

Vliv obalového materiálu na trvanlivost vybraných druhů potravin

Bc. Lucie Šašinková

Diplomová práce
2014



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav technologie potravin

akademický rok: 2013/2014

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Lucie Šašinková**
Osobní číslo: **T12830**
Studijní program: **N2901 Chemie a technologie potravin**
Studijní obor: **Technologie, hygiena a ekonomika výroby potravin**
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Vliv obalového materiálu na trvanlivost vybraných druhů potravin**

Zásady pro vypracování:

I. Teoretická část

1. **Legislativa. Stručná charakteristika obalů.**
2. **Charakteristika plastů. Charakteristika fólií.**
3. **Trvanlivost potravin. Charakteristika vybraných potravin.**

II. Praktická část

1. **Výroba fólií. Balení potravin.**
2. **Změření základních mechanických vlastností fólií.**
3. **Mikrobiologický rozbor potravin.**
4. **Vypracovat diskuzi a formulovat závěr.**

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

[1] HERNANDEZ, Ruben J., John D. CULTER a Susan E. SELKE. *Plastics packaging: properties, processing, applications, and regulations*. 2nd ed. Munich: Hanser, c2004, xvii, 448 p. ISBN 1-56990-372-7.

[2] ROBERTSON, Gordon L. *Food packaging: principles and practice*. 2nd ed. Boca Raton, FL: Taylor & Francis/CRC Press, 2006, 550 s. ISBN 0-8493-3775-5.

[3] KAČEŇÁK, Igor. *Obaly a obalová technika*. 1. vyd. Bratislava: Slovenská vysoká škola technická, 1990, 173 s. ISBN 802270301x.

[4] ŠTĚPEK, Jiří. *Polymery v obalové technice*. vyd. 1. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1981, 530, [1] s. [4] s. barev. fot. příl.

[5] CHAUDHRY, Qasim, L CASTLE a Richard WATKINS. *Nanotechnologies in food*. Cambridge: RSC Publishing, c2010, xiii, 229 s. ISBN 978-0-85404-169-5.

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Dagmar Měřinská, Ph.D.**

Ústav inženýrství polymerů

Datum zadání diplomové práce: **10. ledna 2014**

Termín odevzdání diplomové práce: **25. dubna 2014**

Ve Zlíně dne 3. února 2014



doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan



doc. Ing. František Buňka, Ph.D.
ředitel ústavu

Příjmení a jméno: Šašinková Lucie

Obor: THEVP

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

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

Ve Zlíně 24.4.2014

.....*Šašinková*.....

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

ABSTRAKT

Diplomová práce se zabývá hodnocením vybraných typů obalových fólií při balení vybraných druhů potravin. U vyrobených a komerčně dostupných polymerních fólií se sledují jakostní změny potravin v průběhu skladování. Charakterizují se jednotlivé druhy výrobních obalových materiálů, způsob balení potravin, a hodnocení trvanlivosti.

Obalový materiál byl vyroben z LDPE, EVA, EVOH a Surlynu. Byly vyrobeny jak čisté fólie, tak i obohacené o plnivo Cloisite 20A. Připravené fólie byly podrobeny testu na propustnost pro kyslík a byly zkoušeny mechanické vlastnosti (tahové zkoušky). Dále jako obalové materiály sloužily již zmíněné komerčně dodávané fólie.

Potravin byly baleny pomocí prostého balení a balení ve vakuu.

Trvanlivost potravin byla pojata experimentem, který měl sledovat míru nárůstu mikroorganismů v jednotlivých baleních potravin v průběhu třináctidenního skladování. Během třinácti dnů byla provedena 4 měření. První den se při balení vzorků prováděl mikrobiologický rozbor potravin a obalů. V následujícím měření v 5., 9. a 13. den se odebíraly jednotlivé vzorky balení potravin. U vzorků potravin byl zjišťován celkový počet mikroorganismů, počet kvasinek a plísní, enterobakterií, klostridií, stafylokoků a bakterií mléčného kvašení (laktobacily, laktokoky a streptokoky).

Tato práce porovnává prosté a vakuové balení, a jednotlivé obalové materiály mezi sebou. Cílem je zjistit, který obalový materiál je nejvhodnější pro balení potravin.

Klíčová slova: obaly, plasty, fólie, trvanlivost, sýry, masné výrobky

ABSTRACT

The thesis is focused on the evaluation of selected types of packaging films in a relation to a packaging of selected types of food. The thesis operates with manufactured and commercially available polymer films, the monitoring its qualitative changes of food during storage. Particular types of manufactured packaging materials are also characterized in the thesis, the method of food packaging and the evaluation of the food shelf-life.

The packaging material was prepared from LDPE, EVA, EVOH and Surlyn. During the analysis pure films were manufactured, also films enriched by the Cloisite 20A additive. The manufactured films were subjected to oxygen permeability test in the addition to the mechanical quality test (tensile testing). Aside from these materials above mentioned commercially supplied films were also used.

The food was packed either in normal atmospheric conditions or in vacuum.

The shelf-life of selected types of food was tested by monitoring of the growth of microorganisms in particular food packages during thirteen days long storage. Within this period four measurements were conducted. The first day – before packaging of the samples - a microbiological analysis of the processed food and packaging materials was conducted. During the next measurements - at the fifth, ninth and thirteenth day - samples of the food packed in particular films were collected. In the collected samples the total number of microorganisms, the number of yeast cells and molds, enterobacteria, clostridia, staphylococci and lactic acid bacteria (lactobacilli, lactococci and streptococci) was analyzed.

This thesis compares normal and vacuum packaging and particular packaging materials with each other. The objective is to discover which material is the most suitable for food packaging.

Keywords: packaging material, plastic, films, shelf-life, cheese, meat products

Chtěla bych zde velmi poděkovat doc. Ing. Dagmar Měřínské Ph.D. za odborné vedení, poskytnuté konzultace, cenné rady a připomínky.

Také bych chtěla poděkovat Ing. Alici Tesaříkové Svobodové za pomoc při výrobě a měření fólií a za poskytnutí konzultací. Doc. RNDr. Leoně Buňkové Ph.D. bych tímto chtěla poděkovat za poskytnuté konzultace u vyhodnocování potravin. Doc. Ing. Františkovi Buňkovi Ph.D. bych chtěla poděkovat za umožnění balení potravin a za cenné rady k této práci. Dále bych poděkovala Ing. Barboře Šafaříkové, Bc. Veronice Kučabové, Lence Machálkové a Ing. Ludmile Zálešákové.

Ráda bych také poděkovala své rodině a Adamovi Procházkovi za jejich pochopení a podporu při studiu.

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

Podpis studenta

OBSAH

ÚVOD	13
I TEORETICKÁ ČÁST	14
1 LEGISLATIVA OBALŮ	15
1.1 OBECNÉ POŽADAVKY NA OBALY	15
1.2 ZDRAVOTNÍ POŽADAVKY NA OBALY POTRAVIN	15
1.3 PŘEDPISY TÝKAJÍCÍ SE LIKVIDACE OBALOVÉHO ODPADU	16
1.4 NORMY.....	16
1.5 OSTATNÍ PŘEDPISY	16
1.5.1 Právní předpisy Evropské Unie	16
1.5.2 Požadavky na obaly ve specifických standardech pro potraviny	17
2 OBALY	18
2.1 POJMY	18
2.2 KLASIFIKACE OBALOVÝCH PROSTŘEDKŮ.....	19
3 PLASTY	20
3.1 ROZDĚLENÍ PLASTŮ	20
3.2 VLASTNOSTI PLASTŮ	20
4 OCHRANNÉ FUNKCE OBALŮ	22
4.1 OCHRANA VÝROBKU PŘED MECHANICKÝMI ČINITELI.....	22
4.2 OCHRANA VÝROBKŮ PŘED KLIMATICKÝMI ČINITELI	22
4.2.1 Ochrana výrobků před změnami vlhkosti	23
4.2.2 Ochrana obalem před oxidačně-redukčními změnami.....	23
4.2.3 Ochrana obalem před pronikáním par organických látek.....	23
4.2.4 Ochrana obalem před zářením.....	24
4.2.5 Úloha obalu při teplotních změnách.....	24
4.3 OCHRANA VÝROBKU PŘED BIOLOGICKÝMI ČINITELI	24
5 FÓLIE	25
5.1 FÓLIE Z ČISTÝCH POLYMERŮ.....	25
5.1.1 Polyetylen	25
5.1.1.1 Kopolymery etylenu.....	25
5.1.2 Polypropylen	27
5.1.3 Polyamid.....	27
5.2 FÓLIE Z PLNĚNÝCH POLYMERŮ	27
5.3 POLYMERY Z JINÝCH MONOMERŮ.....	28
5.4 VÍCEVRSTVÉ FÓLIE	29
5.5 BARIÉROVÉ FÓLIE.....	29
6 TECHNOLOGIE VÝROBY FÓLIÍ	31

6.1	PŘÍPRAVNÉ PRÁCE.....	31
6.1.1	Míchání	31
6.2	VÝROBA FÓLIÍ	32
6.2.1	Vytlačování na širokoštěrbinové hlavě	32
6.2.2	Lití	33
6.2.3	Vyfukování folií	33
7	TRVANLIVOST POTRAVIN	35
7.1	KATEGORIE POTRAVIN.....	35
7.2	FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ TRVANLIVOST POTRAVIN.....	35
7.2.1	Mikrobiologické změny	37
7.2.2	Chemické změny	37
7.2.3	Fyzikální změny	37
7.3	PRODLOUŽENÍ TRVANLIVOSTI POMOCÍ OBALŮ	38
8	CHARAKTERISTIKA VYBRANÝCH POTRAVIN.....	39
8.1	SÝRY.....	39
8.1.1	Chemické složení sýrů	39
8.1.2	Kontaminující mikroflóra sýrů.....	40
8.1.3	Výroba sýrů	41
8.1.3.1	Ošetření mléka	42
8.1.3.2	Přídavek kyselých kultur	42
8.1.3.3	Koagulace mléka.....	43
8.1.3.4	Zpracování sraženiny	44
8.1.3.5	Formování	45
8.1.3.6	Solení	46
8.1.3.7	Zrání.....	46
8.1.3.8	Balení	47
8.2	MASNÉ VÝROBKY.....	47
8.2.1	Chemické složení	47
8.2.2	Kontaminující mikroflóra masných výrobků	48
8.2.3	Výroba masných výrobků.....	49
8.2.3.1	Struktura masných výrobků	49
8.2.3.2	Suroviny a přídavné látky	50
8.2.3.3	Solení	50
8.2.3.4	Mělnění a míchání	51
8.2.3.5	Narážení a tvarování	51
8.2.3.6	Uzení.....	51
8.2.3.7	Sušení.....	52
8.2.3.8	Tepelné opracování.....	52
8.2.3.9	Fermentace.....	53
8.2.3.10	Balení	53
II	PRAKTICKÁ ČÁST.....	54
9	POUŽITÉ MATERIÁLY A PŘÍPRAVA VZORKŮ	55
9.1	POUŽITÉ MATERIÁLY	55
9.1.1	Použité plnivo.....	55

9.1.2	Použité kompatibilizátory	55
9.1.3	Příprava předsměsi - MASTERBATCH	55
9.1.4	Příprava směsí	56
9.2	PŘÍPRAVA VZORKŮ	56
9.2.1	Míchání a homogenizace	56
9.2.2	Lisování	58
9.2.3	Vytlačování	59
9.3	BALENÍ POTRAVIN	60
9.3.1	Fólie	60
9.3.2	Příprava potravin	60
9.3.3	Příprava obalů	61
9.3.4	Vlastní balení potravin	61
9.3.5	Přehled zabalených vzorků	62
10	EXPERIMENTÁLNÍ METODY A POSTUPY	63
10.1	TAHOVÉ ZKOUŠKY	63
10.2	ZKOUŠKY PLYNOPROPUSTNOSTI	64
10.3	MIKROBIOLOGICKÝ ROZBOR	65
10.3.1	Příprava půd a fyziologického roztoku	65
10.3.1.1	Plate Count Agar	65
10.3.1.2	ENDO Agar	66
10.3.1.3	Baird Parker Agar	66
10.3.1.4	M17 Agar	67
10.3.1.5	Lactobacillus MRS Broth	67
10.3.1.6	Reinforced Clostridial Broth (RC Broth)	68
10.3.1.7	Fyziologický roztok	69
10.3.2	Mikrobiologický rozbor potravin	69
10.3.2.1	Odběr vzorku a ředění	69
10.3.2.2	Stanovení mikroorganismů	69
10.3.2.3	Kultivace	69
10.3.2.4	Skupiny zjišťovaných mikroorganismů	70
10.3.3	Mikrobiologický rozbor obalů	70
10.3.3.1	Odběr vzorku	70
10.3.3.2	Kultivace	71
10.3.4	Stanovení CFU	71
11	VÝSLEDKY A DISKUZE	72
11.1	TAHOVÉ ZKOUŠKY	72
11.1.1	Tahové zkoušky desek	72
11.1.2	Tahové zkoušky fólií	74
11.2	ZKOUŠKY PLYNOPROPUSTNOSTI	77
11.3	MIKROBIOLOGICKÝ ROZBOR	79
11.3.1	Mikrobiologický rozbor - sýr	79
11.3.2	Mikrobiologický rozbor - masný výrobek	84
11.3.3	Mikrobiologický rozbor - obaly	89

11.4 POROVNÁNÍ VÝSLEDKŮ	89
ZÁVĚR	91
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	93
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	100
SEZNAM OBRÁZKŮ	103
SEZNAM TABULEK.....	104

ÚVOD

Spotřebitelé očekávají, že potraviny, které kupují, budou mít odpovídající jakost a kvalitu. Správným výběrem kvalitních surovin, dodržováním hygienických podmínek při zpracování, vhodným balením, distribucí a skladováním může být zabezpečena nejvyšší jakost produktu po určenou dobu.

Obaly jsou všude kolem nás a bez nich bychom si těžko mohli představit normální život. Obal poskytuje potravině ochranu před jejím znehodnocením. Chrání potravinu před fyzikálními, chemickými a biologickými vlivy, a snaží se prodloužit trvanlivost potravin. Umožňuje snadnější manipulaci s výrobkem, jeho přepravu a skladování.

Už v minulosti se lidé snažili uchovávat potraviny. Potraviny balili do lopuchového listu, vydlabané zeleniny a dřeva. Postupem času byly vyvinuty různé obalové materiály, přes papír, lepenku, kov, dřevo až po polymerní fólie.

S postupným zdokonalováním obalového materiálu se nyní dostává obalový materiál až k obalům z tzv. inteligentních polymerů, kdy k výše vyjmenovaným požadavkům na obal přibyly další speciální funkce a obal se tedy začíná připravovat tzv. na míru – podle požadavků zákazníka. Jedním takovým příkladem je typ obalové polymerní folie, která se změnou obsahu atmosféry uvnitř balíčku mění svou barvu a tím indikuje nebezpečí zkažení či vypršení doby trvanlivosti. S novými možnostmi technologií a vlastností polymerů stoupá požadavek na speciální vlastnosti a případně speciální složení obalové folie, na což se v prvním pohledu zaměřuje i předkládaná diplomová práce.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 LEGISLATIVA OBALŮ

Nařízení a předpisy vztahující se k problematice balení potravin je možné rozdělit do následujících skupin:

- obecné požadavky na obaly potravin,
- zdravotní požadavky na obaly potravin,
- předpisy týkající se likvidace obalového odpadu,
- technická normalizace,
- ostatní předpisy [1].

1.1 Obecné požadavky na obaly

Zákon č. 110/1997 Sb. o potravinách a tabákových výrobcích a o změně a doplnění některých souvisejících zákonů ukládá obecné požadavky na balení a označování potravin.

Základní povinnosti výrobců potravin jsou zmiňovány v § 5 – Balení potravin. Je zde uvedeno, že kdo uvádí potraviny do oběhu, musí zajistit patřičnou konstrukci obalu, aby nemohlo dojít ke znehodnocení potraviny bez otevření nebo poškození obalu.

V § 6 Označování potravin jsou uvedeny povinné údaje, které musí být na obalech potravin vyznačeny [1].

1.2 Zdravotní požadavky na obaly potravin

Zákon č. 258/2000 Sb. o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů ukládá výrobcům nebo dovozcům obalových prostředků vydat prohlášení, že výrobek vyhovuje příslušným hygienickým předpisům.

Hlavními prováděcími předpisy specifikujícími požadavky na základní typy materiálů přicházejícími do kontaktu s potravinami nebo pitnou vodou, tj. obalovými materiály, ale i součástmi potravinářských strojů a zařízení, atd., jsou

- vyhláška Ministerstva zdravotnictví ČR č. 37/2001 Sb., o hygienických požadavcích na výrobky přicházející do přímého styku s vodou a na úpravu vody

- vyhláška Ministerstva zdravotnictví ČR č. 38/2001 Sb., o hygienických požadavcích na výrobky určené pro styk s potravinami a pokrmy, novelizovaná vyhláškou 186/2003 Sb. [1].

1.3 Předpisy týkající se likvidace obalového odpadu

Zákon č. 477/2001 Sb., o obalech a o změně některých zákonů se týká likvidace obalového odpadu. Účelem tohoto zákona je chránit životní prostředí předcházením vzniku odpadů z obalů. Tento zákon stanoví práva a povinnosti podnikajících fyzických a právnických osob a působnost správních úřadů při nakládání s obaly a uváděním obalů a balených výrobků na trh nebo do oběhu. Jsou zde uvedeny definice týkající se obalů [2].

Zákon č. 185/2001 Sb., o odpadech a o změně některých dalších zákonů upravuje pravidla pro předcházení vzniku odpadů a pro nakládání s nimi při dodržování ochrany životního prostředí, ochrany lidského zdraví a trvale udržitelného rozvoje a při omezování nepříznivých dopadů využívání přírodních zdrojů a zlepšování účinnosti tohoto využívání [3].

1.4 Normy

ČSN řady 77 se zabývají obaly, obalovými materiály, metodami zkoušení.

Přehled vybraných ČSN norem:

- ČSN 77 0000 Obaly - Základní termíny
- ČSN 77 0001 Obalová technika. Terminologie
- ČSN 77 0002 Balicí stroje. Terminologie
- ČSN 77 0003 Obaly - Obaly a životní prostředí - Terminologie
- ČSN 77 0004 Obaly - Terminologie - Základní termíny a definice
- ČSN 77 0020 Balení. Všeobecné požadavky na obaly [4]

1.5 Ostatní předpisy

1.5.1 Právní předpisy Evropské Unie

Nařízení Evropského Parlamentu a Rady (ES) č. 187/2002 se vztahuje na všechny fáze výroby, zpracování a distribuce potravin a krmiv. Z tohoto nařízení vyplývá, že obalové materiály potravin nesmí uvádět spotřebitele v omyl [5].

Nařízení Evropského Parlamentu a Rady (ES) č. 1935/2004 spočívá v tom, že jakýkoliv materiál nebo předmět, který je určen pro přímý nebo nepřímý styk s potravinami, musí být dostatečně stabilní, aby se zabránilo přechodu látek do potravin v množstvích, která by mohla ohrozit lidské zdraví nebo způsobit nepříjemnou změnu ve složení potravin nebo zhoršení jejich organoleptických vlastností [6].

Nařízení Komise (EU) č. 10/2011 stanovuje zvláštní požadavky pro výrobu a uvádění na trh materiálů a předmětů z plastů, které jsou určeny pro styk s potravinami, nebo jsou již ve styku s potravinami nebo u nichž se dá důvodně předpokládat, že přijdou do styku s potravinami [7].

