplotních změn. Z důvodu jejich fyzické formy je jejich užití při zabudování do obalových inkoustů méně obvyklé. Druhým typem je užití Leuco barviv. Změna barvy je závislá na širším teplotním rozsahu a jsou mnohokrát bohatší na spektrum dosažitelných barev. K dispozici je velký rozsah barviv, který umožní přechod přes širokou škálu teplotních rozdílů od -25 °C do +65 °C. Leuco jsou barviva používaná v obalových materiálech primárně.

Obr. 6 Užití thermoinkoustu u nápojů



Zdroj: <http://www.actinpak.eu/wp-content/uploads/2017/10/Intelligent-packaging.pdf>

Produkt Matsui's Chromicolor© od společnosti Matsui International Co., Inc. se skládá ze tří hlavních složek. Ty jsou uzavřené v takzvané mikrokapsli. Těmito třemi složkami jsou leuco barvivo, barevné činidlo a rozpouštědlo. Jakmile rozpouštědlo ztuhne, barvivo a činidlo se spojí a vytvoří barevný odstín. Různých bodových změn barev se dosahuje užitím různých rozpouštědel. Tyto mikrokapsle slouží k vytvoření inkoustů, barev a plastů, které jsou schopny reagovat při různých teplotách změnami na různorodé barvy (Mc Loone, 2007).

5.2.2 Indikátor dostatečného mikrovlnného ohřevu

Nejednotná povaha a příliš krátká doba vaření spojená s pokrmy, které se ohřívají v mikrovlnných troubách činí tuto metodu možným přispěvatelem k výskytu nemocí přenášených potravinami (Labuza a Breene, 1989). Mnoho spotřebních mikrovlnných trub nemusí být schopno ohřívat jídlo na odpovídající teplotu, během doby ohřívání, doporučené na etiketě obalu.

Obecně platí, že pokyny pro obaly, s potravinami určenými k ohřívání v mikrovlnné troubě, jsou vyvinuty pro nejpomalejší rychlost ohřevu o výkonu 600–700 W. Výrobky vařené v mikrovlnných troubách s nižším nebo naopak vyšším výkonem by tedy byly nedostatečně tepelně upraveny, nebo by došlo k jejich převaření. Jelikož výrobce potravin nemá žádnou kontrolu nad výkonem a rozměry použité trouby, může se klidně stát, že i při dodržení předepsaných pokynů bude jídlo nakonec špatně připravené.

Další, velmi podstatný problém nastává u způsobu použitého časovače. Mnoho mikrovlnných trub pracuje se systémem vytáčecího časovače a jejich nepřesnost je velmi často důvodem nedostatečného provaření. Trouby s digitálním časovačem tento problém neprovází.

Chytrým řešením je použití takzvaného indikátoru dostatečného mikrovlnného ohřevu (MDI – Microwave Doneness Indicator). Je umístěn na povrchu balení potraviny a slouží k zobrazení vizuální změny barvy. Ta je závislá na čase a teplotě, které indikují, zda je pokrm správně dovařen. Princip je zcela jednoduchý. Při teplotě nad $69,6 + 0,4$ °C se taví vosk, který slouží jako nosič modrého barviva. Při dosažení této teploty začne barvivo na obou protilehlých stranách štítku prosakovat. V okamžik, kdy se modrá barva z obou stran štítku, přibližující se k sobě, do středu, potká a štítek celý zmodrá, je pokrm dostatečně uvařený a připraven k vyjmutí z trouby (Nelson a Labuza, 1992).

5.3 Indikátory sloužící k ochraně proti padělání, krádeži a neoprávněné manipulaci

Na určitých obalech je možno se setkat také s prvky, které dávají značně najevo, že by mohl být produkt balení uvnitř nějak poškozen, protože bylo balení už jednou nebo několikrát otevřené. Jedním z nich je užití štítku RFID, který dokáže produkt nejen trasovat, ale i sledovat jeho teploty po celou dobu transportu, nebo právě upozornit na podezřelou a nesprávnou manipulaci (viz. 5.4).

5.3.1 Bezpečnostní pásky a lepící štítky

Druhým a možná i třetím použitím je aplikace bezpečnostní pásky nebo bezpečnostního lepícího štítku. Princip obou je prakticky stejný, jediný rozdíl je však v tom, že štítek je vyráběn v určitých velikostech, při podstatně menší rozměrech, a není na krabici tolik vidět. Způsob použití bezpečnostního štítku je velmi podobný štítku zárukovému, ten se také lepí mezi dvě „křídla“ a poukazuje na to, že pokud je porušený a/nebo přetržený, došlo k otevření a tím spotřebitel ztrácí nárok na záruku v plném rozsahu. Na rozdíl od pásky, která se zpravidla lepí po celé šíři krabice, kterou slepuje, a tvoří tak jakýsi šev.