Směrnice Komise 2007/19/ES harmonizuje pravidla pro materiály a předměty z plastů, které jsou určeny pro styk s potravinami. Stanovuje seznam látek povolených k výrobě těchto materiálů a předmětů, zejména přísad a monomerů, omezení jejich použití, pravidla pro označování a rovněž údaje, které mají být poskytnuty spotřebiteli nebo provozovateli potravinářského podniku ke správnému používání těchto materiálů a předmětů [8].

1.5.2 Požadavky na obaly ve specifických standardech pro potraviny

IFS Food je GFSI uznávaným standardem pro audit bezpečnosti potravin a kvality procesů a produktů u výrobců potravin. Jsou v něm řešeny obalové materiály, které by mohly mít vliv na výrobky. Tyto obalové materiály musí obsahovat prohlášení o shodě, které musí splňovat aktuální legislativní požadavky [9,10].

BRC Global Standard zaručuje standardizaci kvality, bezpečnosti a provozní kritéria, a zajišťuje, aby výrobci plnili své zákonné povinnosti a poskytovali ochranu pro konečného spotřebitele. Součástí je celosvětový standard pro obaly a obalové materiály pro potraviny i nepotravinářské využití [11].

FSSC 22000 je vyvinut pro certifikaci bezpečnosti potravin v potravinovém řetězci, které zpracovávají nebo vyrábějí živočišné produkty, rostlinné produkty podléhající rychlé zkažení, výrobky s dlouhou trvanlivostí, (jiné) složky potravin jako například přídatné látky, vitamíny, bio-kultury a výrobou materiálu pro balení potravin [12].

2 OBALY

Obalem je výrobek zhotovený z materiálu jakékoli povahy a určený k pojmání, ochraně, manipulaci, dodávce, popřípadě prezentaci výrobku nebo výrobků určených spotřebiteli nebo jinému konečnému uživateli [2].

Obaly plní funkci ochrany výrobku před znehodnocením. Obal je jedním z prostředků, který slouží k prodloužení údržnosti potravin, chrání potraviny před vnějšími mechanickými, chemickými, fyzikálními a biologickými vlivy [1].

Mezi základní funkce obalu patří funkce ochranná, racionalizační a komunikační. Obal je v pravém slova smyslu obalem pouze, pokud plní všechny tyto tři funkce.

Balení je neoddělitelnou součástí logistiky, jehož pomocí se výrobek stává schopný dopravy a skladování; obaly jsou spojovací článkem mezi výrobou, skladováním a distribucí, mezi plánovaným a skutečným odbytem. Obaly se musí stále konfrontovat se změnami požadavků při oběhu výrobku a naopak.

Každá ze složek řetězce od výroby až ke spotřebiteli (výroba potravin, výroba obalů, manipulace, přeprava, obchod, spotřeba) má svoje specifické požadavky na obal a balení vůbec, některé se shodují, některé se zase liší. Základem však na každém stupni tohoto výrobku je, aby obal plnil svoje základní funkce. Zabezpečení základních funkcí obalu se odvozuje z požadavků, které vyplývají:

- z platných předpisů a dohod,
- z vlastností výrobku,
- z vlivu vnějšího prostředí,
- z povahy balicího procesu,
- z manipulace, přepravy a skladování,
- z odbytu a spotřeby [13].

2.1 Pojmy

Obalová technika je souhrn činností, které mají zabezpečit optimálnost obalových funkcí při manipulaci s výrobky a spotřebě.

Obalový prostředek je společný název pro obalové materiály, obaly a pomocné obalové prostředky.

Mezi obalový materiál patří suroviny, polotovary, hotové výrobky, určené bez další úpravy na výrobu obalů a balení.

Pomocný obalový prostředek se používá jen na vymezené účely jako vrstvení výrobků, na jejich utěsnění, upevnění, na spojování jednotlivých částí obalů do jednoho celku, na uzavírání, otevírání obalů apod.

Balení je činnost spočívající v přípravě výrobků na přepravu, skladování, odbyt a spotřebu pomocí obalů a obalových materiálů [13].

2.2 Klasifikace obalových prostředků

Obaly se dělí dle funkce na spotřebitelské (sáčky, skládačky, láhve, sklenice, plechovky, tuby, misky), přepravní (bedny, krabice, sudy, pytle, demižóny, přepravky z plastů), skupinové [1,13].

Obaly se také dělí z hlediska látkového složení, které je dáno možností obecného popisu aplikovatelností obalového materiálu v potravinářské technologii (možnost přímého kontaktu s potravinou, bariérové vlastnosti, odolnost vůči mechanickému namáhání, odolnost vůči tepelnému namáhání). Z hlediska látkového složení se obalové materiály dělí na dřevo, papír a lepenky, tkaniny, kovy, sklo, plasty, požitelné potahové látky a obaly [1].

3 PLASTY

Plast je umělá hmota nebo také makromolekulární látka složená z velkého množství stále se opakujících molekul anebo také syntetické, polosyntetické nebo polymerní látky [14].

3.1 Rozdělení plastů

Schematicky lze plasty rozdělit několika způsoby.

Podle výchozích surovin pro přípravu plastů se dělí nejčastěji na polosyntetické hmoty a plně syntetické hmoty. Polosyntetické hmoty vznikají chemickou nebo fyzikální přeměnou přírodních polymerů, jako jsou např. hmoty získané přeměnou přírodního kaučuku, celulosy, bílkovin, atd. Plně syntetické hmoty jsou vyráběny syntézou nízkomolekulárních organických sloučenin.

Dále se plasty dělí podle typu reakce vzniku na plasty na bázi kondenzačních produktů (např. fenolformaldehydové a aminoaldehydové pryskyřice, polyestery, atd.), plasty na bázi polymeračních produktů (např. polyvinylchlorid, polyakryláty, polyolefiny, polystyren, atd.) a plasty na bázi přírodních produktů (např. celulóza, bílkoviny, bitumen a rostlinné oleje).

Plasty lze rozlišovat i podle jejich chování za tepla na plasty teplem tavitelné - termoplasty a plasty teplem tvrditelné - reaktoplasty, resp. duroplasty. Termoplasty působením tepla měknou až tají a ochlazením opět tuhnou, přičemž tento cyklus lze i vícekrát opakovat, aniž dojde k zásadním změnám jejich vlastností. Reaktoplasty působením tepla tají, ale dalším zahříváním tzv. vytvrzováním přecházejí do netavitelného stavu. Při vytvrzovací teplotě dochází ve hmotě k chemické reakci, a tedy k zásadním změnám vlastností.

Dále se polymery mohou nacházet pouze ve stavu kapalném nebo tuhém. Podle pravidelnosti prostorového uspořádání makromolekul v tuhém stavu rozlišujeme stav krystalický - vysoce uspořádaný, a sklovitý - neuspořádaný (amorfní) [15].

3.2 Vlastnosti plastů

Široké možnosti uplatnění plastických látek v obalové technice vyplývá z jejich velmi rozmanitých fyzikálních a chemických vlastností.

Z mechanických vlastností podmíněných strukturou makromolekuly je důležitá plastická deformace - plasticita, která umožňuje zvláště za vyšších teplot tvarování, vstřikování, vytlačování, odlévání a podobné způsoby zpracování na měkké a pevné obaly. Taky pružná deformace - elasticita se příznivě projevuje při balení do fólií. V řadě případů se příznivě projevuje i smrštitelnost některých orientovaných plastických fólií působením záhřevu.

Z tepelných vlastností plastických látek má v obalové technice mimořádný význam možnost sváření některých plastických fólií. Nejobvyklejším médiem, které se používá na spojování termoplastů, je teplo.

Dobrá chemická odolnost většiny plastů proti agresivním složkám potravin případně proti čistícím prostředkům je předurčuje na obaly a nebo pro povlaky.

Z fyzikálně-chemických vlastností má pro obalovou techniku prvořadý význam částečná nepropustnost pro plyny a zvláště fakt, že jednotlivé druhy fólií se liší v této vlastnosti, čím je možné volit pro jednotlivé potraviny a nebo jejich skupiny optimální hodnoty resp. optimální obaly. Zároveň jako je tato vlastnost výhodou, je do určité míry i omezující faktor při jejich použití, zvláště pro dlouhodobé skladování.

Z elektrických vlastností plastických látek jsou pro obalovou techniku důležité hlavně ty, které podmiňují použitelnost vysokofrekvenčního dielektrického ohřevu na sváření. Z negativních elektrických vlastností je třeba uvést možnost tvorby statické elektřiny, která je zapříčiněná nevyvážeností elektronů v atomech materiálů, které jsou vystaveny tření při používání na vysokovýkonných balících strojích [13].

4 OCHRANNÉ FUNKCE OBALŮ

Volbou vhodného obalu je možné chránit většinu výrobků, které ztrácí svoji kvalitu a znehodnocují se stykem s okolím prostředím.

Změna potravin je zásadně dvojího typu. První probíhá bez účasti mikrobiální kontaminace. Jedná se o mechanické poškození fyzikálními, biologickými a fyzikálně-chemickými vlivy. Dále změny chemické, následkem oxidace, chuťových, barevných nebo jiných nutričně cenných složek potravin a také změny různých druh záření. I kontaminace potravin cizorodými anebo toxickými látkami patří mezi nemikrobiální změny.

Druhou změnou jsou mikrobiologické změny, kterým mohou potraviny podléhat, a jsou také velmi různorodé. V této souvislosti přichází do úvahy nežádoucí změny, vyvolané růstem plísní, kvasinek a bakterií na hlavních složkách potravin - tuky, sacharidy a bílkoviny. Intenzita těchto mikrobiálních změn může být velmi různá [13].

4.1 Ochrana výrobku před mechanickými činiteli

Zejména při dopravě a s ní související manipulací, ale i při skladování a skladových manipulacích jsou balené výrobky vystaveny mechanickému namáhání. Specifickým typem mechanického namáhání obalu jsou tlakové změny např. při pasteraci a sterilaci potravin v obalu.

Aby obal poskytl maximální ochranu proti nárazu a vibracím, musí především sám tomuto namáhání odolat a dále zajistit, aby se v něm kinetická energie rázu pokud možno absorbovala. Tomuto napomáhá použití fixace. Fixace je tedy způsob, jakým se výrobek ukládá uvnitř obalu, aby se jednak zabránilo vzniku rázu uvnitř obalu, jednak dosáhlo co nejvyšší absorpce kinetické energie rázu. Zpravidla se rozlišují 2 typy fixace, a to fixace pevná a fixace poddajná. U pevné fixace je znemožněno posouvání výrobku, u fixace poddajné se výrobek může pohybovat, ale je zastaven fixačním prostředkem [16].

4.2 Ochrana výrobků před klimatickými činiteli

K zásadním činitelům, kteří působí na výrobky a ovlivňují jejich údržnost prakticky ve všech fázích výroby, patří klimatické vlivy. Podstatou anebo důsledkem klimatického namáhání jsou fyzikální změny, chemické a biochemické reakce, které klimatické činitele vyvolávají, podporují nebo se na nich přímo účastní. Činitelé klimatu mohou působit buď

jednotlivě nebo v kombinacích, ve kterých se jejich účinek současně podmiňuje nebo zesiluje [13].

4.2.1 Ochrana výrobků před změnami vlhkosti

Jedním z nejdůležitějších klimatických činitelů je vlhkost. Změny vlhkosti ohrožují nejrozličnějším způsobem širokou škálu výrobků. Zásadním způsobem ovlivňuje vlhkost chemické, enzymové a zejména mikrobiologické děje v potravinách a proto přiměřená schopnost obalu bránit transportu vlhkosti mezi potravinou a okolím je často nezbytným předpokladem zajištění použitého konzervačního postupu založeného na snižování vodní aktivity v potravine [1,13,16].

4.2.2 Ochrana obalem před oxidačně-redukčními změnami

Změny vlhkosti a oxidačně-redukční změny potravin představují základní procesy ovlivňující kvalitu skladovaných potravin, které lze zásadním způsobem ovlivnit bariérovými vlastnostmi použitého obalu. Nejdůležitější chemické změny potravin představují oxidačně-redukční změny. Způsob balení je jedním z důležitých prostředků jejich regulace. Současná obalová technika využívá k maximálnímu omezení ztrát nutričně a sensoricky významných složek potravin v důsledku oxidačních reakcí dvě základní opatření. Jsou jimi:

- regulace kontaktu s atmosférickým kyslíkem a
- úprava atmosféry uvnitř obalu pasivním i aktivním způsobem [1].

4.2.3 Ochrana obalem před pronikáním par organických látek

Bariérová ochranná funkce obalu ve vztahu k pronikání par různých organických látek je velmi důležitá funkce především pro zabránění změn chuti a vůně různých potravin, ale i pro balení různých těkavých organických sloučenin.

Základní otázkou kladenou při balení aromatických potravin a jiných výrobků, u kterých chceme omezit těkání par organických látek, je tedy propustnost, resp. nepropustnost obalového materiálu pro příslušné organické těkavé složky [16].

4.2.4 Ochrana obalem před zářením

Při balení řady výrobků se může bezprostředně uplatit záření. Mezi příznivé, technologicky využitelné účinky patří především sterilační účinky krátkovlnných záření, částečně rentgenového a ultrafialového i korpuskulárního záření.

Dobré předpoklady jako obaly ozařovaných výrobků mají plasty při své malé hustotě. Při větších dávkách záření však podléhají změnám, spočívajícím jednak v zesíťování, jednak v degradaci makromolekul. Tyto chemické změny pak vedou i ke změnám fyzikálním, hlavně pokud jde o barvu a mechanickou propustnost, a propustnost pro vodní páru a plyny [16].

4.2.5 Úloha obalu při teplotních změnách

Velmi častým procesem je převod tepla z vnějšího prostředí stěnou obalu do výrobku nebo naopak z výrobku obalem ven. Samovolné vyrovnávání teplot s okolní atmosférou mívá někdy nepříznivé účinky na výrobek. Má se zachovat stabilní nízká teplota pro zmražené a ochlazené potraviny, a chránit zboží před krátkodobějšími výkyvy teploty, např. ochranu některých citlivějších druhů zboží před nemrznutím nebo nežádoucím oteplením při dopravě [16].

4.3 Ochrana výrobku před biologickými činiteli

Poškození balených potravin biologickými činiteli se uskutečňuje mikroorganismy, hmyzem a hlodavci.

Hlavní příčinou poškození potravin je kontaminace mikroorganismy, a projevuje se plísnivěním, kvašením a hnilobou o různé intenzitě.

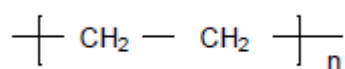
Významnou úlohu při ochraně potravin před mikrobiální zkažou má obal. Obal je překážkou, která odděluje výrobek od vnějšího, na mikrobiální infekci bohatého prostředí, a jednak může být obal nositelem mikrobiostaticky nebo mikrobicidně účinných látek, a tím aktivně přispívat ke zneškodnění povrchové mikroflóry [13].

5 FÓLIE

Fólie jsou tenkostěnné obaly, které se používají jako pytle nebo jako obal. Fólie jsou menší než 0,3 mm v tloušťce, v průměru se pohybují v rozmezí 0,02 - 0,05 mm. Fólie zaujímají 6 % všech balení, 43 % z plastových obalů a 17,5 % všech plastů v toku odpadů [17].

5.1 Fólie z čistých polymerů

5.1.1 Polyethylen



Obrázek 1: Strukturní vzorec polyethylenu [18]

Pojmem polyethylen označujeme homopolymery ethylenu a jeho kopolymery s malým obsahem komonomeru. Jejich vlastnosti jsou silně závislé na molekulové hmotnosti, prostorovém uspořádání merů v řetězci makromolekuly a stupni krystalinity. Ty zase závisejí především na způsobu výroby polyethylenu.

Všechny vlastnosti lze odvodit od struktury polymeru, a proto je základní kritérium rozvětvení makromolekul. Na jeho základě pak rozlišujeme lineární a rozvětvený typ polyethylenu. Lineární je dnes označován jako typ o vysoké hustotě, rozvětvený naopak jako typ o nízké hustotě.

Polyethylen má výbornou odolnost vůči nízkým teplotám, křehne při - 120 °C. Za zvýšených teplot je tvarově stálý, asi do 90 °C. Za normálních podmínek je bílý, ale v tenčí vrstvě je průhledný. Hustota polyethylenu se pohybuje v rozmezí 0,89 - 0,96 g/cm³. Fólie z polyethylenu poskytují dobrou bariéru pro vodní páru, ale jsou propustnější pro plyny. [18,19].

Polyethylen je nejrozšířenějším a nejvhodnějším obalovým materiálem. Fólie z PE se využívají zejména pro balení potravin [19].

5.1.1.1 Kopolymery ethylenu

Radikálovou kopolymerací za vysokého tlaku a teplot se vyrábějí kopolymery ethylenu s řadou jiných monomerů [18].

Surlyn

Kopolymery ethylenu s vinylkarboxylovými kyselinami, např. kyselinou methakrylovou, v nichž karboxylové skupiny jsou převedeny na soli kovů I. a II. skupiny periodického systému, zavedla na světový trh firma Du Pont pod obchodním názvem Surlyn. Tyto materiály jsou nazývány ionomery, protože kombinují kovalentní a iontové vazby v řetězci polymeru.

Surlyn je transparentní, houževnatý, elastický a málo rozpustný materiál, který si zachovává termoplasticitu. Teploty zpracování se pohybují v rozmezí 175 - 290 °C. Má slabé bariérové vlastnosti [18,20].

EVA

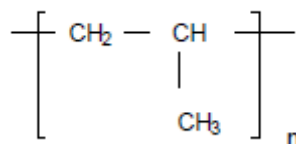
Ethylen vinylacetát (EVA) se vyrábí kopolymerací ethylenu a vinylacetátu. EVA je převážně používán pro svou pružnost, houževnatost a tepelnou těsnost. EVA je náhodný kopolymer, jehož vlastnosti jsou závislé na obsahu vinylacetátu a molekulové hmotnosti. EVA má omezenou tepelnou stabilitu a nízký bod tání, a je třeba zpracovávat při relativně nízkých teplotách. Vinyl-acetát je polární molekula, a díky ní se snižuje krystalinita, zlepšuje flexibilita, a roste hustota. Dále zlepšuje bariérové vlastnosti, zlepšuje jasnost a má větší pružnost při nízké teplotě [1,20].

EVOH

Ethylen vinyl alkohol se vyrábí řízenou hydrolyzou ethylenvinylacetátového kopolymeru. Hydrolytický proces transformuje vinylacetátovou skupinu vinyl alkohol, analogickým způsobem k výrobě polyvinylalkoholu [20].

Pro obalový materiál je nejdůležitější charakteristikou EVOH jeho vynikající bariérové vlastnosti pro kyslík a zápach. Obalové struktury s EVOH poskytují vysoké zadržení chutí, a zabraňují ztrátě kvality spojené s reakcí kyslíku s produktem. EVOH také poskytuje velmi vysokou odolnost vůči olejům a organickým parám. EVOH vykazuje vysokou pevnost, houževnatost a jasnost. EVOH je jednou z nejpoužívanějších komponent laminovaných bariérových fóliových materiálů [1,20].

5.1.2 Polypropylen



Obrázek 2: Strukturální vzorec polypropylenu [18]

PP je jedním z nejčastěji používaných termoplastů. PP se vykazuje vynikající chemickou odolností, nízkou hustotou, vysokou pevností v tahu a vyznačuje se snadným zpracováním. Vyrábí adiční polymerací propylenu. Polypropylen má prakticky nepolární strukturu. Vzhledem ke stupni krystalinity dosahujícímu 60 % až 75 % je však průhledný. Je méně propustný pro plyny a vodní páry. Kromě vyšší teploty měknutí a tím i použitelnosti při vyšších teplotách se PP liší od lineárního PE nižší hustotou, menší odolností vůči mrazu, oxidaci a povětrnosti, ale na druhé straně větší pevností, tvrdostí a odolností vůči oděru [18,20,21].