Na pásky je možné tisknout logo firmy a jsou dodávány v různých barvách. I štítky mají na výběr z možností několika barevných kombinací. Od těch nenápadných, které s obalem zcela splynou, až po výrazně červené, které dávají dostatečně najevo, že tuto krabici se otevřít nevyplatí.

Princip štítku a pásky je stejný. Po stržení pásky zanechává na obalu všechno lepidlo, spodní vrstvu, podklad, s výrazným stanoveným nápisem např. „OTEVŘENO“ a páska již znovu po odlepení na lepidlo nepřilne – je poté tedy zcela patrné, že balení bylo otevřeno (BRANOPAC CZ, 2020). Způsob využití vyobrazen na Obr. 7. Nosičem lepení bezpečnostní pásky je polypropylen (RAPASOL, 2018).

Obr. 7 Bezpečnostní páska



Zdroj: <https://www.branopac-antalis.cz/bezpecnostni-paska>

5.4 RFID

RFID (Radio Frequency Identification Device) je používáno již mnoho let. Hlavně v oblasti produktů s vysokou hodnotou nebo oblečení. Tagy jsou složeny ze dvou základních modulů. Jeden je používán pro zápis a zpracování informací, zatímco druhý modul (anténa) je užíván pro přenos a příjem informací mezi štítkem (tagem) a čtečkou. Čtečkou jsou získávány informace ze štítku a v závislosti na použité rádiové frekvenci může údaje číst vzdálené i až několik desítek metrů. RFID tagy v potravinářském průmyslu jsou pasivní. Protože nemají zabudovaný žádný zdroj vlastní energie. Ta je jim pro přenos informací dodávána z příchozích rádiových vln ze čtečky. Jejich obrovskou výhodou je, že jimi lze sledovat více položek v každé fázi dodavatelských řetězců, což dopomáhá zvýšení rychlosti a efektivity distribuce. Je více než pravděpodobné, že v budoucnu štítky RFID zcela nahradí již tak zaběhlé užívání čárových kódů (Subramanian et al., 2005). Pro RFID jsou nejpoužívanější tato čtyři frekvenční pásma:

- do 135 kHz (nízkofrekvenční pásmo)
- 13.56 MHz (vysokofrekvenční pásmo)
- 900 MHz (ultra-vysokofrekvenční pásmo)
- GHz (mikrovlnné pásmo) (Štencl, 2013)

V současné době jsou štítky s RFID funkcí založeny hlavně na silikonových polovodičových technologiích. Tato skutečnost by však mohla být změněna za levnější a snadnější technologie v podobě jiných různých materiálů (Retama et al., 2005).

Postupem došlo k určitému vývoji v kombinaci RFID štítků s funkcemi snímání chemikálií. Tento vývoj přinesl prototyp pro snímání ethylenu při zrání plodů (Jedermann et al., 2006), zatímco další ukázal potenciál této technologie vytvořením snímače vlhkosti (Potyrailo, Mouquin a Morris, 2008) a jiný dokáže posloužit jako dokonalý TTI (Smejtková, 2018). Právě z těchto důvodů je patrné, že je možné problematiku RFID považovat za součást inteligentních obalů. Je více než pravděpodobné, že právě mnoho inteligentních senzorů bude brzy nahrazeno RFID čipy, a to hned, jak jejich pořizovací cena klesne. Protože i teď jsou stále příliš drahé na to, aby se cena samotného RFID čipu neodrazila na konečné ceně baleného výrobku.

6 Skladování ovoce

Ovoce je a vždy bylo nedílnou součástí lidské výživy. Největším problémem ovoce je jeho skladovatelnost z důvodu sezónnosti. Dříve nebylo možné zakousnout čerstvé letní ovoce jako jsou například jahody v zimním období. U jiných druhů ovoce to ale nebyla sezónnost, která znemožňovala konzumaci v kterémkoliv ročním období, jednalo se o dostupnost z pohledu zeměpisné šířky. Oba tyto problémy jsou již od minulého století řešeny skladováním v upravených podmínkách. Úplným základem skladování je a vždy byla snížená teplota, v posledním desetiletí se ale ke snižování teploty přidala i úprava koncentrace plynů. Některé inertní plyny umožňují zrání ovoce téměř zastavit. Zaskladnění jablek v ULO názorně předvedeno na Obr. 8. A na druhou stranu přidání pomocných plynů (jako je například ethylen) do skladovací atmosféry zase napomáhá ovoci dozrát. S touto technikou je možné se setkat u exotického ovoce z dovozu. Užití specifického plynu se neodráží pouze na skladovatelnosti, ale i na konečné kvalitě skladovaného ovoce.