5.1.3 Polyamid

Polyamidy se připravují polykondenzací. Vlastnosti polyamidů vyplývají z chemického složení, lineárnosti a symetrie stavby jejich molekul, velikosti a charakteru jejich mezimolekulových přitažlivých sil a s tím související schopností tvořit krystalinické a orientované oblasti.

PA jsou tuhé a pevné, matné, málo průsvitné, bezbarevné až nažloutlé plastomery s vynikajícími mechanickými vlastnostmi, a jsou fyziologicky nezávadné. Mají vynikající tepelnou odolnost, snášejí teploty až do 220 °C. Polyamid má malou propustnost pro plyny a aromatické páry [1,22].

5.2 Fólie z plněných polymerů

Nanokompozitní materiál představuje materiál v polymerní oblasti, ve kterém jsou částice plniva v nanorozměrech homogenně dispergované v polymerní matrici. Nanokompozity se skládají ze dvou hlavních složek – polymerní matrice a nanoplňniva. Nanoplňniva můžeme rozdělit na organická a anorganická, podle výskytu na přírodní a syntetická a podle tvaru částic na vláknitá a nevláknitá. Vlastnosti nanokompozitů se odvíjejí jednak od složení, ale zároveň od velikosti částic, jejich morfologie a uspořádání [23,24,25].

Nanokompozity se používají pro zlepšení stability a bariérových vlastností obalových materiálů a biologicky odbouratelných polymerů. Nanokompozitní fólie mají zlepšené mechanické vlastnosti (tuhost, pevnost nebo pružnost), jsou odolnější vůči teplotám a vlhkosti, a mají vynikající bariérové vlastnosti proti světlu, kyslíku a dalším plynům [26].

Jako nanokompozitní materiál se používá oxid hlinitý, který dodává vynikající mechanické vlastnosti. Uhličitan vápenatý zlepšuje mechanické vlastnosti, ale také odolnost vůči teplu. Polymerní nanokompozity obsahující nanojíl vykazují dobrou bariéru vůči plynům a UV záření, mají dobré mechanické vlastnosti, jsou tepelně stabilní a biologicky rozložitelné. Mezi nejvýznamnější jílové minerály patří montmorillonit, který se používá nejčastěji jako nanoplňivo do nanokompozitů typu polymer/jíl. Již 1 - 5 % přídavek nanoplňiva zlepšuje mechanické vlastnosti [24,26,27].

5.3 Polymery z jiných monomerů

Polymery na bázi „Bio“ mohou být získány z obnovitelných nebo neobnovitelných zdrojů. Jedná se o polymery, které jsou syntetizované za použití biologicky rozložitelných monomerů nebo polymerů produkovaných mikroorganismy. Většina polymerů na „Bio“ bázi je také biologicky odbouratelná. Biopolymery jsou slibnou alternativou, k nebiologicky odbouratelným plastům na bázi ropy používaných při balení potravin, vzhledem k tomu, že jsou šetrné k životnímu prostředí. Použití biologicky odbouratelných polymerů pro balení potravin je dosud omezené, z důvodu špatné mechanické pevnosti, vysoké propustnosti pro plyny a především vodní páru [26,28,29].

Nejvýznamnější rozložitelný plast je kyselina polymléčná neboli PLA. Je vyrobena z obnovitelných zdrojů fermentací cukrové třtiny nebo kukuřičného škrobu s následnou polymerací. PLA je biologicky odbouratelná a jedná se o termoplast. Stále více je PLA používána v potravinářství. Jako biopolymer se může uplatnit i termoplastický škrob. Škrob je biologicky rozložitelný materiál se zajímavými fyzikálně-chemickými vlastnostmi. Pokud se škrob přidá k syntetickým polymerům nebo nanojílům, může zvýšit odolnost vůči vodě. Jako matrice nebo látka k balení může být také použit chitosan. Jedná se o netoxický, biologicky odbouratelný materiál s antimikrobiálními účinky [28,30,31,32,33].

5.4 Vícevrstvé fólie

Některé látky mohou migrovat z obalu do potraviny. Proto, povaha a složení potravinové kontaktní vrstvy, která přichází do přímého styku s produkty, má zásadní význam. Pokud se obalový materiál skládá z vrstvy, která není jen z plastu, a je určena pro styk s potravinami, musíme znát její složení a přísady. Stejný princip platí i pro vícevrstvé fólie. Nicméně, u vícevrstevných obalů je částečně nějaká pravděpodobnost, že látky obsažené ve vrstvách, které nejsou v přímém styku s potravinou, mohou procházet skrz potravinovou kontaktní vrstvu a dostat se na potravinu. Tloušťka vrstvy, která je ve styku s potravinou, je důležitým faktorem při určování, zda a v jaké míře se má vyskytovat. Obecně platí, že tato vrstva čím je tenčí, tím rychleji pronikají látky ze základního materiálu na povrch, a tím i do potravin. Míra a rozsah migrace závisí také na difúzním koeficientu v permeantu v plastu, který měří, jak snadno je migrant schopen pohybovat se skrz materiál. Dalším důležitým faktorem je rozdělovací koeficient, který popisuje rovnovážnou distribuci migrující mezi dvěma fázemi, které jsou ve vzájemném kontaktu.

Vrstva ve vícevrstvé balící struktuře, která působí na zpoždění, omezení, nebo prevenci migrace složek z vnější vrstvy obalu do obsahu obalu se nazývá funkční bariéra. Tato bariéra může nebo nemusí být v kontaktu s potravinou [20].

5.5 Bariérové fólie

Polymerní fólie jsou obvykle používány jako bariéry pro volný přenos plynů, par, kapalin, iontů a dalších látek přes fázové hranice. Fólie jsou vybrány tak, aby poskytovaly tuto obecnou funkci. Bariérové fólie se často uplatňují v potravinářském průmyslu, jako prostředek, který prodlužuje trvanlivost zboží podléhajícího rychlé zkáze, a umožňuje také snadnější manipulaci a přepravu [34,35].

Bariérové fólie chrání proti:

- klimatickým vlivům, protože mají ze všech známých fóliových materiálů nejnižší propustnost pro vodu, vodní páru a kyslík,
- agresivním plynům a aerosolům, pro které jsou nepropustné,
- UV záření, olejům, tukům, kyselinám a zásadám, kterým dobře odolávají,

- mikrobiálnímu napadení, neboť vytváří podmínky, které průběh škodlivých procesů znemožňují [36].

Bariérové fólie jsou obvykle vícevrstvé fólie, s jednou vrstvou ochranného materiálu a dvou vnějších vrstev, které mohou mít různé funkce. I jednovrstevné fólie mohou mít nějaké bariérové vlastnosti, které mohou zpevňovat nebo dokončovat úlohu hlavních bariérových materiálů. Jednovrstvé fólie mají bariérové vlastnosti, které jsou blízké vícevrstvým fóliím. Nejběžnější bariérové materiály jsou EVOH, PVDC a PA. Například EVOH omezuje propustnost pro plyny nebo vlhkost. Polypropylen má vynikající bariéru proti vodní páře, ale obecně má špatnou odolnost vůči lehkým plynům, jako je kyslík, dusík a oxid uhličitý. [28,34,37,38].

6 TECHNOLOGIE VÝROBY FÓLIÍ

Výroba fólií zahrnuje přípravné práce a vlastní výrobu fólií. Součástí přípravných prací je míchání a hnětení, které slouží k homogenizaci materiálu. Pomocí tváření jsou získávány fólie. Fólie se vyrábějí vyfukováním, vytlačováním na širokoštěrbinové hlavě a litím [39].

6.1 Přípravné práce

Postupy, jimiž získáváme hotové výrobky z plastických hmot, zahrnují také několik základních přípravných úkonů a způsobů úprav materiálů, které jsou nutné před přímým zpracováním výrobků, při kterém nabývá konečného tvaru a vlastností [39].

6.1.1 Míchání

Termín míchání se vztahuje na operace, které mají tendenci ke snížení nerovnoměrnosti nebo přechodů v koncentraci, teplotě, velikosti dispergované fáze, nebo jiných vlastností materiálů. Cílem procesu míchání je obvykle dosažení homogenní disperze [40].

Předtím, než může být polymer použit k výrobě produktů, je obvykle nutné ho smíchat s přídatnými složkami, které slouží k různým účelům. Míchání také poskytuje příležitost změnit fyzikální formu polymeru, ale hlavním cílem je zavedení přísad. Přísady mění vlastnosti materiálu, a tím mohou být těžší a pružnější, nebo levnější a dále zabraňují degradaci polymeru. Jakost konečného produktu téměř ve všech polymerních procesech závisí částečně na tom, jak dobře se materiál smísí [41,42].

Míchání se provádí pohybem materiálů z různých částí, které proudí v poli. Mezi základní typy míchacích procesů patří rozsáhlé míchání a intenzivní míchání. Rozsáhlé míchání se skládá z mixování, míchání a rozdělovacího míchání. Tento typ míchání zahrnuje prolínání několika pevných látek, a výsledkem je směs prášků. Intenzivní míchání se skládá z míchání, rozptylu a rozptylovacího míchání. Týká se procesů, které rozkládají kapalnou dispergovanou fázi nebo počáteční částice aglomerátů, a snižují konečné částice disperze [40,41].

Míchání může probíhat i ve vnitřních míchacích během zpracování (v jednošnekových nebo dvoušnekových extrudérech) [42].

6.2 Výroba fólií

6.2.1 Vytlačování na širokoštěrbinové hlavě

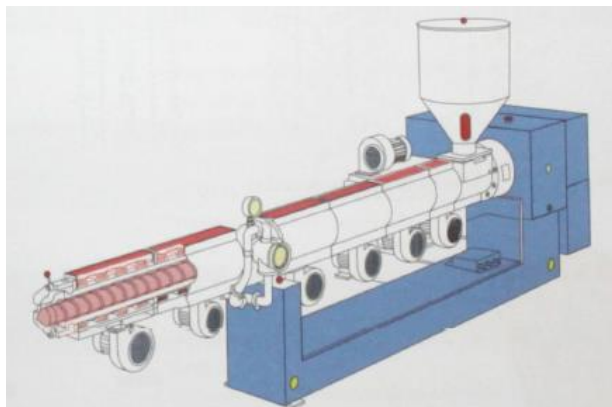
Proces vytlačování zahrnuje přechod plastu nebo roztaveného materiálu skrz tvarovanou vytlačovací hubici pomocí tlaku. Během vytlačování se polymerní tavenina posouvá šnekem v komoře vytlačovacího stroje a je vytvarována do daného profilu. Pro fólie se k vytlačování používá širokoštěrbinová hlava. Fólie se vyrábějí vytlačováním z PP, HDPE, PC, PA a PVC [41,42,43].

V dnešním průmyslu polymerů, se nejčastěji používá jednošnekový extrudér. Jednošnekový extrudér může mít buď hladkou vnitřní válcovou plochu, nebo drážkovanou. V některých případech může mít extrudér odplyňovací zóny, které jsou potřebné pro extrakci vlhkosti, těkavých látek, a jiných plynů, které se tvoří v průběhu vytlačovacího procesu [42].

Jednošnekový extrudér se skládá ze 3 zón:

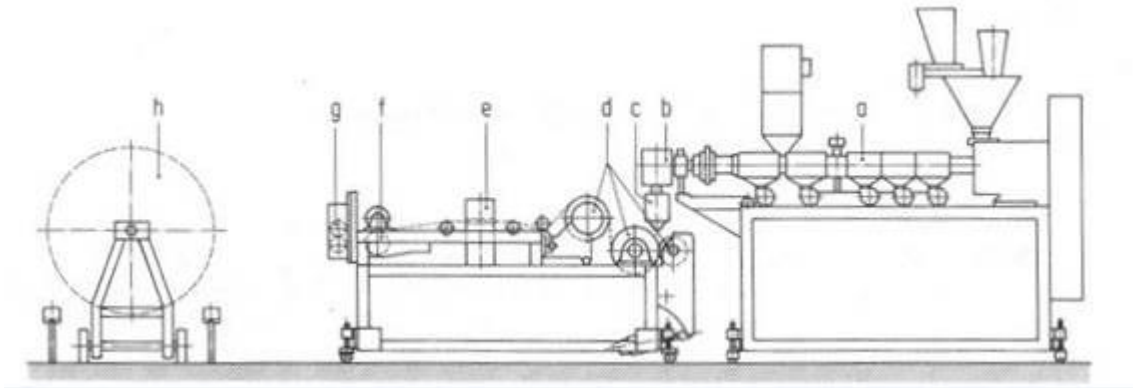
- a) vstupní zóna - její funkcí je předehřátí polymeru a předání do další zóny,
- b) přechodová zóna - hlavními funkcemi této zóny jsou vyloučení vzduchu zachyceného mezi původními granulami, přenos tepla z vytápěných stěn, změna hustoty,
- c) výstupní zóna - její funkce spočívá v homogenizaci taveniny a dodání maticí materiál, který má homogenní kvalitu při konstantní teplotě a tlaku [41,42].

Dále se používá dvoušnekový extrudér, kde jsou šrouby, které se točí ve stejném nebo opačném směru. Dvoušnekové extrudéry se ale primárně používají jako míchací zařízení [42].



Obrázek 3: Jednošnekový extrudér [42]

Linka na vytlačování fólií se skládá z vytlačovacího stroje s širokoštěrbinovou vytlačovací hlavou a vytlačovaný pás je dále odtahován tříválnovým chladícím strojem. Fólie se vytlačuje na chladicí válec. Válce jsou vytemperovány na teplotu, která závisí na druhu zpracovávaného materiálu. Vnitřní vestavba chladících válců se řeší různými způsoby, které musí zajistit rovnoměrné rozložení teplot po délce válce [43].



Obrázek 4: Linka pro výrobu tenkých fólií vytlačováním [43]

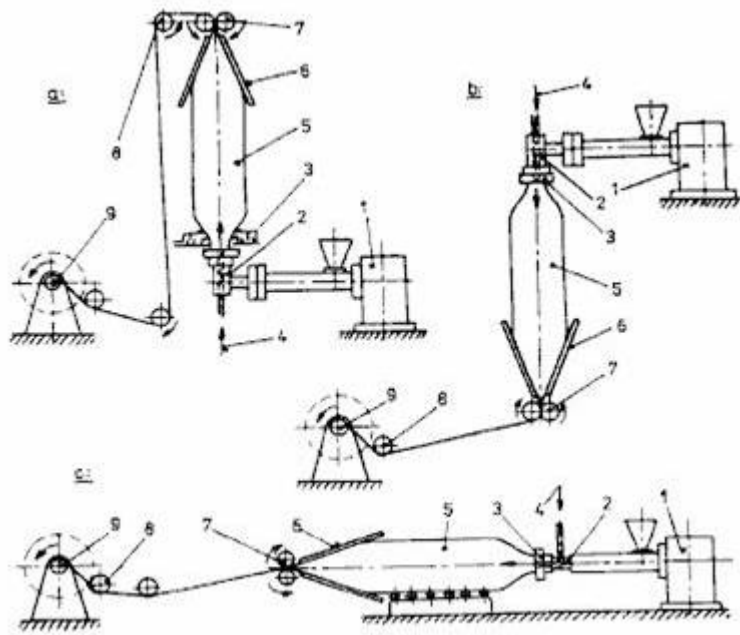
6.2.2 Lití

Lití fólií je jednou z nejvíce používaných metod pro výrobu fólií. Jedná se o vysokorychlostní způsob výroby fólií. Při procesu lití fólií se tenká fólie lije skrz štěrbinu na chlazený, vysoce lesklý, otáčející se válec, který je tlačěn z jedné strany. Rychlost válce ovlivňuje množství a tloušťku fólie. Rychlost se pohybuje od 70 do 200 m/min, a fólie se vyrábějí do tloušťky 250 μm . Fólie odchází na druhou stranu, na které se nachází další chlazený válec. Poté prochází systémem válců a je navinuta na roli [44,45].

6.2.3 Vyfukování fólií

Vyfukování je proces výroby fólií z termoplastických materiálů.

Vytlačený rukáv či tubus s tloušťkou stěny 0,5 až 2 mm se vzduchem přivedeným dovnitř rukávu rozfukuje na tenkou fólii a zároveň je protažen odtahovacím zařízením. Vyfouknutá fólie je ochlazena a navinuta. Vyfukováním se vyrábějí fólie z LDPE, HDPE a PP, PVC, PA a PET. Vyfukováním se vyrábějí i vícevrstvé fólie o různé materiálové skladbě [43,46].



Obrázek 5: Výroba fólií vyfukováním [43]

7 TRVANLIVOST POTRAVIN

Spotřebitelé očekávají potravinářské výrobky ve vynikající sensorické kvalitě a především zaručující jejich bezpečnost. Zároveň očekávají delší trvanlivost výrobku. Žádný výrobek však není schopen udržet svou originální a optimální kvalitu na dobu neurčitou. Během skladování může u některých výrobků nastat takové zhoršení kvality, že je výrobek nevhodný pro lidskou spotřebu [47,48].

Trvanlivost potravin je definována jako časový úsek, během něhož je výrobek bezpečný a udržuje si požadované sensorické, chemické, fyzikální, mikrobiologické a funkční vlastnosti [49].

7.1 Kategorie potravin

Dle povahy změn, které mohou nastat v průběhu skladování, jsou potraviny rozděleny do 3 kategorií:

- Potraviny podléhající rychlé zkáze - musí se uchovávat při chladírenských nebo mrazírenských teplotách (0 - 7°C, nebo -12 - -18 °C), pokud mají být uchovány po delší dobu. Patří sem mléko, čerstvé maso, drůbež, ryby, čerstvé ovoce a zelenina.
- Potraviny částečně podléhající rychlé zkáze - obsahující přírodní inhibitory (sýry, kořenová zelenina, vejce), nebo ty, které byly ošetřeny pro delší uchování (pasterované mléko, uzené šunky, marinovaná zelenina).
- Potraviny nepodléhající rychlé zkáze neboli dlouhodobě skladovatelné - dlouhodobě skladovatelné potraviny jsou považovány za nepodléhající zkáze při pokojové teplotě. Mnoho nezpracovaných potravin spadá do této kategorie např. obilná zrna, ořechy, některé cukrářské výrobky. Zpracované potravinářské výrobky mohou mít stabilní údržnost, pokud jsou zachovány sterilací pomocí tepla (konzervované potraviny), obsahují-li konzervační látky (např. nealkoholické nápoje), jsou-li zbaveny vody vysušením (např. rozinky, sušenky) [49].

7.2 Faktory ovlivňující trvanlivost potravin

Trvanlivost potravin může ovlivnit mnoho faktorů. Tyto faktory jsou rozděleny na vnitřní a vnější.

Vnitřní faktory jsou vlastnosti konečného produktu. Jsou ovlivněny typem surovin a kvalitou, složením a strukturou produktu. Mezi vnitřní faktory patří:

- aktivita vody (a_w),
- hodnota pH a celkové kyselosti,
- redox potenciál (Eh),
- přítomnost kyslíku,
- živiny,
- přirozená mikroflóra,
- složení výrobku,
- použití konzervačních prostředků do výrobku (např. sůl).

Vnější faktory jsou ty faktory, na které konečný produkt narazí prostřednictvím potravinového řetězce. Patří mezi ně následující:

- časový a teplotní profil v průběhu zpracování,
- regulace teploty při skladování a distribuci,
- relativní vlhkost během zpracování, skladování a distribuce,
- vystavení světlu během zpracování, skladování a distribuce,
- mikrobiální prostředí v průběhu zpracování, skladování a distribuce,
- složení atmosféry uvnitř obalu,
- následné tepelné zpracování,
- manipulace spotřebitelem [50].

Všechny tyto faktory mohou působit interaktivním a často nepředvídatelným způsobem. Zpracováním se mohou změnit vnitřní nebo vnější vlastnosti materiálů, a inaktivovat nebo aktivovat mechanismy změn kvality. Trvanlivost potravin je většinou určena složením, zpracováním a balením, podmínkami skladování [47,50].

K užitečným interakcím zejména dochází při použití následujících faktorů, jako je snížená teplota, mírné tepelné zpracování, antioxidační působení a kontrolovaná atmosféra obalů, s cílem omezit růst mikroorganismů, jedná se o tzv. "překážkový efekt". Tento způsob kom-

binace faktorů, které by jednotlivě nebyly schopné zabránit růstu mikroorganismů, poskytuje řadu překážek, které umožňují výrobcům používat mírnější metody zpracování, kterými si potraviny zachovávají více sensorických a nutričních vlastností.

Těmito vnitřními a vnějšími faktory se stimuluje celá řada procesů, které omezují trvanlivost potravin. Tyto procesy mohou být klasifikovány jako mikrobiologické, chemické a fyzikální.

Mikrobiologické změny mají zásadní význam pro potraviny rychle podléhající zkáze, chemické a sensorické změny pro potraviny částečně podléhající zkáze a potraviny dlouhodobě skladovatelné [50].

7.2.1 Mikrobiologické změny

K největším ztrátám potravin dochází prostřednictvím mikrobiologických změn, které snižují trvanlivost a zvyšují riziko vzniku alimentárních onemocnění. Mikrobiální kažení potravin je ekonomicky významný problém pro výrobce potravin, obchodníky a spotřebitele. V závislosti na produktu, postupu a podmínkách skladování, mikrobiologická trvanlivost může být určena buď růstem mikroorganismů způsobujících kažení, nebo patogenních mikroorganismů. Růst specifického mikroorganismu při skladování závisí na několika faktorech, nejdůležitější jsou: výchozí mikrobiální kontaminace na začátku skladování, fyzikálně-chemické vlastnosti potravin, jako je obsah vlhkosti, pH, přítomnost konzervantů, způsob zpracování, a vnější prostředí potravin, jako je okolní složení plynů a teplota skladování [49,50,51].

7.2.2 Chemické změny

K důležitým zhoršujícím se změnám může dojít ze vzájemného působení potraviny nebo potravinových složek s vnějšími vlivy, například kyslíkem [50].

7.2.3 Fyzikální změny

Hlavní příčinou zhoršení fyzikálních změn v potravinách je zejména migrace vlhkosti a kolísající teplota. Minimální teplota růstu pro celou řadu patogenů a organismů způsobujících kažení ukazuje důležitost efektivního řízení teploty jako prevenci proti mikrobiální kontaminaci a znehodnocení. Zvýšením teploty se obecně zvyšuje rychlost chemických reakcí, které mohou vést ke zhoršení.

Fyzikální změny v obalových materiálech, někdy spolu s následnými chemickými reakcemi, mohou také snížit senzorickou trvanlivost. Jako příklad můžeme uvést, že díky propustnosti obalového materiálu se může postupem času měnit rovnováha složení atmosféry, což vede jak mikrobiologickým, tak i chemickým změnám [50].

7.3 Prodloužení trvanlivosti pomocí obalů

Balení je společenskovední obor, který zajišťuje dodávku zboží konečnému spotřebiteli v nejlepším stavu vhodném pro jejich použití. V dnešní společnosti je obal všudypřítomný a nezbytný, neboť chrání potraviny, které kupujeme od okamžiku, kdy jsou zpracované a vyrobené, přes skladování a maloobchodní prodej konečnému spotřebiteli.

Obal musí chránit jeho obsah před vnějšími vlivy, ať už se jedná o vodu, vodní páru, plyny, pachy, mikroorganismy, prach, otřesy, vibrace, tlakové síly, atd. Obal je nezbytnou součástí procesu konzervace potravin, a díky němu je poskytována ochrana pro mnohé potravinářské výrobky [47].

Existuje mnoho faktorů, které je třeba zvážit při výběru optimálního obalového materiálu pro určitý výrobek, včetně přípravy, zpracování, požadované trvanlivosti a celkových nákladů. V mnoha případech, obal je nedílnou součástí fáze zpracování [50].

8 CHARAKTERISTIKA VYBRANÝCH POTRAVIN

8.1 Sýry

Sýr je definován jako mléčný výrobek vyrobený vysrážením mléčné bílkoviny z mléka působením syřidla nebo jiných vhodných koagulačních činidel, prokysáním a oddělením podílu syrovátky.

Čerstvý sýr je nezrající sýr tepelně neošetřený po prokysání.

Tvaroh je nezrající sýr získaný kyselým srážením, které převládá nad srážením pomocí syřidla.

Zrající sýr je definován jako sýr, u kterého po prokysání došlo k dalším biochemickým a fyzikálním procesům.

Taveným sýrem je sýr, který byl tepelně upraven za přídavku tavících solí [52].

8.1.1 Chemické složení sýrů

Sýry a tvarohy jsou významným zdrojem řady důležitých živin. Především jsou to bílkoviny, převážně kasein, jejichž obsah v sýrech podle jejich druhu kolísá. V závislosti na obsahu sušiny a tuku se obsah bílkovin pohybuje od 6 % (čerstvé sýry) do téměř 30 % (tvrdé sýry). Mléčné bílkoviny řadíme mezi hodnotné, protože obsahují všechny esenciální aminokyseliny v dostatečném množství. Sýry obsahují relativně menší množství syrovátkových bílkovin (0,4 - 0,5 %) a laktózy (0,3 - 0,4 %) ve srovnání s ostatním mléčnými výrobky.

Další důležitou živinou je vápník. Obsah vápníku v sýrech závisí zejména na obsahu sušiny, do určité míry i na použité technologii. Sýry obsahují 1350 - 8940 mg.kg⁻¹ vápníku. Vedle vápníku obsahují sýry i další důležité minerální látky, především hořčík a některé stopové prvky (jód). Sýry jsou také dobrým zdrojem většiny vitaminů, především vitaminů rozpustných v tucích, tj. vitaminu A, D a E, a některých vitaminů skupiny B, zejména B2.

Mléčný tuk je v sýrech obsažen v různém množství. Sýry podle obsahu tuku obsahují cholesterol, a to 30 - 100 mg ve 100 g. Sýry obsahují vysoké množství soli, nejvyšší obsah mají tzv. modré sýry např. Niva (4 - 5 % soli) a bílé sýry (Balkánský sýr), které se uchovávají ve slaném nálevu a mohou obsahovat až 6 % soli [53].

8.1.2 Kontaminující mikroflóra sýrů

Růst mikroorganismů v sýrech je ovlivněn takovými faktory, jako je obsah vlhkosti, aktivita vody, redox potenciál, aerobní a anaerobní podmínky, pH, kyselost a množství solí. Sýry se mohou kontaminovat bakteriemi v průběhu zpracování a během dalších úprav, pokud nejsou dodržovány dostatečné hygienické postupy. Znehodnocení sýrů mikroorganismy může být také z méně kvalitního syrového mléka [48].

Mikrobiální kažení sýrů může být způsobeno jak bakteriemi, tak i plísněmi, ale každý typ kažení závisí na vlastnostech jednotlivých druhů sýra. Mohou se projevit vizuální i organoleptické vady, a to buď na povrchu, nebo uvnitř sýra.

U některých druhů sýrů má růst plísní na povrchu nebo uvnitř zásadní význam při dozrávání, ale obecně je tento jev spíše nežádoucí. Znehodnocení se obvykle projevuje vzhledově, ale může mít za následek i nepříjemné pachy. Z plísní se mohou také vytvářet mykotoxiny. Plísně, které běžně způsobují kažení, jsou členy rodů *Penicillium*, *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Mucor*, *Fusarium* a *Monilia*.

Kvasinky mohou způsobit znehodnocení čerstvých sýrů zejména v průběhu skladování. Kvasinky se také mohou množit na povrchu zralých sýrů, a zejména v případě, kdy je povrch vlhký, což způsobí tvorbu slizu. Mezi kvasinky, které se vyskytují ve zkažených sýrech patří *Candida* spp., *Yarrowia lipolytica*, *Pichia* spp., *Kluyveromyces marxianus*, *G. candidum* a *Debaryomyces hansenii*.

V čerstvých sýrech s dostatečně vysokým pH může dojít k bakteriálnímu znehodnocení. Pravděpodobně to bývá způsobeno gramnegativními, psychrotrofními druhy jako jsou pseudomonády a některé koliformní bakterie. Tyto mikroorganismy mohou kontaminovat produkt prostřednictvím vody používané k omývání sýrů. *Pseudomonas* spp., *Alcaligenes* spp., *Achromobacter* spp. a *Flavobacterium* spp. jsou obávané psychrotrofní bakterie. *Bacillus* spp. způsobuje hořkost a proteolytické vady, způsobuje kažení pomocí výroby vnitřního plynu v sýrech.

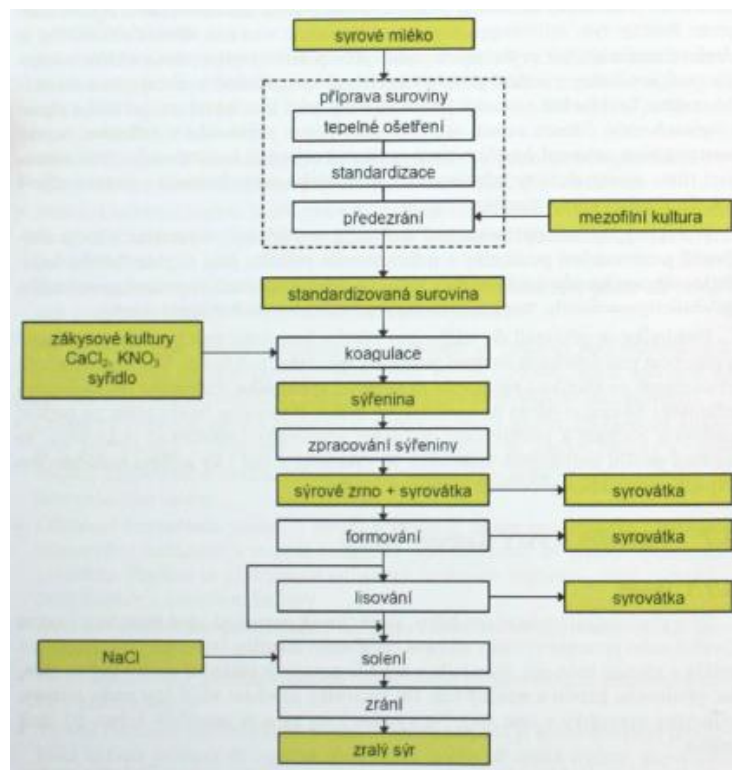
Mezi patogenní mikroorganismy sýrů se řadí *Listeria monocytogenes*, salmonely a enteropatogenní *Escherichia coli*. Nejvíce těmito mikroorganismy jsou ohroženy sýry vyrobené ze syrového mléka. Tyto mikroorganismy mohou kontaminovat sýr během jeho zpracování, pokud není dodržován hygienický proces zpracování [54].

8.1.3 Výroba sýrů

Výroba sýrů je poměrně složitý proces, který zahrnuje řadu kroků a biochemických přeměn. Většina přírodních sýrů zahrnuje v jejich výrobě tepelné ošetření syrového mléka, přidání startovacích kultur, srážení (enzymatické, kyselé nebo smíšené), odloučení syrovátky, solení, lisování a zrání [55,56].

Základní surovinou pro výrobu sýrů je mléko. Chemické složení mléka má zásadní význam pro výtěžnost výroby složení sýra. Především obsah kaseinu určuje výtěžnost. Poměr kaseinu a tuku je rozhodující pro výsledný obsah tuku v sušině. Pro syřitelnost mléka je důležitá přítomnost vápenatých iontů. Obsah kaseinu a koloidní formy fosforečnanu vápenatého ovlivňuje pufrční schopnost mléka, změny pH v průběhu výroby sýrů jsou přitom jedním ze základních parametrů výrobního procesu [55].

V následujících kapitolách bude popsána obecná výroba sýrů, nebudeme se zde zabývat výrobou tavených sýrů.



Obrázek 6: Schéma výroby sýrů [55]

8.1.3.1 Ošetření mléka

Po příjmu mléka jsou případné mechanické nečistoty odstraněny filtrací nebo centrifugací. Poté je mléko tepelně ošetřeno. Podle legislativy musí být veškeré mléko určené pro výrobu sýrů v ČR pasterováno. Pasterace ničí vegetativní buňky patogenních mikroorganismů, stejně jako mikroorganismy podílející se na kažení, a též některé enzymy přirozeně se vyskytující v mléce [54,55,57].

Typy pasterací:

- Krátkodobá vysoká pasterace - záhřev na teplotu 85 °C po dobu asi 5 - 8 sekund.
- Šetrná pasterace - z hlediska zdravotního je nutné používat teplotu alespoň 72 °C po dobu 20 sekund pro úplné usmrcení vegetativních forem patogenních mikroorganismů. Tento druh pasterace je u nás využíván pro výrobu sýrů nejvíce.
- Dlouhodobá pasterace - mléko se zahřívá na teplotu 63 - 65 °C po dobu 30 - 20 minut [57].

Mléko pro výrobu sýrů může být podrobeno i procesu baktofugace, který se používá k podstatnému snížení počtu bakteriálních spor v mléce a pomáhá předcházet kažení [54].

Každý sýr má určitou hodnotou tuku v sušině, proto se v průběhu tepelného ošetření provádí také standardizace mléka. V mléce není obsah bílkovin a tuku v průběhu roku stálý a jejich poměr se musí při standardizaci zohlednit, aby bylo dosaženo požadovaného obsahu tuku v sušině.

Pro výrobu některých čerstvých sýrů je vhodná homogenizace. Obvykle se také homogenizuje smetana pro standardizaci mléka pro výrobu sýrů, u kterých je žádoucí lipolýza v průběhu zrání, např. u sýrů s plísní v testě [55].

8.1.3.2 Přídavek kyselých kultur

Nezbytným předpokladem výroby všech tvarohů a sýrů je přídavek kyselých kultur bakterií mléčného kvašení. Použití kyselých kultur pro výrobu sýrů se odvíjí dle požadovaného druhu sýra, a rychlosti a míry rozvoje požadované kyseliny v průběhu výroby a v konečném sýru [55,58].

Klíčovým krokem ve výrobě sýrů je okyselení mléka. Je nezbytné pro rozvoj chuti a textury. Podporuje koagulaci a snížením pH se inhibuje růst patogenních mikroorganismů a mi-

krooorganismů, které se podílejí na kažení. Dále snížení pH způsobuje rozpouštění koloidního fosforečnanu vápenatého z kaseinu. Kromě ztráty fosforečnanu vápenatého se celkový náboj odpuzování mezi molekulami kaseinu zvyšuje, ale zpočátku, pak se snižuje pH blížící se k izoelektrickému bodu kaseinu. Dochází k fermentaci laktózy pomocí zákysových kultur, které produkují kyselinu mléčnou, i když některé čerstvé sýry se okyselují přímým přidáním kyseliny, a tudíž nevyžadují tyto kultury [54,58].

Rozlišujeme homofermentativní a heterofermentativní bakterie mléčného kvašení. Homofermentativní BMK produkují jako konečný produkt kyselinu mléčnou a uplatňují se zejména jako zákysové kultury. Heterofermentativní BMK jsou přidávány do konkrétních sýrů, kde není jejich cílem vytvořit kyselinu mléčnou, ale podílet se na vytvoření chuťových látek nebo oxidu uhličitém [59].

Teplota vaření sýřeniny je zde důležitým faktorem. Zákysové kultury se dělí na mezofilní (optimální růst při 25 - 30 °C) a termofilní (optimální růst při 37 - 42 °C). Mezi mezofilní zákysové kultury patří *Lactococcus lactis* subsp. *lactis*, *L. lactis* subsp. *cremoris* a *Leuconostoc* spp. Pokud je teplota vaření sýřeniny vyšší, tak se aplikují termofilní zákysové kultury, jako je například *Str. thermophilus* a *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* [54,59].

8.1.3.3 Koagulace mléka

Vysrážení mléčné bílkoviny je základem výroby sýrů. U většiny sýrů se jedná především o vysrážení kaseinových bílkovin. Kasein se řadí mezi hydrofóbní bílkoviny a to je příčinou jeho izoelektrického srážení (při pH 4,6) z mléka po ztrátě vnějšího náboje a solvatačního vodního obalu. To je rozdíl proti syrovátkovým bílkovinám, které lze z mléka v kyselé oblasti vysrážet až zvýšením teplot. Za těchto podmínek hydrofilní bílkoviny syrovátky ztrácejí vodní obal a vysráží se ze syrovátky - toto se uplatňuje při výrobě syrovátkových sýrů [55,57].

Z mléka se kasein sráží jednak při snížení pH na hodnotu blízkou izoelektrickému bodu, jednak působením enzymů (syřidla). V prvním případě hovoříme o tzv. kyselém srážení, které se uplatňuje u výroby čerstvých sýrů a především u tvarohů [55].

Při kyselém srážení kaseinu se sráží z mléka kaseinové bílkoviny při teplotě kolem 20 °C v tzv. izoelektrickém bodě kaseinu, což je při pH 4,6. Kyselý srážení kaseinových bílkovin je možné dvěma způsoby:

- okyselením mléka kyselinou na pH izoelektrického bodu,
- mléčným kvašením, což je kvasný pochod, při kterém bakterie mléčného kvašení vyrábějí z laktózy kyselinu mléčnou.

Všechny kaseinové frakce se sráží z mléka při tomto způsobu srážení. Důležitá je také i teplota mléka, protože při teplotě pod 6 °C zůstávají kaseiny více či méně v roztoku. Mice-lární kalcium fosfát se při srážení rozpouští, při pH menším než 4,9 je rozpuštěn zcela. Největší množství kaseinu se vysráží při pH 4,2 - 4,6 a při teplotě 40 °C.

Syřidlové srážení mléka má tři fáze. Fáze primární představuje štěpení κ -kaseinu, který je tvořen řetězcem, 169 aminokyselin. Vznikají dva kratší řetězce: od 1. do 105. aminokyseliny tzv. para- κ -kasein a druhý řetězec je tvořen 106. až 169. aminokyselinou a je označen jako tzv. κ -kaseinglykomakropeptid.

Para- κ -kasein obsahuje hydrofobní část molekuly kaseinu, zůstává tedy součástí kaseinových micel. Nemá však již ochrannou funkci jako u původního κ -kaseinu. Vytvářejí se silné vazby mezi jednotlivými micelami a za podpory vápenatých iontů dochází k vysrážení kaseinu a tím dojde k vytvoření sraženiny. κ -kasein-makropeptid obsahuje hydrofilní část molekuly původního κ -kaseinu a odchází do syrovátky.

Sekundární fáze je koagulační, v ní vzniká trojrozměrný gel z kaseinových frakcí, jehož vznik je možný pouze působením vápenatých iontů na jádra micely. Terciární fáze nastává při proteolýze kaseinu, tedy až při vlastním zrání sýrů [57].

Ve formě zředěného roztoku se přidává syřidlo, dávka syřidla se pohybuje do 30 ml na 100 kg mléka. Důležité je důkladné rozmíchání během 2 - 3 minut a uvedení mléka do klidu během dalších 8 - 10 minut, aby nedošlo k narušení průběhu tvorby gelu a nezvyšovaly se ztráty do syrovátky. Celková doba syřidlového srážení se pohybuje mezi 25 a 120 minutami, obvykle však probíhá 30 minut [55].