Obr. 8 Jablka zaskladněná v ULO komoře



Zdroj: <http://www.elkap.cz/chlazene-a-ulo-sklady/chlazene-sklady-ulo1/>

6.1 O firmě

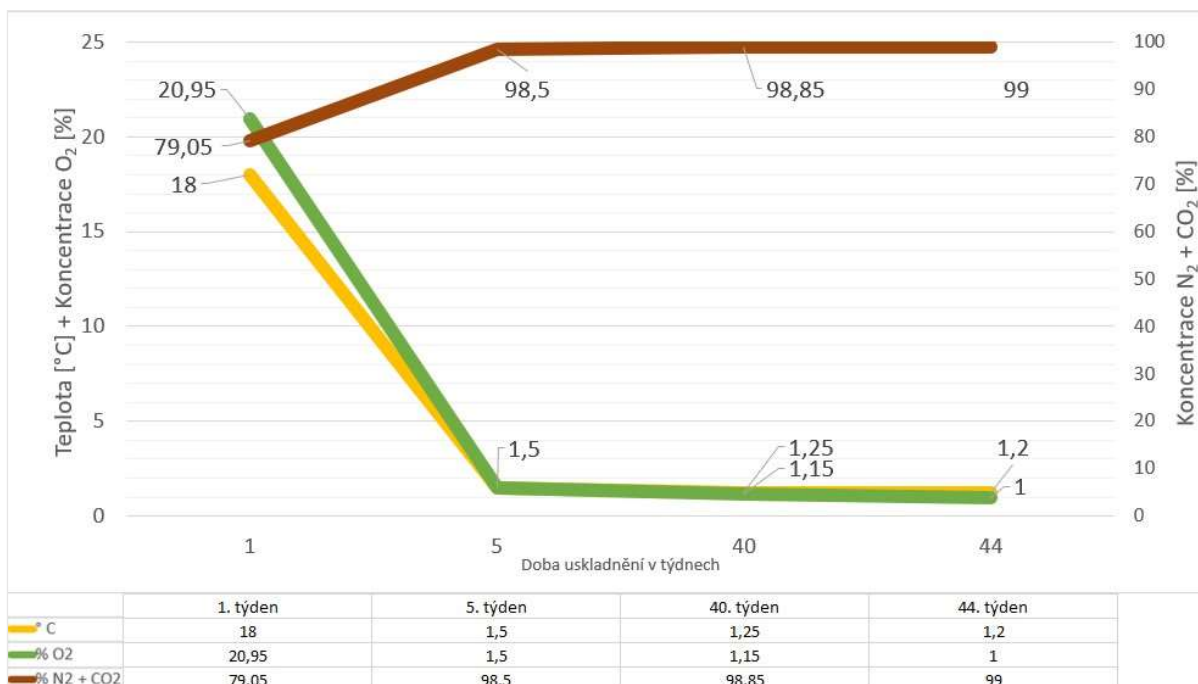
Dalo by se říct, že firma EKOFRUKT je jedna z pokračovatelů ovocnářské tradice, kterou je Slánsko poměrně pověstné již po mnoho let. V dnešní době dokonce patří mezi špičku pěstitelů v České republice. Firma začala psát svou historii v 1994 po privatizaci. Dominantou firmy jsou rozsáhlé ovocné sady, táhnoucí se na východ od Slaného směrem ku Praze na asi 180 hektarech půdy. V sadech můžeme najít hrušky, meruňky, třešně i višně, ale jsou to právě jablka, která jsou pěstována právě na zhruba 100 hektarech sadů. Zejména odrůdy Šampion, Gala, Golden Delicious a mnoho dalších. Z bio odrůd je možné zmínit Melodie a Spartan.

Pěstování a sady jsou však jen úplný začátek. Firma má vlastní ULO sklady na uchovávání ovoce. Hlavním produktem firmy jsou müsli tyčinky pod vlastní značkou Twiggy, které vyrábí a dodává na český trh už od roku 1992. Jedná se o ovocné, ořechové, Bio, cereální Cerix a v poslední době i tak velmi oblíbené proteinové tyčinky. Pro nadnárodní řetězce vyrábí tyčinky pod privátní značkou a ty pak vyváží do celé Evropy. Jako rozšiřující sortiment začala firma dodávat na trh také balená sušená jablka a čerstvá krájená jablka s prodlouženou trvanlivostí (Ekofrukt, c2008).

6.1.1 Proces skladování

Celá tato kapitola je věnována pouze jablkům, pro upřesnění odrůdy Šampion, protože se každé skladování liší právě z důvodu toho, že každá odrůda vyžaduje jiný a individuální postup. Celé to začíná sklizní. Sklizeň probíhá v letních měsících od srpna do září, kdy jablka dozrají. V sadech jsou jablka sesbírána a uložena do velkých plastových boxů, které jsou traktory ze sadu převezeny ke skladům. Zde přichází na řadu vysokozdvíhací vozíky, které boxy složí z traktorů do skladovacích komor. Do komor se boxy skládají sloupcovitě na sebe (závisle na výšce komory). Výška jednoho sloupce je asi 7 až 8 metrů, jelikož je jeden sloupec tvořen 7 až 8 boxy plných jablek. Po úplném zaplnění boxy se komory uzavřou a „zaplynoují“. Spolu s úpravou plynu v komoře se také snižuje teplota. Jak složení plynu, tak teplota se upravuje v rámci dnů, není to nárazové, je potřeba mít na paměti, že jablka jsou svým způsobem „živá“ a „dýchají“, tudíž si musí na atmosféru kolem sebe postupně zvykat. Takto uschovaná jablka vydrží v komoře několik měsíců, až let. Pokud se jedná o roky, není to z praktického hlediska moc reálné, protože zůstávají uskladněná maximálně do další sklizně, tudíž maximálně 11 měsíců až 1 rok. Průběh teploty a koncentrace plynů během skladování jsou znázorněny na Obr. 9.

Obr. 9 Koncentrace plynů a teplota v uskladňovací komoře během skladování



Zdroj: vlastní zpracování

Ve chvíli, kdy se komory uzavřou, je postupně snižována teplota až na hodnoty okolo 2 °C, maximálně 1 °C (pokud se jedná o jablka, u hrušek se teplota v některých případech snižuje až na -1 °C). Do vzduchotěsné komory se po malých dávkách začne vhnět dusík. Po nějaké době dosáhne hodnota kyslíku v atmosféře komory pouhých cca 1,5%. Od této chvíle se hodnota kyslíku v komoře nadále snižuje dle potřeby v závislosti na vyhodnocování a zpětné vazbě senzorů. A to v některých případech až na velmi malé hodnoty. Tyto hodnoty mohou v procesu celého uskladnění kolísat. Stoupat i klesat, ale to vše už záleží na systému a obsluze. Ve chvíli, kdy je docíleno požadované hodnoty, jablka propadnou takzvanému „coma-like sleep“, tudíž prakticky usnou, dýchají již jen velmi málo a nezrají. Respektive zrají, ale velmi, opravdu velmi pomalu.

Po otevření se musí box nechat kompletně „vyvětrat“. V tuto chvíli se otvírá komora, a dokonce i vrata od skladovací haly, aby se vzduch okolo jablek co nejdříve promísil a pracovníkům bylo umožněno se v prostorách bezpečně pohybovat. Jablka se po vytažení z komor v boxech vezou na třídičku, box s jablky je ponořen do vody, aby se všechna jablka dostala z boxu ven, a z vody jsou poté vyháněna po válcových dopravnících ven na pás, „kde už jsou pracovnice, co jablka probírají“ jak uvádí paní Ježková, zaměstnankyně firmy EKOFRUKT. Ty vyhazují „nестandardy – nevzhledné kusy, které do obchodů nechtějí“ a shnilá jablka. Jablka

putují dále přes třídičku, která je třídí dle velikosti a osud jablek se pak už řídí dle způsobu jejich využití. Stroj je buď sype do pytlíků podle váhy, nebo je, jak uvádí paní Ježková: „pracovnice skládají do bedýnek na proložky.“ Pro „nestandardy“ je většinou připravený kamion a po nakládce jsou odvezeny na další zpracování (např. na výrobu šampónů). Tudíž je každý kus náležitě zpracován a žádný nepříjde nazmar.

7 Závěry a diskuze

V této bakalářské práci jsou popsány principy a způsoby aktivních a inteligentních systémů balení. Jsou uvedeny ty nejpoužívanější druhy absorbérů i emitorů, které se, i když většinou nezištně, již běžně používají. Absorbéry a emitory plynů a žádoucích, či naopak nežádoucích látek tvoří již neopomenutelnou část většiny obalů. Pro většinu konzumentů je téma aktivní obalové systémy zcela neznámá věc, dokud není zmíněn desikant ve formě silicagelu. Ten je totiž znám snad opravdu každému. Že je obal určitého materiálu a také, že velmi často se v balení setkají s „nějakým pytlíčkem“, či podložkou je pro ně již zcela přirozené, ale nikdy se pořádně nepozastaví nad důvodem „PROČ“ tam ten pytlíček vlastně je a k čemu opravdu přesně slouží.