8.1.3.4 Zpracování sraženiny

K vytvoření sýrových zrn a k oddělení potřebného množství syrovátky ze struktury gelu slouží zpracování sraženiny. Podle typu vyráběného sýra se nechá sraženina na určitou dobu odpočinout. Dochází zde k tunutí a pomalému oddělování syrovátky. Řezáním na kostičky dochází k synerezi (tj. odstranění syrovátky a zakoncentrování sýřeniny). Při této ope-

raci, která trvá přibližně 20 minut, vzniká syrové zrno, tj. částice o velikosti 3 - 15 mm. Mezi nejdůležitější faktory ovlivňující synerezi patří teplota, tlak a pokles pH [54,55,58].

V uvolněné syrovátce je zrno dále mícháno. Zejména na počátku, míchání musí být šetrné, protože je zrno v této fázi křehké a může dojít k jeho rozbití na jemné částice, tzv. sýrový prach [55].

U polotvrdých a tvrdých sýrů jsou ještě zařazeny operace dohřívání a dosoušení. Tyto procesy pomáhají vyloučit více syrovátky a dochází u nich k vývinu požadovaných vlastností. V průběhu dohřívání se zvyšuje teplota z teploty sýření na teplotu dosoušení. U nízkodohříváných sýrů s obsahem tuku v sušině 30 % je teplota dosoušení 36 - 37 °C, teplota 39 - 40 °C je vhodná pro sýry se 45 % tuku v sušině, u vysokodohříváných sýrů se dohřívá na teplotu 48 - 56 °C [54,55].

U některých typů sýrů (eidam, gouda) se provádí i tzv. praní sýrového zrna, při kterém se snižuje obsah laktózy, současně je sýřenina dohřívána, protože k praní se používá teplá voda [55].

8.1.3.5 Formování

Způsob, jakým se syrovátka a sýřenina oddělí, může hrát roli ve struktuře sýra, a může i ovlivnit chuť a barvu. Během formování dochází k formování sýřeniny do požadovaného tvaru a odlučování syrovátky. Způsob oddělení syrovátky i další formování jsou závislé na typu sýra [55,58].

Sýřenina se formuje ve speciálních tvořítkách, ve kterých sýr získá potřebný tvar a velikost. Tvořítka mohou být kovová nebo plastová. Do tvořítka se sýřenina nalévá společně se syrovátkou nebo až po odtoku syrovátky.

Samovolné odkapání se používá u měkkých sýrů, kde je nutné udržovat teplotu kolem 20 °C a několikrát během odkapu sýry obracet, aby došlo k rovnoměrnému odkapu syrovátky a k dosažení co nejpravidelnějšího tvaru. U některých jiných sýrů lze použít i lisování, kterým lze odkap podstatně urychlit. Díky lisování se sýry zbavují syrovátky rychleji. Doba a síla tlaku je různá, dle druhu sýra, stejně tak, zda se sýr během lisu obrací, či ne. Zejména u tvrdých sýrů se používá lisování. Po skončení fáze odkapu či lisování je nutné sýry vyjmout z tvořitek [57].

8.1.3.6 Solení

Sůl inhibuje růst kyselých kultur a jiné mikroorganismy, přispívá k chuti, a ovlivňuje texturu. Zvýšení osmotického tlaku v prostoru mezi zrny a působením bílkovin se zvyšuje množství uvolněné syrovátky. Solením se dále zpevňuje povrch sýrů. Obsah soli u většiny sýrů je mezi 0,5 - 2 % [54,55].

Způsoby solení sýrů:

- solení do zrna - jedná se o přímé přidání a míchání suché soli do rozkrájené nebo pomleté sýřeniny na konci zpracování před formováním,
- solení na sucho - suchá sůl nebo kaše je roztírána na povrchu vyformovaných sýrů,
- solení v solné lázni - sýry se vkládají do solné lázně o koncentraci 18 - 22 % a teplota se pohybuje v rozmezí 10 - 14 °C [55].

8.1.3.7 Zrání

V závislosti na typu sýra se mění zrání. Během zrání dochází k chemickým a enzymatickým reakcím, jejichž výsledkem dochází k vývoji chuti, změně v textuře, a fyzikálních vlastností. Teplota při zrání, pH sýra, výrobní postup a přidávání specifických enzymů a mikroorganismů má vliv na tyto změny. Primární reakce zodpovídající se za texturní změny a vznik aromatických látek jsou glykolýza, proteolýza a lipolýza [55,58].

Kromě čerstvých sýrů všechny sýry vyžadují určitý stupeň zrání pro plný rozvoj chuti a textury. Měkké sýry s vysokou vlhkostí jsou zralé za relativně krátké období. Tvrdé a silně ochucené sýry mohou zrát déle než jeden rok. Povrchově zrající sýry vyžadují poměrně vysokou vlhkost. Zrání sýrů může probíhat buď v celé hmotě sýra (anaerobně) nebo od povrchu dovnitř (aerobně) působením povrchové mikroflóry [54,55].

Zrání sýrů probíhá ve zracích komorách nebo sklepech, kde jsou podle druhu sýra vytvořené optimální podmínky teploty a relativní vlhkosti. Sýry se musí během zrání ošetřovat. Je důležitá i pravidelná kontrola povrchu sýra, aby nedošlo k nárůstu nežádoucích plísní. Některé druhy sýrů zrají volně bez zracích obalů, ale řada sýrů zraje v speciálních fóliích nebo pod ochrannými nátěry [57].

8.1.3.8 Balení

Většina sýrů se balí do expedičních obalů. Nejčastěji primárním obalem bývá fólie. Sekundárním obalem je papírová, případně dřevěná krabice.

Některé sýry se různě porcují, plátkují či strouhají před samotným balením. Sýry by měly být skladovány v chladu, bez světla, a doba skladování záleží na stupni zrání [57].

8.2 Masné výrobky

Za masný výrobek je možné označit pouze takový, který obsahuje převažující základní surovinu maso [60].

Masné výrobky se dělí na:

- tepelně opracovaný - výrobek, u kterého bylo ve všech částech dosaženo minimálně tepelného účinku odpovídajícího působení teploty 70 °C po dobu 10 minut,
- tepelně neopracovaný - výrobek určený k přímé spotřebě bez další úpravy, u něhož neproběhlo tepelné opracování surovin ani výrobku,
- trvanlivý tepelně opracovaný - výrobek, u kterého bylo ve všech částech dosaženo minimálně tepelného účinku odpovídajícího působení teploty 70 °C po dobu 10 minut a navazujícím technologickým opracováním došlo k poklesu aktivity vody s hodnotou $a_{w(max.)} = 0,93$ a k prodloužení minimální doby trvanlivosti na 21 dní při teplotě skladování 20 °C,
- trvanlivý fermentovaný - výrobek tepelně neopracovaný určený k přímé spotřebě, u kterého v průběhu fermentace, zrání, sušení, popřípadě uzení za definovaných podmínek došlo ke snížení aktivity vody s hodnotou $a_{w(max.)} = 0,93$, s minimální dobou trvanlivosti 21 dní při teplotě 20 °C [61].

8.2.1 Chemické složení

Složení masných výrobků je velmi různorodé. Proto je zde uvedena tabulka s chemickým složením vybraných masných výrobků [62].

Tabulka 1: Chemické složení vybraných masných výrobků [62]

Název masného výrobku	voda [%]	bílkoviny [%]	tuky [%]
poličan	25,9	16,8	48
turistický salám	37	14,5	43,5
čajovka	39,5	14,7	43,2
vysočina	39,3	21,4	36
selský salám	45,3	15,3	39,3
godhajský salám	50,5	13,9	34
jaternice	50,7	15	31,6
tlačěnka světlá	57,2	14,1	27,8
šunkový salám	65	18,6	16,1
pečínkový závin	68,3	22	9,3
dušená šunka	69,2	20,7	9

8.2.2 Kontaminující mikroflóra masných výrobků

Kontaminace je nezáměrná přítomnost škodlivé látky nebo mikroorganismu v potravinách. Mezi zdroje kontaminace se řadí prostředí, ve kterém dochází ke zpracování masných výrobků. Maso může být kontaminováno během řezání, zpracování, skladování, během přípravy, pokud není dodržována zásada správné výrobní a hygienická praxe. Pokud není s masem správně zacházeno během zpracování, konzervování a přípravy ke spotřebě, tak toto maso podporuje růst různých mikroorganismů, které vedou ke znehodnocení a alimentárním onemocněním. Zdroje mikroorganismů v masných výrobcích může být maso, koření, ostatní přídatné látky [64,65].

Mikroorganismy, jsou zodpovědné za znehodnocení a ztrátu kvality masných výrobků. Patří mezi ně *Pseudomonas* a související rody, za studena tolerantní *Enterobacteriaceae*, *Acinetobacter* spp., *Alcaligenes* spp., *Moraxella* spp., *Flavobacterium* spp., *Staphylococcus* spp., *Micrococcus* spp., bakterie mléčného kvašení a mnoho dalších.

Podmínky skladování (např. teplota, balení a složení atmosféry, atd.) v kombinaci se složením a vlastnostmi výrobků (např. pH, enzymatická aktivita, obsah sacharidů a lipidů, přísad, atd.) a délkou skladování, mají vliv na růst a aktivitu pro určité mikroorganismy způsobující kažení.

Znehodnocení mikroorganismy je různé mezi vařenými, nasolenými, tepelně zpracovanými, fermentovanými nebo sušenými produkty s rozdílnou hodnotou aktivity vody a pH.

Nepříznivé účinky na zdraví mohou způsobit také biogenní aminy přítomné v masných výrobcích. Produkce biogenních aminů je spojena s růstem mikroorganismů jako *Enterobacteriaceae* a *Lactobacillus*. Regulace růstu a snížení produkce biogenních aminů je dosaženo dodržováním správné hygieny, teplotou a dodržováním doby skladování [64].

Mezi patogenní mikroorganismy, které se mohou vyskytnout v masných výrobcích, patří *Bacillus* spp. (např. *Bacillus cereus*), *Campylobacter* spp., *Clostridium perfringens*, *Clostridium botulinum*, *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes*, *Salmonella enterica*, *Staphylococcus aureus*, a *Yersinia enterocolitica* [65].

Prevence a snížení počtu mikroorganismů v masných výrobcích je dosahována působením vyšších teplot a okamžitým zchlazením po tepelném ošetření, dále sušením, zmrazením, vytvořením nízkého pH, dodržování správné hygienické praxe, atd. [63].

8.2.3 Výroba masných výrobků

Termínem masná výroba je myšlena produkce nejrůznějších druhů salámů, párků, klobás, uzených mas a dalších masných výrobků. Zahrnuje několik operací, pomocí kterých se dosahuje potřebné údržnosti a charakteristické struktury, barvy a dalších žádoucích senzoric- kých vlastností. Jednotlivé operace masné výroby se liší podle typu výrobku, velmi významný rozdíl je mezi výrobky tvořenými celými kusy masa a mělněnými výrobky, kde je nutné jejich strukturu vytvořit.

Kombinací několika konzervačních zákroků se dosahuje údržnosti masných výrobků, jejichž účinek se vzájemně zesiluje: sterilace (pasterace), snížení aktivity vody nasolením či sušením, snížení pH u fermentovaných salámů, chemický účinek některých složek kouře a dusitanů, snížená teplota při skladování. Na údržnost má vliv nejen úroveň těchto faktorů, ale i výchozí četnost mikroorganismů a poměrné zastoupení jejich jednotlivých skupin [55].

8.2.3.1 Struktura masných výrobků

Struktura masných výrobků se tvoří rozdílně u kusového zboží (uzená masa, šunky) a u mělněných masných výrobků. V prvním případě jde při tvorbě struktury zejména o změny

rozpuštěnosti a o bobtnání bílkovin. V druhém případě je situace při vytvoření struktury díla mělněných výrobků komplikovanější. Dílo je směs rozmělněného masa promíchaného s vodou, solí, kořením a jinými přísadami a tvoří základ masného výrobku. Dílo je složeno obvykle ze spojky a vložky. Vložkou mohou být různě velké kousky masa, syrového sádla, zeleniny nebo jiných složek, které se vmíchají do spojky a tvoří pak mozaiku salámu. Spojka je jemně mělněná součást díla, která se připravuje z vazného masa, do něhož se vmíchává určitý podíl méně vazného masa. Má význam pro tvorbu struktury a pro soudržnost masných výrobků [62].

8.2.3.2 *Suroviny a přídavné látky*

Hlavní surovinou pro masné výrobky je maso. Používá se výrobní maso, které vzniká jako vedlejší produkt po vybourání nejcennějších svalových partií pro výsek, pro mnohé výrobky může být používána pouze i čistá svalovina. Obvykle se kombinuje libovolný vazný podíl s tučnějším výřezem, přidává se určité množství vody ve formě šupinkového ledu, solící směs, polyfosfáty, cukry, bílkoviny, koření a další přísady [55,62].

8.2.3.3 *Solení*

Sůl je jednou z nejčastěji používaných složek ve zpracovaných masných výrobcích, a je používána pro konzervaci masných výrobků, v důsledku její schopnosti snižovat aktivitu vody, a proto inhibovat mikrobiální růst. Sůl se používá jako aromatická látka nebo jako látka zvýrazňující chuť. Je také zodpovědná za dosažení požadovaných texturních vlastností masných výrobků. Sůl dodává řadu funkčních vlastností v masných výrobcích [66].

Přídavek soli do masných výrobků činí 2 - 3 % hm. Samotná sůl se však používá jen u malé části výrobků, většinou je přidávána ve formě dusitanové solící směsi. Pokud není přítomen dusitan, dojde při záhřevu ke změně barvy na šedohnědou v důsledku přeměny myoglobinu na hemochromy. Dusitanová solící směs obsahuje 0,5 - 0,6 % dusitanu sodného, a zbytek je tvořen chloridem sodným.

Způsoby solení masných výrobků:

- solení přímo do díla (mělněné masné výrobky),
- naložením masa do láku na několik dnů až týdnů,
- nastříknutí láku přímo do masa pomocí mnohahlahového nastřikovacího stroje,

- solení na sucho [55].

8.2.3.4 Mělnění a míchání

Mělněním dochází ke zmenšování kousků masa na různě veliké částice. Mícháním rozmělněného masa s vodou (šupinkovými ledem), solí, kořením a jinými přísadami se získává hotové dílo. Míchání a mělnění se provádí buď na univerzálních strojích, jako jsou moderní výkonné kutry, které mohou mělnit i míchat, nebo na kontinuálních linkách, složených z jednotlivých jednoúčelových strojů, jako jsou řezačky a míchačky, desintegrátory [62,67].

8.2.3.5 Narážení a tvarování

Narážením je myšleno plnění mělněného a zamíchaného díla do pružných přírodních anebo umělých plastových střev pod určitým tlakem pomocí tzv. narážeček. Použitý obal přitom slouží jako obal technologický, který dodává výrobku tvar a umožňuje jeho tepelné opracování a další technologické kroky [67].

Důležitým požadavkem při plnění je zabránění tvorby vzduchových bublin ve výrobku. Důležitý je i správný stupeň narážení, protože méně naražené výrobky se mohou při tepelném opracování zkrátit, naproti tomu velmi naražené výrobky mohou při tepelném opracování roztrhnout obal [68].

Naražené výrobky je nutné uzavřít. K uzavření je možné v některých případech pouze přimáčknout konce k sobě, jiné výrobky se oddělují přetáčením. Některé obaly se mohou ještě uzavírat špejlováním, nověji se však oddělují motouzem nebo sponováním [62].

8.2.3.6 Uzení

Kouř ze dřeva má antioxidační a bakteriostatické vlastnosti, které pomáhají prodloužit dobu použitelnosti masným výrobkům. Tyto vlastnosti byly původním účelem uzení. V současné době se však působení udícího kouře využívá především k dosažení žádoucích sensorických vlastností a vytvoření povrchově hnědé barvy [55,69].

Udicí kouř je složitá disperzní soustava, která obsahuje spojitou plynnou fázi, v níž jsou rozptýleny ve formě aerosolu tuhé a kapalné částice. Hlavními složkami kouře je dusík, kyslík, oxid uhličitý, voda, alkoholy, ketony, kyseliny, fenoly, estery, aj [55].

Uzení se nejčastěji provádí vystavením masných výrobků kouři z hořících nebo doutnajících rostlinných materiálů, nejčastěji dřevu. Nejčastěji se používají tvrdé dřeviny. Měkčí dřeva obsahují vyšší množství pryskyřic, které produkují nežádoucí látky, když hoří. Jinou možností je použití umělých udících preparátů, které umožňují aplikovat udící kouř i přímo do díla a mají upravené chemické složení oproti klasickému kouři [55,69].

Je možné udit, jak maso v kusech, tak i masné výrobky narážené do obalů [55].

Typy uzení:

- Uzení studeným kouřem se obvykle provádí při teplotě 10 - 25 °C a relativní vlhkosti přibližně 70 - 80 %.
- Uzení teplým kouřem se provádí při 23 - 40 °C a relativní vlhkosti 75 - 85 %, po dobu 4 - 48 hodin.
- Uzení horkým kouřem začíná při teplotě 40 - 60 °C, ale teplota může stoupat až k 90 - 100 °C, v závislosti na produktu a požadované chuti, s relativní vlhkostí v rozmezí od 60 % do 85 % po dobu 4 hodin [70].

8.2.3.7 Sušení

Sušení může být definováno jako odstranění většiny vody přítomné v masných výrobcích odpařováním nebo sublimací. V důsledku toho, je aktivita vody snížena a tím je zabráněno růstu mikroorganismů a biochemickým reakcím. Sušený masný výrobek, tak bude mít delší trvanlivost. Proces probíhá při mírných teplotách (pod 35 °C) nebo při vyšších teplotách (50 - 60 °C). Sušení následuje po zauzení trvanlivých masných výrobků a doba sušení trvá týden až 14 dnů [55,70].

8.2.3.8 Tepelné opracování

Hlavním cílem tepelného opracování je zničení většiny patogenních mikroorganismů a zabránit znehodnocení masných výrobků mikroorganismy podílející se na kažení potravin. Tepelné opracování má zajistit údržnost výrobku, vytvořit příslušnou strukturu i upravit chuť, vůni, barvu a celkový vzhled výrobku. Pro dosažení údržnosti masných výrobků se dosud požaduje takový záhřev, kdy je dosaženo minimálně pasteračního účinku, který je ekvivalentní působení teploty 70 °C ve středu výrobku po dobu nejméně 10 minut [55,70].

Po záhřevu je nutné pořádně výrobky zchladit, čímž se jednak rychle překoná kritická oblast 20 - 40 °C, při které může docházet k pomnožení případně přežívajících mikroorganismů, nebo dokonce mohou vyklíčit a pomnožit se sporuláty [55].

8.2.3.9 Fermentace

Obecně fermentované potraviny jsou považovány za bezpečné výrobky, protože při jejich výrobě a acidifikaci dochází k vytvoření takového prostředí, které neumožňuje růst patogenních mikroorganismů. Fermentace umožňuje prodloužení trvanlivosti velmi rychle se kazících potravin [70].

Fermentací je zajišťována údržnost u výrobků, které nejsou tepelně opračované. Jedná se o proces, kdy jsou činností mikroorganismů zkvašovány cukry na organické kyseliny, zejména kyselinu mléčnou. Snížením pH je zabráněno růstu hnilobných mikroorganismů a je zajištěna údržnost. Ke zvýšení údržnosti pak přispívá i snížení aktivity vody (přidavkem soli a usušením) a konzervační složky z kůže. Snížením pH je zároveň zpevněna struktura a stabilizována barva. Fermentované salámy se vyrábějí s přidavkem čistých mikrobiálních kultur, tzv. startovacích kultur a fermentace probíhá za kontrolovaných podmínek [55].