V oblasti inteligentních systémů balení byly popsány, vysvětleny a uvedeny příklady z praxe. Je velmi překvapivé, jak až moc jsou inteligentní prvky na balení také zažité, a i přesto je spousta lidí ani nepoužívá, protože o nich povětšinou nemá ani tušení. I přesto je velmi obtížné se v naší zemi setkat s indikátorem čerstvosti nebo MDI. Co je ale na druhou stranu velmi typické a hojně používané, je thermochromatický inkoust v mnoha provedení. S lepící bezpečnostní páskou proti otevření se v zaměstnání setkává kdekdo vlastně denně, ale málokdy si uvědomí, že by páska měla sloužit jako bezpečnostní, natož inteligentní prvek balení.

V zimním období, kdy je prodej citrusů v nejlepším, jsou často slyšeny nářky typu: „Proč je to pomelo tak těsně zavařené v tom (zbytečném) plastu?“ Odpověď je přitom velmi jednoduchá. Zde je totiž uplatněno, ve většině případů, způsobů užití modifikované atmosféry. Je obaleno kvůli buněčnému dýchání. Plastovým obalem, který pevně přiléhá na slupku pomela, je plodu zabráněno v přirozeném dýchání, a ovoce tak dozrává značně pomaleji. Spousta lidí má také problémy s tím, že brambůrky nebo chipsy mají ve svém obalu více vzduchu než pochutiny. Už málo z nich si ale nechá vysvětlit, že se nejedná o okrádání spotřebitelů a prodej vzduchu, nýbrž, že je balení takto uzpůsobeno pro dobro jejich, ale hlavně chipsů uvnitř. Plynný obsah v tak nafouknutém sáčku totiž není vzduch, ale inertní plyn – dusík, který smaženým brambůrkům brání ve žluknutí tuku, které by právě kyslík ze vzduchu způsobil. Sáčky jsou neprůhledné z důvodu, aby světlo žluknutí neodstartovalo. Ochranná plynná atmosféra chrání brambůrky před deformací. Kdyby nebyly pytlíky nafouklé plynem, do misky by se sypaly pouze drobky.

Pokud jde o posouzení vlivu aktivních nebo inteligentních systémů balení na potraviny, užití obou je velmi přínosné a v dnešní době už úplně nezbytné. Díky aktivním prvkům v obalech je ve většině případů balení prodloužena jejich trvanlivost. A ověřit si jejich stav a funkčnost pomáhají právě indikátory z řad balení inteligentního. Je jisté, že do budoucna se bude balení vyvíjet hlavně přes RFID systémy, už dnes totiž dokážou nahradit velkou část jednotlivých indikátorů. Je jen otázkou času, kdy i značná část aktivních systémů balení bude RFID nahrazena.

8 Seznam použitých zdrojů

- ALTAF, Uzma, Varsha KANOJIA a A ROUF, 2018. *Novel packaging technology for food industry* [online]. **7 (1)**, s. 1618-1625 [cit. 2021-03-03]. ISSN 2278-4136. Dostupné z: <https://www.phytojournal.com/archives/2018/vol7issue1/PartV/7-1-328-377.pdf>
- ÁLVAREZ-HERNÁNDEZ, Marianela Hazel et al., 2018. Current Scenario of Adsorbent Materials Used in Ethylene Scavenging Systems to Extend Fruit and Vegetable Postharvest Life. *Food and Bioprocess Technology* [online]. **11(3)**, s. 511-525 [cit. 2021-02-28]. ISSN 1935-5149. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s11947-018-2076-7>
- BIJI, K. B. et al., 2015. Smart packaging systems for food applications: a review: a review. *Journal of Food Science and Technology* [online]. **52(10)**, s. 6125-6135 [cit. 2021-02-28]. ISSN 0975-8402. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s13197-015-1766-7>
- BRANOPAC CZ, 2020. *Vše pro potřeby balení: Lepící pásy* [online]. Veselí nad Moravou, 112 s. [cit. 2021-04-17]. Dostupné také z: <https://www.branopac-antalis.cz/media/files/download/item/files-6/katalog-branopac-cz--antalis-1.pdf>
- BRODY, Aaron L., E. P. STRUPINSKY a Lauri R. KLINE, 2001. *Active Packaging for Food Applications* [online]. CRC Press [cit. 2021-02-26]. ISBN 9780367801311. Dostupné z: <https://doi.org/10.1201/9780367801311>
- BMC BRNO, c2021. *Co je kyslíkový absorbér: Ochrana produktu* [online]. BMC Brno [cit. 2021-03-04]. Dostupné z: <http://www.absorberykysliku.cz/cz/co-je-kyslikovy-absorber>
- CONTRERAS, Cintia et al., 2017. Antimicrobial Active Packaging. A. MASUELLI, Martin. *Biopackaging* [online]. CRC PRESS, s. 36-58 [cit. 2021-03-01]. ISBN 9781315152349. Dostupné z: doi: <https://doi.org/10.1201/9781315152349-3>
- CRUZ, Renato Souza, 2012. *Oxygen Scavengers: An Approach on Food Preservation: An Approach on Food Preservation* [online]. Rijeka: IntechOpen, Ch. 2 [cit. 2021-02-28]. Dostupné z: <https://doi.org/10.5772/48453>
- DE AZEREDO, Henriette M.C., 2013. Antimicrobial nanostructures in food packaging. *Trends in Food Science & Technology* [online]. **30(1)**, s. 56-69 [cit. 2021-02-28]. ISSN 0924-2244. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2012.11.006>