8.2.3.10 Balení

Nejčastějšími obaly používanými pro balení masa a masných výrobků jsou fólie. Balení masa a masných výrobků se provádí z důvodů hygienických, zdravotních a obchodních. Balení je třeba oddělit od plnění masných výrobků do technologických obalů (střívek). Následně se balí do plastových vaniček, sáčků - prostě, vakuově, do ochranné atmosféry (do primárního obalu, který se dotýká výrobku). Tyto primárně zabalené výrobky se vkládají do přepravních (sekundárních) obalů – plastových přepravek, kartonů a dále na palety [71].

II. PRAKTICKÁ ČÁST

9 POUŽITÉ MATERIÁLY A PŘÍPRAVA VZORKŮ

V této kapitole praktické části diplomové práce jsou popsány výchozí složky pro přípravu fólií, jejich příprava a následné zpracování.

Pro experiment byly použity, jak čisté vzorky polymerních materiálů, tak i vzorky polymerních materiálů obohacené o nanoplivo.

9.1 Použité materiály

Jako nosné materiály pro polymerní matrice byly použity Surlyn (1857), LDPE (AC 100 LD), EVA (ESCORENE FUW 380/85, EXXOMMOBIL), EVOH (EVAL, H171B, MITSUI CHEM.).

9.1.1 Použité plnivo

Jako nanoplivo pro všechny vzorky byl použit organicky modifikovaný montmorilonit Cloisite 20A.

9.1.2 Použité kompatibilizátory

Pro Surlyn a LDPE byly použity kompatibilizátory. Pro Surlyn byl jako kompatibilizátor použit Poly(ethylene-co-methacrylic acid), zinc salt. Kompatibilizátorem pro LDPE byl PRIEX 15005.

9.1.3 Příprava předsměsi - MASTERBATCH

Předsměs byla připravena pro Surlyn a LDPE. Kompatibilizátor i plnivo byly předsušeny v sušárně při teplotě 60 °C po dobu minimálně 24 hodin. Byla provedena navážka 20 g nanopliva a 20 g kompatibilizátoru. Předsměs byla připravována v hnětací komůrce. Do hnětací komůrky byla nejprve nadávkována část kompatibilizátoru, po částečném roztavení kompatibilizátoru bylo přidáno plnivo a nakonec zbytek kompatibilizátoru. Předsměs byla připravována po dobu 7 minut při teplotě 140 °C, otáčky při sypání 10 ot./min a poté byly zvýšeny na 15 ot./min. Tímto způsobem bylo připraveno 500 g MASTERBATCH.

9.1.4 Příprava směsí

Vzorky se Surlynem:

- vzorek 1 se Surlynem obsahoval 5 % maleinizovaného Surlynu a 5 % nanoplňiva → bude označován jako 5SRL
- vzorek 2 se Surlynem obsahoval 5 % maleinizovaného Surlynu a 3 % nanoplňiva → označení 3SRL

Vzorky s LDPE:

- vzorek 1 s LDPE obsahoval 5 % maleinizovaného LDPE a 5 % nanoplňiva → dále označován jako 5LDPE
- vzorek 2 s LDPE obsahoval 5 % maleinizovaného LDPE a 3 % nanoplňiva → označován jako 3LDPE

Vzorky s EVA:

- vzorek 1 s EVA obohacený o 5 % nanoplňiva → zkratka 5EVA
- vzorek 2 s EVA obohacený o 3 % nanoplňiva → označení 3EVA

Vzorky s EVOH:

- vzorek 1 s EVOH obohacený o 5 % nanoplňiva → zkratka 5EVOH
- vzorek 2 s EVOH obohacený o 3 % nanoplňiva → zkratka 3EVOH

9.2 Příprava vzorků

Vzorky s obsahem nanoplňiva byly namíchány a homogenizovány pomocí dvoušnekového extrudéru.

9.2.1 Míchání a homogenizace

Připravené směsi byly nasypány do sáčku, který byl poté uzavřen. Míchání bylo provedeno třepáním sáčku pomocí rukou.

Homogenizace směsí byla provedena na dvoušnekovém extrudéru Brabender. Z extrudéru byla vytlačena struna, která byla chlazena vzduchem. Struna byla nařezána pomocí nožo-

vého mlýnu zpět na granulát. Tento celý proces byl 1x opakován, z důvodu lepší homogenizace směsi.



Obrázek 7: Dvoušnekový extrudér - homogenizace vzorku

Tabulka 2: Podmínky homogenizace směsí

Vzorek	1. topné pásmo [°C]	2. topné pásmě [°C]	3. topné pásmo [°C]	Teplota na hlavě [°C]	Počet otáček za minutu
5SRL	170	190	200	220	50
3SRL	170	190	200	220	45
5LDPE	90	110	125	145	35
3LDPE	90	110	125	145	30
5EVA	145	160	180	200	65
3EVA	145	160	180	200	60
5EVOH	155	170	190	210	30
3EVOH	155	170	190	210	28

Vzniklý granulát byl poté použit pro výrobu lisovaných desek a vytlačovaných fólií.

9.2.2 Lisování

Pro výrobu lisovaných desek z připraveného granulátu byl použit rámeček o rozměrech 125 x 125 x 2 mm. Vlastní lisování desek bylo provedeno na mechanickém lisu. Pomocí hydraulického lisu byly desky chlazeny. Pro lisování desek byl vybrán jen určitý materiál.



Obrázek 8: Mechanický lis

Tabulka 3: Podmínky lisování

Vzorek	Navážka [g]	Teplota lisování [°C]	Přehřev [min]	Lisování [min]	Chlazení [min]
5SRL	40	160	3	3	7
SRL	40	160	3	3	7
5LDPE	40	140	5	3	7
LDPE	40	140	5	3	7
5EVA	40	200	3	3	10
EVA	40	200	3	3	10
5EVOH	40	210	6	3	9
EVOH	40	210	6	3	9

Vylisované desky sloužily k tahovým zkouškám.

9.2.3 Vytlačování

Vytlačování fólií z granulátu bylo provedeno pomocí širokoštěbinové vytlačovací hlavy, která byla nasazena na dvoušnekový extrudér značky Brabender.



Obrázek 9: Vytlačování fólií na širokoštěbinové hlavě

Tabulka 4: Podmínky vytlačování

Vzorek	Teplota na hlavě [°C]	1. topné pásmo [°C]	2. topné pásmo [°C]	3. topné pásmo [°C]	4. topné pásmo [°C]	Počet otáček za minutu
5SRL	220	170	190	200	210	15
3SRL	220	170	190	200	210	15
SRL	220	170	190	200	210	15
5LDPE	145	90	110	125	140	20
3LDPE	145	90	110	125	140	20
LDPE	145	90	110	125	140	20
5EVA	200	145	160	180	195	20
3EVA	200	145	160	180	195	20
EVA	200	145	160	180	195	20
5EVOH	210	155	170	190	205	20
3EVOH	210	155	170	190	205	20
EVOH	210	155	170	190	205	20

Vytlačené fólie sloužily k balení potravin, tahovým zkouškám a měření plynopropustnosti.

9.3 Balení potravin

Potraviny byly baleny, jak do fólií vyrobených ve školní laboratoři, tak i do fólií komerčních dodávaných firmou INVOS. Z vyrobených fólií byly vybrány jen některé k balení potravin. K balení jako potraviny sloužily sýr a masný výrobek. Sýrem byla eidamská cihla v sedmítýdenní zralosti s obsahem sušiny 50 % a tukem v sušině 30 %. Masným výrobkem byl výrobní salám, který byl vyroben 5 dní před balením.

9.3.1 Fólie

Z vyrobených fólií byly použity pro balení sýra i masného výrobku následující:

- 5SRL
- SRL
- 5EVA
- EVA
- 5LDPE

Z komerčně dodávaných fólií byly vybrány 4 pro balení potravin:

<i>Sýr</i>	<i>Masný výrobek</i>
- PET/PE	- PLA
- PE/EVOH/PE	- PE/EVOH/PE
- PP	- PP
- PE	- PE

9.3.2 Příprava potravin

Sýr byl krájen na celé kusy pomocí nože, který byl dezinfikován ve 2% roztoku Aktivitu D. Aktivitu D je speciální dezinfekce na bázi kvartérních amonných sloučenin. Hmotnost vzorku sýra byla 150 g.

Masný výrobek byl nakrájen nářezovým strojem na tenké plátky. Nářezový stroj byl před použitím umyt vodou s čistícím přípravkem. Poté byl stroj vydezinfikován pomocí 70% roztoku ethanolu. Hmotnost vzorku masného výrobku vkládaného do obalu činila 60 g.

9.3.3 Příprava obalů

Fólie byly nastříhány na menší kousky a vydezinfikovány z obou stran 70% roztokem ethanolu. Dále byly dezinfikovány v UV boxu po dobu 4 minut.

Vydezinfikované fólie byly přehnuty napůl a svařeny ze dvou stran. Svařování fólií probíhalo ve vakuové baličce Mini Jumbo od firmy Henkelman, a díky ní byl vytvořen na fólii dvojitý svár. Tímto způsobem byla vytvořena kapsa, do které se poté vkládaly potraviny.

9.3.4 Vlastní balení potravin

Potraviny byly v rukavicích a pomocí obracečky vkládány do připravených kapes z fólií. Potraviny byly baleny dvojitým způsobem, a to balením ve vakuu a prostým balením. Balení ve vakuu znamená, že se odsaje veškerý vzduch z obalu. Prostým balením je myšleno balení, u kterého nedochází k odsátí vzduchu ani ke změně složení atmosféry.

Jak vakuové, tak i prosté balení bylo provedeno ve vakuové baličce Mini Jumbo od firmy Henkelman. U vakuového balení byl program nastaven na 45 sekund. Po této době došlo k vytvoření vakua a dvojitého sváru. U prostého balení byl program nastaven na 15 sekund. Po uplynutí této doby byl vytvořen dvojitý svár, a potraviny byly zabaleny prostě, jelikož nedošlo k vytvoření vakua.



Obrázek 10: Vakuová balička od firmy Henkelman

Zabalené potraviny byly skladovány v chladničce při teplotě 4 ± 1 °C a sloužily k mikrobiologickému rozboru.

9.3.5 Přehled zabalených vzorků

Pro prosté balení a balení ve vakuu budou používány následující zkratky:

- PB - označuje prosté balení
- V - označuje balení ve vakuu

Sýr

- 5SRL PB
- 5SRL V
- SRL PB
- SRL V
- 5EVA PB
- 5EVA V
- EVA PB
- EVA V
- 5LDPE PB
- 5LDPE V
- PET/PE PB
- PET/PE V
- PE/EVOH/PE PB
- PE/EVOH/PE V
- PP PB
- PP V
- PE PB
- PE V

Masný výrobek

- 5SRL PB
- 5SRL V
- SRL PB
- SRL V
- 5EVA PB
- 5EVA V
- EVA PB
- EVA V
- 5LDPE PB
- 5LDPE V
- PE/EVOH/PE PB
- PE/EVOH/PE V
- PP PB
- PP V
- PE PB
- PE V
- PLA PB
- PLA V

Obě potraviny byly do každé fólie baleny 3x, z důvodu mikrobiologického rozboru, který probíhal ve třech časových intervalech.

10 EXPERIMENTÁLNÍ METODY A POSTUPY

Tato část diplomové práce popisuje použité experimentální metody měření a jejich postupy.

10.1 Tahové zkoušky

Tahové zkoušky byly měřeny a vyhodnoceny pomocí trhacího stroje TENSOMETR 2000. Trhací stroj se nachází v Demoroom ALPHA Technologies s.r.o., který je součástí fakulty technologické UTB.

Tahovými zkouškami jsou měřeny mechanické vlastnosti vylisovaných desek a fólií. Z vylisovaných desek a z fólií byly vysekány lopatky pomocí vysekávacího stroje. Pro tahové zkoušky byla použita zkušební tělíska ve tvaru oboustranné lopatky typu 5 dle ČSN EN ISO 527-3 (64 0604). Počet zkušebních tělísek byl 5 pro každou sérii, počáteční rozpětí čelistí bylo nastaveno na 80 mm, a byly navoleny 2 rychlosti trhání. Počáteční rychlost byla nastavena na 1 mm/min do modulu 2 %, poté se rychlost zvýšila na 100 mm/min do přetržení. Pro zkušební tělíska z vylisovaných desek byl použit siloměr 1000 N. Pro fólie, z důvodu citlivosti zařízení, byl použit siloměr 100 N.

Byly naměřeny a vyhodnoceny následující vlastnosti při tahových zkouškách: pevnost v tahu, prodloužení při přetržení, tahový - Chor modul. Zřejmě malá citlivost trhacího zařízení způsobila, že při pomalejší rychlosti 1 mm/min nedošlo k naměření hodnot E modulu v rozmezí 0,025 - 0,05 %. Kvůli tomu byl zaznamenán Chor modul měřený v rozmezí modulů 2 - 5 % při vyšší rychlosti 100 mm/min, který je definován jako srovnávací.

Pro názorné porovnání vlastností jednotlivých materiálů jsou naměřené veličiny zpracovány v grafech.

10.2 Zkoušky plynopropustnosti

Zkoušky plynopropustnosti jsou měřeny dle normy ČSN 64 01 15 - metoda konstantního objemu. Měření probíhalo na přístroji pro měření propustnosti pro plyny JULABO TW8.

Zkušební membrány pro měření propustnosti pro plyny byly vyseknuty ze vzorků přípravných fólií. Membrány byly vyseknuty ve tvaru kruhu o průměru 80 mm a průměrné tloušťce 0,051 mm. Propustnost byla měřena pro kyslík při teplotě 35 °C, rozdílu tlaku 2 Bary a 99% relativní vlhkosti.

Aparatura pro měření plynopropustnosti se skládá z komory rozdělené membránou měřného vzorku na dvě části. Ve vrchní části je přetlak, ve spodní části podtlak (vakuum). Je měřen přírůstek tlaku v čase difundujícího skrze měřený vzorek. Záznam měření probíhá přes převodník tlaku na elektrický signál na PC.

Ze získaných dat je určena směrnice přímky, která je poté použita do vzorce:

$$P = \frac{\Delta p}{\Delta t} \cdot \frac{V \cdot h}{R \cdot T \cdot A \cdot p}$$

kde P je permeační koeficient [mol/m.s.Pa],

$\Delta p/\Delta t$ přírůstek tlaku v čase v nízkotlaké komoře,

R plynová konstanta,

V objem nízkotlaké komory [m³],

T teplota [°C],

h tloušťka vzorku [m],

A pracovní plocha vzorku [m²],

p tlakový gradient [Pa].

10.3 Mikrobiologický rozbor

10.3.1 Příprava půd a fyziologického roztoku

Veškeré půdy jsou od HiMedia, Bombai, Indie.

10.3.1.1 Plate Count Agar

Pro zjištění přítomnosti celkového počtu mikroorganismů byl použit PCA (Plate Count agar). Bylo naváženo 17,50 g prášku, který byl rozpuštěn v 1 litru destilované vody. Počkalo se 5 minut, poté byl obsah důkladně promíchán, aby se vytvořila homogenní suspenze. V případě potřeby se pH upravilo na $7,0 \pm 0,2$. Sterilizace byla provedena v autoklávu při 121 °C po dobu 15 až 20 minut.

Složení:

LÁTKA	MNOŽSTVÍ (g/l)
enzymatický hydrolyzát kaseinu	5,00
kvasničný extrakt	2,50
glukosa	1,00
agar	9,00

1.1.2 Chloramphenicol Yeast Glucose Agar

Agar s chloramfenikolem (CHYGA) se používá pro zjištění počtu kvasinek a plísní. Navážilo se 40,00 g přípravku do 1 litru destilované vody a zahřívalo do úplného rozpuštění. Sterilizace v autoklávu při 121 °C po dobu 15 minut. Konečné pH může být upraveno na $6,6 \pm 0,2$.

Složení:

LÁTKA	MNOŽSTVÍ (g/l)
kvasničný extrakt	5,00 g
dextrosa	20,00 g
chloramfenikol	0,10 g

agar 14,90 g

10.3.1.2 ENDO Agar

ENDO agar slouží pro detekci a rozlišení laktosa-pozitivních a laktosa-negativních koli-formních bakterií. Navážka byla 41,50 g přípravku do 1 litru destilované vody. V autoklávu byla provedena sterilizace při 121 °C po dobu 15 minut. Před nalitím na Petriho misky se musí důkladně promíchat. Konečné pH je možné upravit na $7,5 \pm 0,2$.

Složení:

LÁTKA	MNOŽSTVÍ (g/l)
masový pepton	10,00
laktosa	10,00
siřičitan sodný	2,50
hydrogenfosforečnan (di)draselný	3,50
basický fuchsin	0,50
agar	15,00

10.3.1.3 Baird Parker Agar

Baird Parker Agar (B - P agar) je používán pro izolaci a stanovení počtu koaguláza pozitivních stafylokoků z potravin a ostatních materiálů. Navážka činí 63,00 gramů přípravku do 950 ml destilované vody. Zahřívalo se do úplného rozpuštění. Sterilizace byla provedena v autoklávu při 121 °C po dobu 15 minut. Poté byl ochlazen na teplotu 45 - 50 °C a asepticky bylo přidáno 50,00 ml žloutkové emulze s teluricitanem draselným (Egg Yolk Tellurite Emulsion). Před nalitím na Petriho misky se musí důkladně promíchat. Pokud je nutné, tak se konečné pH se upraví na $7,0 \pm 0,2$.

Složení:

LÁTKA	MNOŽSTVÍ (g/l)
enzymatický hydrolyzát kaseinu	10,00
hovězí extrakt	5,00
kvasničný extrakt	1,00

glycin	12,00
pyrohroznán sodný	10,00
chlorid lithný	5,00
agar	20,00

10.3.1.4 M17 Agar

M17 agar slouží pro kultivaci mléčných streptokoků. Bylo naváženo 33,25 g přípravku do 1 litru destilované vody. Sterilizace probíhala v autoklávu při 121 °C po dobu 15 minut. Konečné pH pokud je nutné se upraví na $7,1 \pm 0,2$.

Složení:

LÁTKA	MNOŽSTVÍ
masový pepton	5,00
sojový pepton	5,00
kvasničný extrakt	2,50
hovězí extrakt	5,00
laktosa	5,00
kys. askorbová	0,50
síran hořečnatý	0,25
agar	10,00

10.3.1.5 Lactobacillus MRS Broth

Slouží pro kultivaci rodu *Lactobacillus*. Navážka MRS Broth je 55,15 g do 1 litru destilované vody. Dále, kvůli ztuhnutí byl přidán k navážce MRS Broth agar. Navážilo se 15 g do 1 litru destilované vody. V autoklávu byla provedena sterilizace při 121 °C po dobu 15 minut.

Složení:

LÁTKA	MNOŽSTVÍ (g/l)
proteosový pepton	10,00

hovězí extrakt	10,00
kvasničný extrakt	5,00
dextrosa	20,00
polysorbát 80	1,00
citran amonný	2,00
octan sodný	5,00
síran hořečnatý	0,10
síran manganatý	0,05
hydrogenfosforečnan di(draselný)	2,00

10.3.1.6 Reinforced Clostridial Broth (RC Broth)

Slouží pro kultivaci a stanovení počtů *Clostridium* spp. a dalších anaerobních bakterií. Navážka je 38,00 g přípravku do 1 litru destilované vody. Pro ztuhnutí byl přidán k navážce ještě agar. Bylo naváženo 15,00 g agaru do 1 litru destilované vody. Zahřívání probíhá do úplného rozpuštění. Sterilizace v autoklávu při 121 °C po dobu 15 minut. Konečné pH je možné upravit na $6,8 \pm 0,2$.