- DOBIÁŠ, Jaroslav a Dušan ČURDA, 2004. *Balení potravin: Sylabus textů k přednáškám z předmětu* [online]. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze [cit. 2021-02-28]. Dostupné z: <https://ukp.vscht.cz/files/uzel/0029134/c0rMSc07vFahIL-kKLEsMw8A.pdf?redirected>. Provizorní učební text.
- DRÁPAL, J. et al., 2008. *Aktivní a inteligentní obalové systémy pro balení potravin* [online]. Brno, 15 s. [cit. 2021-02-28]. Dostupné z: http://czvp.szu.cz/vedvybor/dokumenty/informace/info_2007_22_deklas_FCM.pdf
- EKOFRUKT Slaný, spol. s r.o., c2008. *O firmě*. [online]. [cit. 2021-05-02]. Dostupné z: <http://ekofrukt.cz/o-firme>
- EVIGENCE, 2019. *Freshness at a Glance* [online]. 23 s. Dostupné také z: <http://evigence.com/wp-content/uploads/2019/03/ProPak-2019-PDF.pdf>
- GAIKWAD, Kirtiraj K., Suman SINGH a Abdellah AJJI, 2019. Moisture absorbers for food packaging applications. *Environmental Chemistry Letters* [online]. **17**(2), s. 609-628 [cit. 2021-02-28]. ISSN 1610-3661. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s10311-018-0810-z>
- GAIKWAD, Kirtiraj K., Suman SINGH a Youn Suk LEE, 2018. Oxygen scavenging films in food packaging. *Environmental Chemistry Letters* [online]. **16**(2), s. 523-538 [cit. 2021-02-28]. ISSN 1610-3661. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s10311-018-0705-z>
- GHAANI, Masoud et al., 2016. An overview of the intelligent packaging technologies in the food sector. *Trends in Food Science & Technology* [online]. **51**, s. 1-11 [cit. 2021-02-26]. ISSN 0924-2244. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.02.008>
- HAN, Jia-Wei et al., 2018. Food Packaging: A Comprehensive Review and Future Trends: A Comprehensive Review and Future Trends. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* [online]. John Wiley, **17**(4), s. 860-877 [cit. 2021-02-28]. ISSN 1541-4337. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12343>
- HAN, Jung H., Colin H.L. HO a Evangelina T. RODRIGUES, 2005. 9 - Intelligent packaging. *Food Science and Technology* [online]. London: Academic Press, s. 138-155 [cit. 2021-04-12]. ISBN 978-0-12-311632-1. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/B978-012311632-1/50041-3>

- JEDERMANN, Reiner et al., 2006. Applying autonomous sensor systems in logistics— Combining sensor networks, RFIDs and software agents. *Sensors and Actuators A: Physical* [online]. **132**(1), s. 370-375 [cit. 2021-04-21]. ISSN 0924-4247. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.sna.2006.02.008>
- LABUZA, Theodore a W BREENE, 1989. Application of ‘active packaging’ technologies for the improvement of shelf-life and nutritional quality of fresh and extended shelf-life foods. *Bibliotheca nutritio et dieta* [online]. **43**, s. 252-9 [cit. 2021-03-21]. Dostupné z: <https://doi.org/doi:10.1159/000416709>
- LEE, Dong Sun, 2016. Carbon dioxide absorbers for food packaging applications. *Trends in Food Science & Technology* [online]. **57**, s. 146-155 [cit. 2021-02-28]. ISSN 0924-2244. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.09.014>
- E-CONTENT-SCIENCE, 2020. *M-14.Active and intelligent packaging: Food and Nutrition* [online]. Youtube, Innovations in food packaging [cit. 2021-03-08]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=znCfwsHogg0>
- MC LOONE, Chris, 2007. Hot or Not?: Thermo-chromic inks make smart packages smarter by communicating temperature. Packaging Impressions – For Printers and Converters of Labels, Flexible Packaging and Folding Cartons: Smart Packaging – Thermo-chromic Inks [online]. [cit. 2021-04-10]. Dostupné z: <https://www.packagingimpressions.com/article/smart-packaging-thermo-chromic-inks-53226/all/>
- MESSER TECHNOGAS S.R.O., c2021. *Řízená atmosféra ve sklenících: Obohacování vzduchu ve skleníku CO2* [online]. [cit. 2021-03-07]. Dostupné z: <https://www.messergroup.com/web/messer-technogas-spol.-s.r.o./rizena-atmosfera-ve-sklenicich>
- MILLS, Andrew, 2005. Oxygen indicators and intelligent inks for packaging food. *Chemical Society Reviews* [online]. The Royal Society of Chemistry, **34**(12), s. 1003-1011 [cit. 2021-03-22]. ISSN 0306-0012. Dostupné z: <https://doi.org/10.1039/B503997P>

- NELSON, Katherine A. a Theodore P. LABUZA, 1992. An Evaluation of the Kinetics of Microwave Doneness Indicators. *Journal of Food Protection* [online]. **55**(3), s. 203-207 [cit. 2021-03-22]. ISSN 0362-028X. Dostupné z: <https://doi.org/10.4315/0362-028X-55.3.203>
- OTONI, Caio G. et al., 2016. Trends in antimicrobial food packaging systems: Emitting sachets and absorbent pads: Emitting sachets and absorbent pads. *Food Research International* [online]. **83**, s. 60-73 [cit. 2021-02-27]. ISSN 0963-9969. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2016.02.018>
- PACKAGING, 2003. *Současný stav využívání aktivních systémů balení při výrobě potravin (I)* [online]. Prosinec 2003/36. [cit. 2021-02-28]. Dostupné z: http://www.packaging-cz.cz/printernet/Packaging/PAC062003/Pdf/packa_06_03_bk06.pdf
- PEREIRA DE ABREU, D. A., J. M. CRUZ a P. PASEIRO LOSADA, 2012. Active and Intelligent Packaging for the Food Industry. *Food Reviews International* [online]. Taylor & Francis, **28**(2), s. 146-187 [cit. 2021-04-28]. ISSN 8755-9129. Dostupné z: <https://doi.org/10.1080/87559129.2011.595022>
- POTYRAILO, Radislav A., Henri MOUQUIN a William G. MORRIS, 2008. Position-independent chemical quantitation with passive 13.56-MHz radio frequency identification (RFID) sensors. *Talanta* [online]. **75**(3), s. 624-628 [cit. 2021-04-21]. ISSN 0039-9140. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2007.06.023>
- RAPASOL, 2018. *PRŮMYSLOVÉ OBALOVÉ MATERIÁLY: Katalog obalových materiálů a balicích řešení*. [online]. Most, 76 s. [cit. 2021-04-17]. Dostupné také z: http://www.rapasol.cz/files/catalogues/rapasol_catalogue.pdf
- RETAMA, J. Rubio et al., 2005. Synthesis and characterization of semiconducting polypyrrole/polyacrylamide microparticles with GOx for biosensor applications. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects* [online]. **270-271**, s. 239-244 [cit. 2021-03-08]. ISSN 0927-7757. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2005.06.007>