Složení:

LÁTKA	MNOŽSTVÍ (g/l)
enzymatický hydrolyzát kaseinu	10,00
hovězí extrakt	10,00
kvasničný extrakt	3,00
dextrosa	5,00
chlorid sodný	5,00
octan sodný	3,00
škrob	1,00
L-cystein hydrochlorid	0,50
agar	15,50

10.3.1.7 Fyziologický roztok

Příprava fyziologického roztoku probíhala následovně: 8,5 g chloridu sodného bylo rozpuštěno v 1 litru destilované vody. Poté byl důkladně promíchán a sterilizován v autoklávu při 121 °C po dobu 15 minut.

10.3.2 Mikrobiologický rozbor potravin

K mikrobiologickému rozboru byly odebírány zabalené potraviny v pravidelných časových intervalech. Po celou dobu byly vzorky skladovány v chladničce při teplotě 4 ± 1 °C. Počet mikroorganismů byl stanoven 5., 9. a 13. den skladování. Dále byl proveden mikrobiologický rozbor sýra a masného výrobku v den jejich balení.

10.3.2.1 Odběr vzorku a ředění

Odběr vzorků byl proveden pomocí sterilního skalpelu. Vzorek potraviny byl vložen do sterilního sáčku. Do sáčku byl přidán fyziologický roztok v poměru 1:9. Byla provedena homogenizace vzorku ve stomacheru po dobu 5ti minut. Homogenizace byla provedena z důvodu zmenšení a rozptýlení velikosti vzorku. Díky homogenizaci jsou mikroorganismy rozptýleny v celém objemu vzorku. Následně bylo podle potřeby provedeno desítkové ředění.

10.3.2.2 Stanovení mikroorganismů

Při stanovení mikroorganismů je očkovan určený objem zkušební vzorku. Na Petriho misku byl pomocí automatické pipety nadávkován 1 ml inokula, který byl zalit agarovou půdou vytemperovanou na 45 °C. Nalítá půda byla pomocí krouživých pohybů důkladně promíchána s inokulem. Po ztuhnutí půdy se Petriho miska otočí dnem vzhůru a je provedena kultivace.

10.3.2.3 Kultivace

Při teplotě 30 °C po dobu 48 hodin byla provedena kultivace mikroorganismů. Mikroorganismy byly kultivovány aerobně nebo anaerobně. Po uplynutí doby kultivace byly spočítány mikroorganismy narostené na kultivačních půdách a byl určen celkový počet mikroorganismů v 1 gramu.

10.3.2.4 Skupiny zjišťovaných mikroorganismů

V tabulce jsou uvedeny zkoumané mikroorganismy ve vzorcích potravin. Dále jsou zde uvedeny použité půdy pro dané mikroorganismy, a kultivační podmínky.

Tabulka 5: Přehled mikroorganismů

Skupina mikroorganismů	Kultivační médium	Kultivační podmínky
Celkový počet mikroorganismů	PCA	30 °C/48 hod/A
Kvasinky a plísňe	CHYGA	30 °C/48 hod/A
Enterobakterie	ENDO agar	30 °C/48 hod/A
Stafylokoky	B - P agar	30 °C/48 hod/A
BMK	M17 agar	30 °C/48 hod/A
BMK	MRS agar	30 °C/48 hod/A
Klostridie	RCA	30 °C/48 hod/AN

10.3.3 Mikrobiologický rozbor obalů

Kvůli zjištění, zda byly použité fólie pro balení potravin dostatečně vydezinfikovány, bylo provedeno jejich mikrobiologické vyšetření. Z fólií byly vytvořeny obaly, které neobsahovaly potraviny.

10.3.3.1 Odběr vzorku

K otevření obalů sloužily sterilní nůžky, které byly ponořeny do etanolu a vyžihány plamenem. Mikrobiologický rozbor byl proveden pomocí stěru obalu z definované plochy. Ke stěru byl použit sterilní kovový rámeček o rozměrech 50 x 50 mm a sterilní tampon. Sterilní tampon byl ponořen do fyziologického roztoku a z definované plochy rámečku byl proveden stěr. Poté byla tamponem potřena celá Petriho miska s vylitou kultivační půdou. Zkoumanými mikroorganismy byly kvasinky a plísňe, a celkový počet mikroorganismů. Pro kvasinky a plísňe byla použita kultivační půda CHYGA. Pro určení celkového počtu mikroorganismů byl použit PCA.

10.3.3.2 Kultivace

Kultivace probíhala 2 dny při teplotě 30 °C a aerobních podmínkách. Po uplynutí doby kultivace byly spočítány mikroorganismy a určen celkový počet mikroorganismů v 1 g vzorku.

10.3.4 Stanovení CFU

Po příslušné době kultivace byly spočítány kolonie, které vyrostly na Petriho miskách. Celkový počet mikroorganismů na 1 g vzorku byl vypočítán z následujícího vztahu:

$$N = \frac{\sum c}{(n_1 + 0,1n_2) \cdot d} \Rightarrow [CFU / g]$$

- c ...počet narostených kolonií
- n_1, n_2 ...počet misek příslušného ředění
- d ...první ředění zvolené k počítání

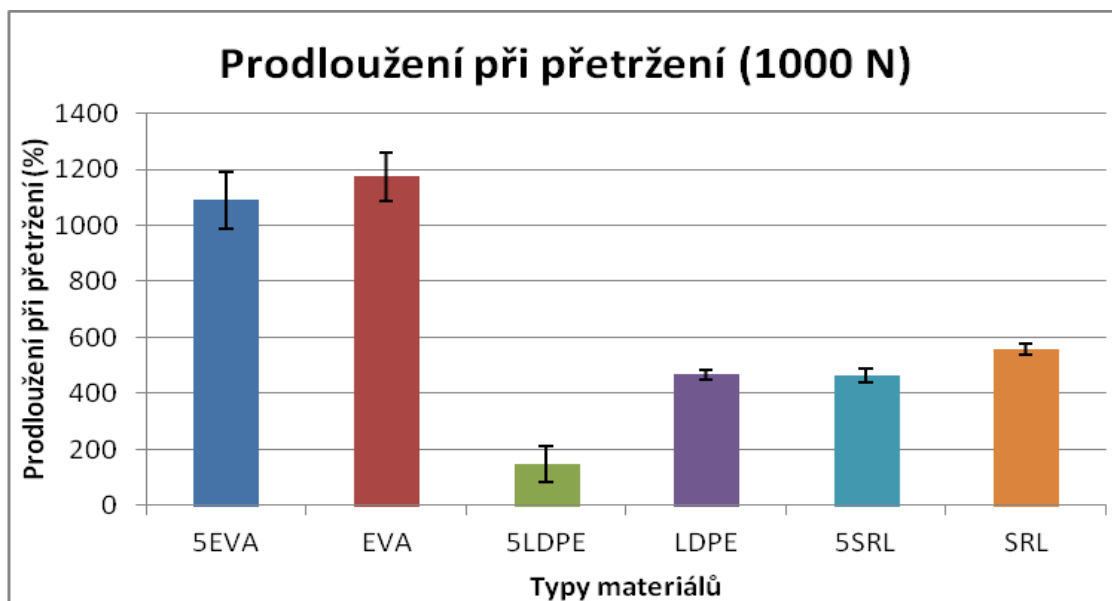
11 VÝSLEDKY A DISKUZE

11.1 Tahové zkoušky

Pomocí tahových zkoušek byly měřeny mechanické vlastnosti. Měření bylo provedeno na lisovaných deskách a vytlačených fólií. Tahové zkoušky byly provedeny na čistých vzorcích a vzorcích s plnivem. Účel tahových zkoušek je porovnání mechanických vlastností mezi čistým a obohaceným vzorkem.

11.1.1 Tahové zkoušky desek

- **Prodloužení při přetržení** - V grafu 1 pozorujeme, jak plnivo ovlivňuje danou mechanickou vlastnost. Obecně největšího procentuálního prodloužení dosahovaly čisté materiály. Vzorek EVA měl nejlepší vlastnost při prodloužení při přetržení. Naopak nejhorší materiál zaznamenaný v grafu byl 5LDPE.

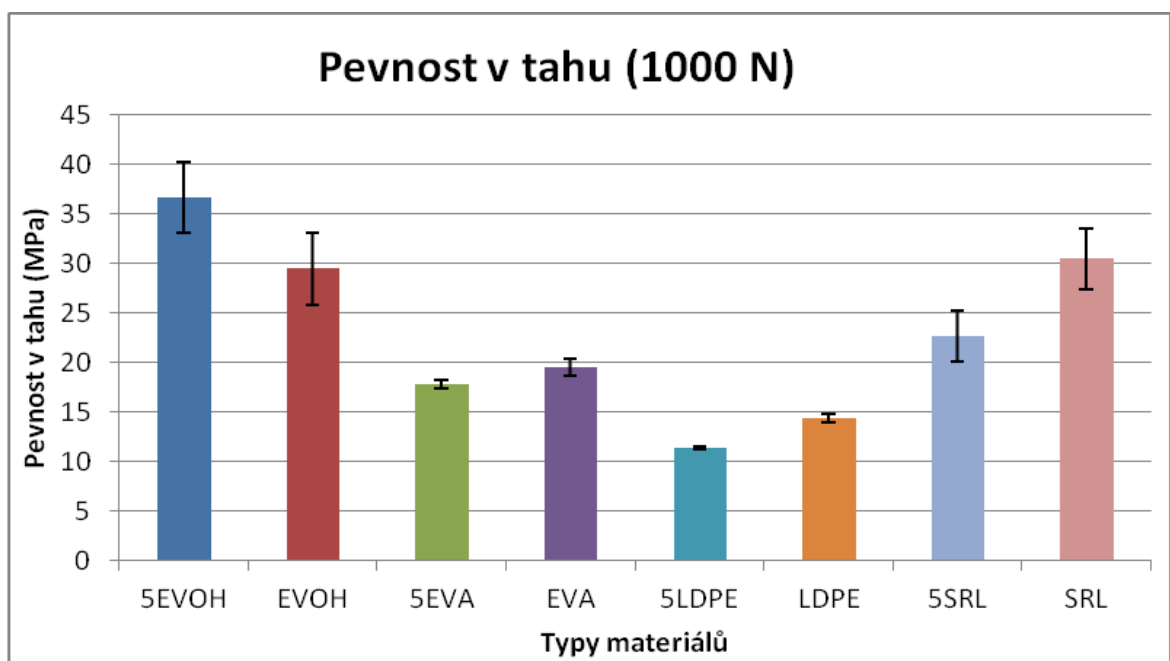


Graf 1: Prodloužení při přetržení

Materiály 5EVOH a EVOH byly velice křehké, lámaly se okamžitě, proto je nebylo možné zaznamenat do grafu. Hodnota pro 5EVOH byla 0,88 %, a pro čistý EVOH 1,01 %.

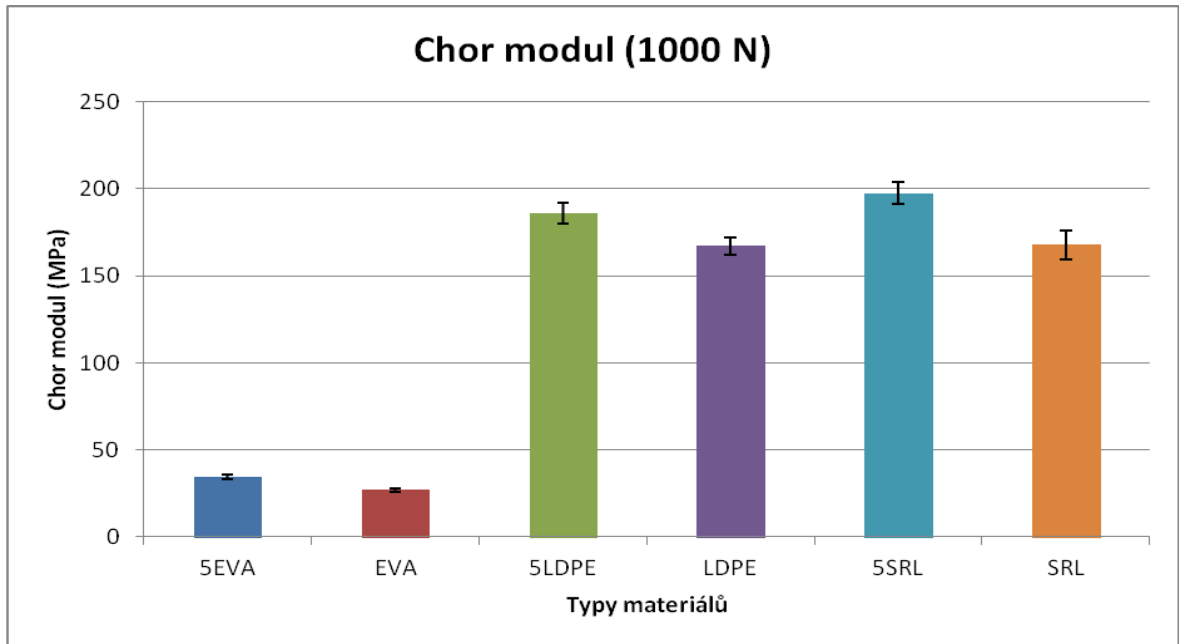
Všechny materiály s plnivem měly horší prodloužení při přetržení oproti čistým materiálům. Nejspíše přítomnost plniva nemá až takový vliv na prodloužení při přetržení.

- **Pevnost v tahu** - v grafu 2 můžeme pozorovat další mechanickou vlastnost, a to pevnost v tahu. Obecně největší pevnost v tahu byla zaznamenána u vzorku 5EVOH. Nejnižší pevnost v tahu byla zaznamenána u 5LDPE. Materiály EVA, LDPE a SRL měly vyšší pevnost v tahu, oproti jejich vzorkům obohacným o plnivo. Pouze 5EVOH měl vyšší pevnost v tahu oproti čistému EVOH. Tato skutečnost může být způsobena špatným rozmícháním nanoplňiva, kdy nedošlo k jeho exfoliaci a tím nedošlo k jeho ztužujícímu efektu.



Graf 2: Pevnost v tahu

- **Chor modul** - další mechanickou vlastností sledovanou u tahových zkoušek je tahový modul tzv. Chor modul. Chor modul je měřený v rozmezí modulů 2 - 5 %, při vyšší rychlosti 100 mm/min. V grafu 3 můžeme pozorovat, že vyšší hodnoty dosahují vzorky obohacené o plnivo, oproti čistým vzorkům.



Graf 3: Chor modul

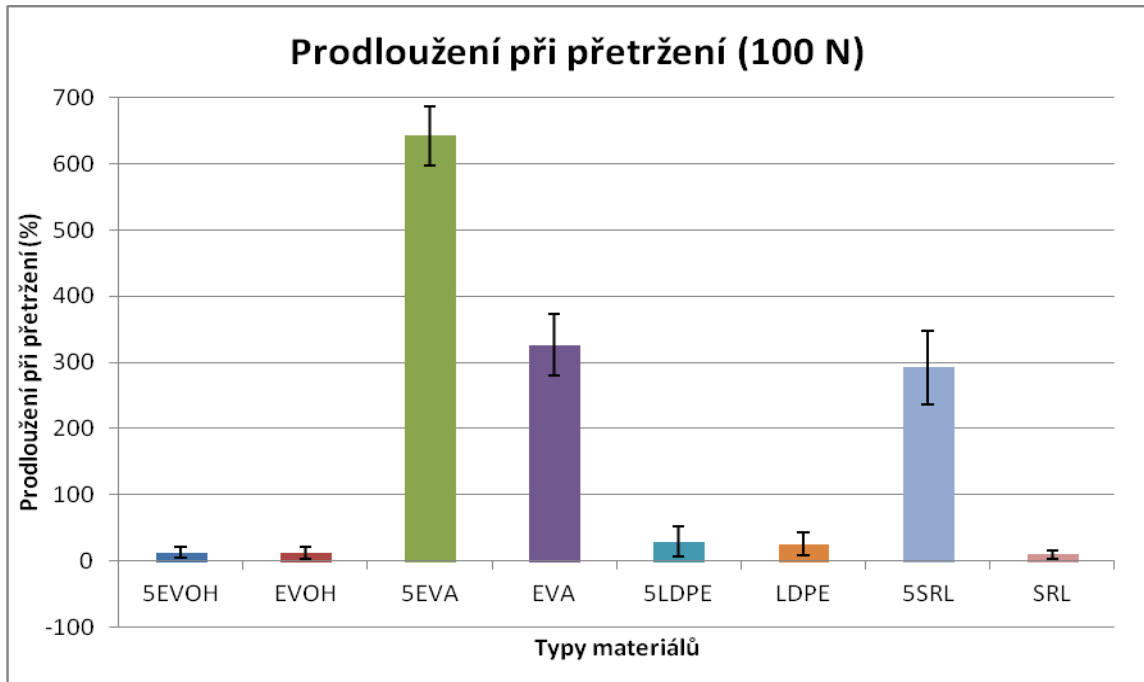
Hodnoty pro 5EVOH a čistý EVOH nebylo možné změřit.

Závěrem lze o mechanických vlastnostech desek říci, že plniva výrazně neovlivnila zkoušené vlastnosti. Jen v případě Chor modulu u všech vzorků a pevnosti v tahu u 5EVOH byly zaznamenány vyšší hodnoty ve vzorcích obohacených o plnivo.

11.1.2 Tahové zkoušky fólií

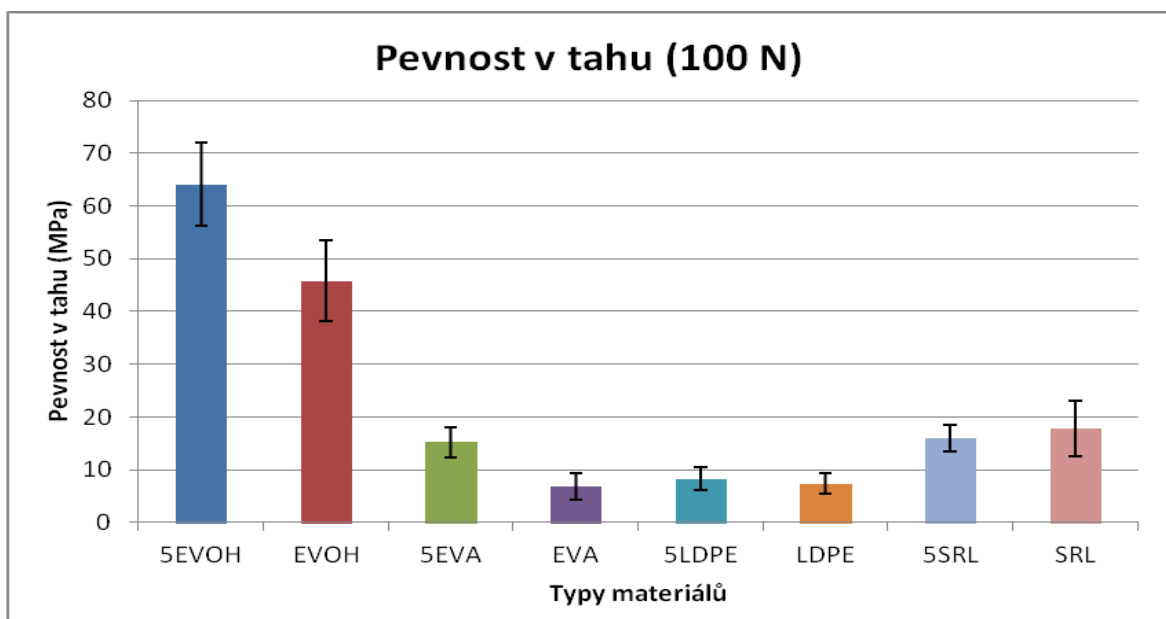
U tahových zkoušek fólií byly taktéž měřeny jejich mechanické vlastnosti.