- SANTOS, Johnson C.P. et al., 2018. Nisin and other antimicrobial peptides: Production, mechanisms of action, and application in active food packaging: Production, mechanisms of action, and application in active food packaging. *Innovative Food Science & Emerging Technologies* [online]. **48**, s. 179-194 [cit. 2021-03-04]. ISSN 1466-8564. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2018.06.008>
- SCULLY, Andrew et al., YAM, Kit L., ed., 2009. *ENCYCLOPEDIA OF PACKAGING TECHNOLOGY* [online]. Třetí vyd. Spojené státy americké: Wiley, 1353 s. [cit. 2021-02-27]. ISBN 978-0-470-08704-6. Dostupné z: <https://doi.org/10.1002/9780470541395>
- SIGLER, Derrek, 2011. CA storage has become staple of the fruit industry. *FRUIT GROWERS NEWS* [online]. Michigan [cit. 2021-03-07]. Dostupné z: <https://fruitgrowersnews.com/article/ca-storage-has-become-staple-of-the-fruit-industry/>
- SMEJTKOVÁ, Andrea, 2018. *Balení v potravinářském průmyslu* [online]. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 193 s. [cit. 2021-02-28]. ISBN 978-80-213-2864-8. Dostupné z: https://home.czu.cz/storage/53576_Baleni-v-potravinarskem-prumyslu.pdf
- SMOLANDER, Maria et al., 2002. Myoglobin-based indicators for the evaluation of freshness of unmarinated broiler cuts. *Innovative Food Science & Emerging Technologies* [online]. **3**(3), s. 279-288 [cit. 2021-05-02]. ISSN 1466-8564. Dostupné z: [https://doi.org/10.1016/S1466-8564\(02\)00043-7](https://doi.org/10.1016/S1466-8564(02)00043-7)
- SOFI, S.A. et al., 2018. *A Comprehensive Review on Antimicrobial Packaging and its Use in Food Packaging* [online]. **14**(4), s. 305-312, 8 s. [cit. 2021-03-01]. Dostupné z: <http://dx.doi.org/10.2174/1573401313666170609095732>
- SUBRAMANIAN, Vivek et al., 2005/08/01. Progress Toward Development of All-Printed RFID Tags: Materials, Processes, and Devices: Materials, Processes, and Devices. *Proceedings of the IEEE* [online]. **93**, s. 1330-1338 [cit. 2021-04-15]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1109/JPROC.2005.850305>
- SVĚT BALENÍ, 2008. *Hlavní téma – balení potravin, technologie: Aktivní obaly do praxe nespěchají* [online]. Praha, **SB 1/2008** [cit. 2021-02-28]. Dostupné z: <https://www.svetbaleni.cz/2008/01/01/sb-1-2008-hlavn-tma-baleni-potravin-technologie-aktivni-obaly-do-praxe-nespechaji/>

ŠTENCL, Jiří, 2013. *BALENÍ POTRAVIN* [online]. Brno [cit. 2021-03-05]. Dostupné z: https://cit.vfu.cz/ivbp/wp-content/uploads/2011/07/13-BP_e-opora2.pdf

TAOUKIS, P.S. a T.P. LABUZA, 2003. 6 - Time-temperature indicators (TTIs). *Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition* [online]. Woodhead Publishing, s. 103-126 [cit. 2021-03-02]. ISBN 978-1-85573-675-7. Dostupné z: <https://doi.org/10.1533/9781855737020.1.103>

The American Heritage® Dictionary of the English Language: intelligent [online], 2020. 5. vyd. Houghton Mifflin Harcourt Publishing Company [cit. 2021-03-07]. Dostupné z: <https://ahdictionary.com/word/search.html?q=intelligent>

TSIRONI, Theofania et al., 2008. Application and validation of the TTI based chill chain management system SMAS (Safety Monitoring and Assurance System) on shelf life optimization of vacuum packed chilled tuna. *International Journal of Food Microbiology* [online]. **128**(1), s. 108-115 [cit. 2021-03-02]. ISSN 0168-1605. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2008.07.025>

VILELA, Carla et al., 2018. A concise guide to active agents for active food packaging. *Trends in Food Science & Technology* [online]. **80**, s. 212-222 [cit. 2021-03-02]. ISSN 0924-2244. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.08.006>

WILSON, Charles L., ed., 2007. *INTELLIGENT AND ACTIVE PACKAGING FOR FRUITS AND VEGETABLES* [online]. Spojené státy americké: CRC Press [cit. 2021-03-01]. ISBN 0-8493-9166-0. Dostupné z: https://www.academia.edu/35506767/Active_and_intellegent_packaging_for_food_pdf

YAM, Kit L., Paul T. TAKHISTOV a Joseph MILTZ, 2005. Intelligent Packaging: Concepts and Applications: Concepts and Applications. *Journal of Food Science* [online]. John Wiley, **70**(1), s. 1-10 [cit. 2021-03-21]. ISSN 0022-1147. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2005.tb09052.x>

9 Seznam tabulek

Tab. 1 Typy absorbérů a jejich využití v praxi.....	6
Tab. 2 Typy emitorů a jejich využití v praxi	12
Tab. 3 Složení atmosféry a teploty skladování pro vybrané typy potravin	14
Tab. 4 Příklady indikátorů inteligentního balení.....	18

10 Seznam obrázků

Obr. 1 Absorbéry kyslíku	7
Obr. 2 Absorbéry vlhkosti	9
Obr. 3 Fresh-Check® indikátor čerstvosti	19
Obr. 4 3M Indikátor teploty v čase	20
Obr. 5 Indikátor koncentrace kyslíku	21
Obr. 6 Užití thermoinkoustu u nápojů.....	23
Obr. 7 Bezpečnostní páska	25
Obr. 8 Jablka zaskladněná v ULO komoře	27
Obr. 9 Koncentrace plynů a teplota v uskladňovací komoře během skladování	29