- **Prodloužení při přetržení** - V grafu 4 lze vidět mechanickou vlastnost prodloužení při přetržení. Největší rozdíl byl zaznamenán mezi vzorky 5 EVA a čistou EVA, a dále mezi 5SRL a čistým SRL. Obecně lze říci, že u materiálů obohacených o plnivo bylo prokázáno vyšší procentuální prodloužení oproti čistým materiálům.



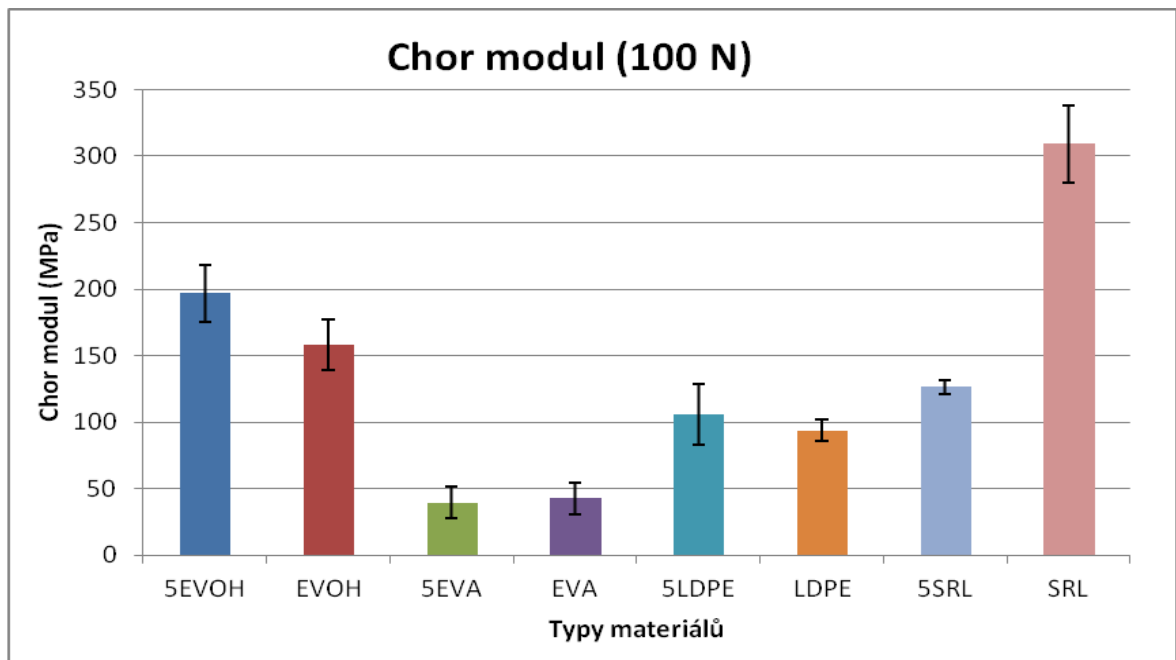
Graf 4: Prodloužení při přetržení

- **Pevnost v tahu** - v grafu 5 můžeme pozorovat mechanickou vlastnost pevnost v tahu. Největší rozdíl byl zaznamenán mezi vzorky 5EVOH a EVOH, a dále mezi 5EVA a EVA. Vzorky 5EVOH, 5EVA, 5LDPE vykazují lepší mechanickou vlastnost oproti čistým vzorkům. Jen materiál 5SRL měl horší pevnost vtahu oproti čistému SRL.



Graf 5: Pevnost v tahu

- **Chor modul** - u fólií byl také zaznamenán tahový modul - Chor modul. Chor modul byl opět měřen v rozmezí modulů 2 - 5 % při rychlosti 100 mm/min. V grafu 6 můžeme pozorovat největší rozdíl mezi vzorky 5SRL a SRL. Nejmenší rozdíl je zaznamenán mezi vzorky 5EVA a EVA. V grafu 6 můžeme vidět, že Chor modul měl vyšší hodnoty u plněných vzorku 5EVOH a 5LDPE.



Graf 6: Tahový modul - Chor modul

Závěrem lze o tahových zkouškách fólií konstatovat, že u některých vzorků plniva výrazně ovlivnila mechanické vlastnosti. Pouze v případě 5SRL u pevnosti v tahu a 5EVA a 5SRL u Chor modulu byly zaznamenány horší hodnoty oproti čistým materiálům.

11.2 Zkoušky plynopropustnosti

Měření propustnosti pro plyny probíhalo na přístroji JULABO TW8. Na vzorcích fólií byla měřena propustnost pro kyslík.

Měření plynopropustnosti bylo provedeno na těchto vzorcích fólií:

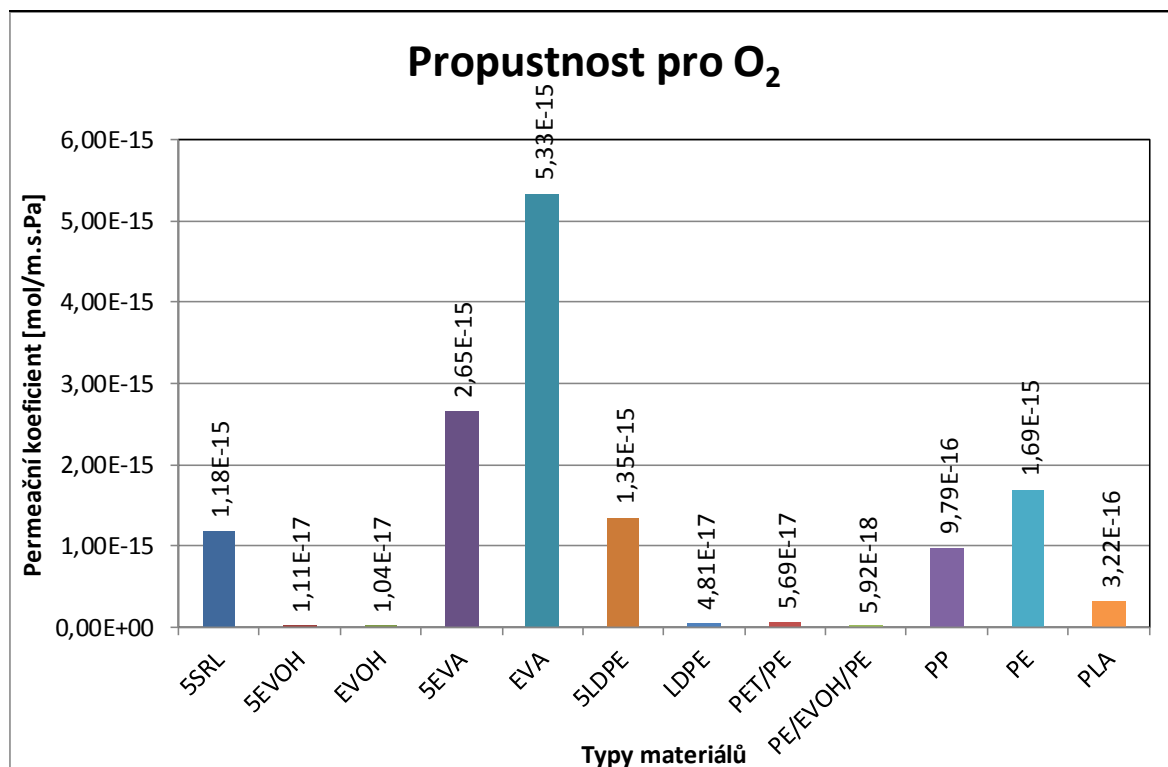
- čisté fólie: SRL, EVOH, EVA, LDPE,
- obohacené fólie o plnivo: 5SRL, 5EVOH, 5EVA, 5LDPE,
- komerční fólie: PET/PE, PE/EVOH/PE, PP, PE, PLA.

Tabulka 6: Permeační koeficient pro propustnost O₂

Vzorek	Tloušťka [mm]	Permeační koeficient [mol/m.s.Pa]
5SRL	0,087	$1,18 \cdot 10^{-15}$
5EVOH	0,030	$1,11 \cdot 10^{-15}$
EVOH	0,029	$1,04 \cdot 10^{-17}$
5EVA	0,052	$2,65 \cdot 10^{-15}$
EVA	0,032	$5,33 \cdot 10^{-15}$
5LDPE	0,029	$1,35 \cdot 10^{-15}$
LDPE	0,026	$4,81 \cdot 10^{-17}$
PET/PE	0,105	$5,69 \cdot 10^{-17}$
PE/EVOH/PE	0,035	$5,91 \cdot 10^{-18}$
PP	0,049	$9,79 \cdot 10^{-16}$
PE	0,105	$1,69 \cdot 10^{-15}$
PLA	0,030	$3,22 \cdot 10^{-16}$

U čistého SRL nebylo možné provést měření, z důvodu malé tloušťky fólie, která nebyla během měření schopna zadržet tlak.

Z důvodu lepšího srovnání byl permeační koeficient zaznamenán z tabulky do grafu 7.



Graf 7: Permeační koeficient - propustnost pro kyslík

U vyrobených vzorků fólií byl největší rozdíl zaznamenán mezi čistou EVA a 5EVA. Vzorek obsahující nanoplňivo měl zhruba poloviční hodnotu propustnosti pro kyslík. Dobré bariérové vlastnosti prokázaly fólie 5EVOH, EVOH a LDPE. Mezi vzorky 5EVOH a EVOH nebyl zaznamenan výrazný rozdíl propustnosti, tudíž obě prokazují dobré bariérové vlastnosti a obecně nejnižší propustnost pro kyslík. Ostatní vyrobené fólie měly horší bariérové vlastnosti pro kyslík.

U komerčních fólií měla nejlepší bariérové vlastnosti fólie PE/EVOH/PE. Celkově měla tato fólie nejmenší propustnost pro kyslík.

Avšak fólie 5EVOH, EVOH a LDPE mají lepší bariérové vlastnosti pro kyslík oproti zbývajícím čtyřem komerčně dodávaným.

Souhrnem z výsledků hodnocení propustnosti pro kyslík lze říci, že komerčně dostupné fólie dodané výrobcem potvrdily svou funkčnost v případě zajištění nepřístupu kyslíku k balenému obsahu. Navíc se k těmto foliím může přidat námi připravená fólie z EVOH a 5 % nanoplňiva. Podle předchozích výsledků z měření mechanických vlastností má navíc nižší tažnost.

11.3 Mikrobiologický rozbor

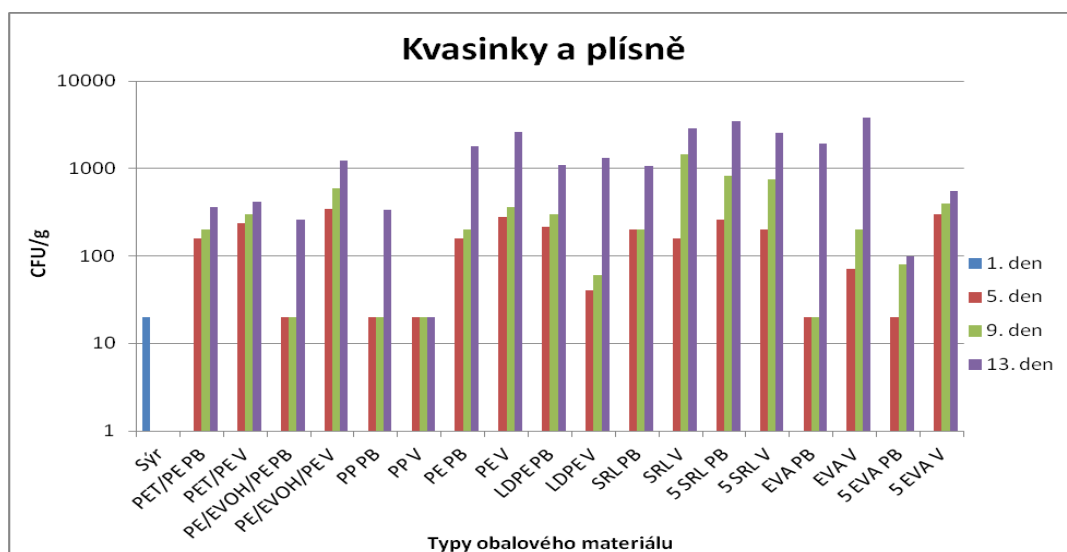
V průběhu třinácti dnů byly provedeny mikrobiologické rozborů sýrů a masných výrobků, který byly zabaleny do různých typů obalového materiálu. První den, kdy byly potraviny baleny, byl proveden mikrobiologický rozbor potravin a obalů. Další mikrobiologický rozbor potravin byl proveden 5., 9. a 13. den. Cílem tohoto měření je zjistit, který obal je nejvhodnější pro balení potravin.

Mikrobiologický rozbor potravin byl zaměřen na stanovení celkového počtu mikroorganismů, stanovení kvasinek a plísní, enterokoků, stafylokoků, klostridií, BMK (laktobacilů) a BMK (laktokoků, streptokoků). U obalů byl zjišťován celkový počet mikroorganismů, kvasinky a plísně.

Pro lepší porovnání byla do grafu zaznačena logaritmická osa.

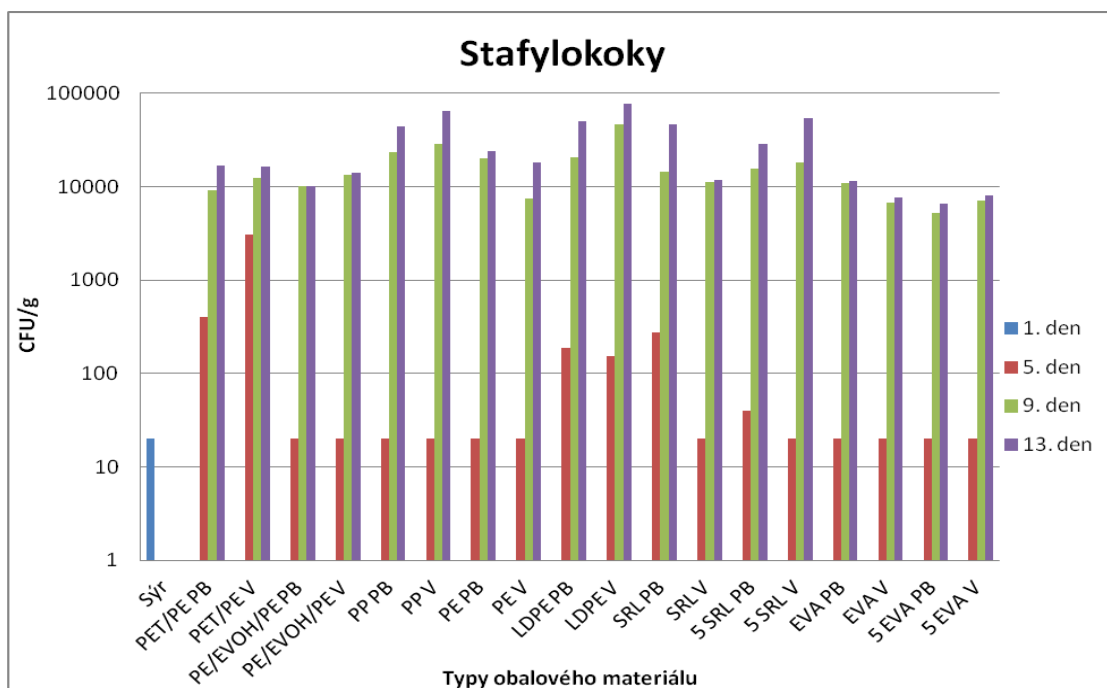
11.3.1 Mikrobiologický rozbor - sýr

Kvasinky a plísně - Téměř ve všech obalových materiálech, ve kterých byl zabalen sýr, je možné sledovat nárůst mikroorganismů (graf 8). Počáteční hodnota sýra byla $2,0 \cdot 10^1$ CFU/g. Kromě jednoho obalového materiálu lze vidět další nárůst mikroorganismů. Jako nejlepší obalový materiál se v tomto případě jeví PP V. Počet mikroorganismů v sýru u tohoto typu obalového materiálu je stejný, jako pro počáteční hodnotu. Zato nejméně vhodným materiálem pro balení sýrů je EVA V, u které došlo během 13ti dní ke zvýšení počtu mikroorganismů na hodnotu $3,8 \cdot 10^3$ CFU/g.



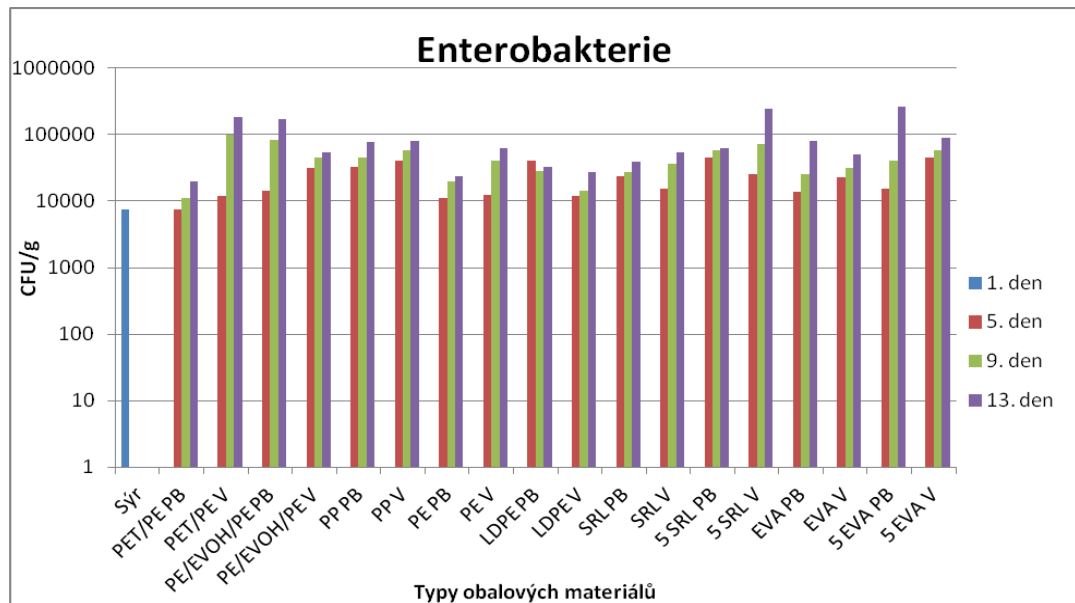
Graf 8: Mikrobiologický rozbor sýra - kvasinky a plísně

Stafylokoky - V grafu 9 je počáteční hodnota pro sýr $2,0 \cdot 10^1$ CFU/g. U všech typů balení sýra došlo k nárůstu stafylokoků. 5. den byl u některých obalových materiálů zaznamenán stejný počet mikroorganismů jako na počátku balení. Ale v průběhu skladování došlo k dalšímu nárůstu. Nejnižší počet mikroorganismů se nacházel v sýru baleném v 5EVA PB, kde po 13ti dnech skladování byla hodnota $6,5 \cdot 10^3$ CFU/g. Nejvyšší počet stafylokoků byl zaznamenán u balení sýra LDPE V, kde se hodnota zvýšila na $7,6 \cdot 10^4$ CFU/g.



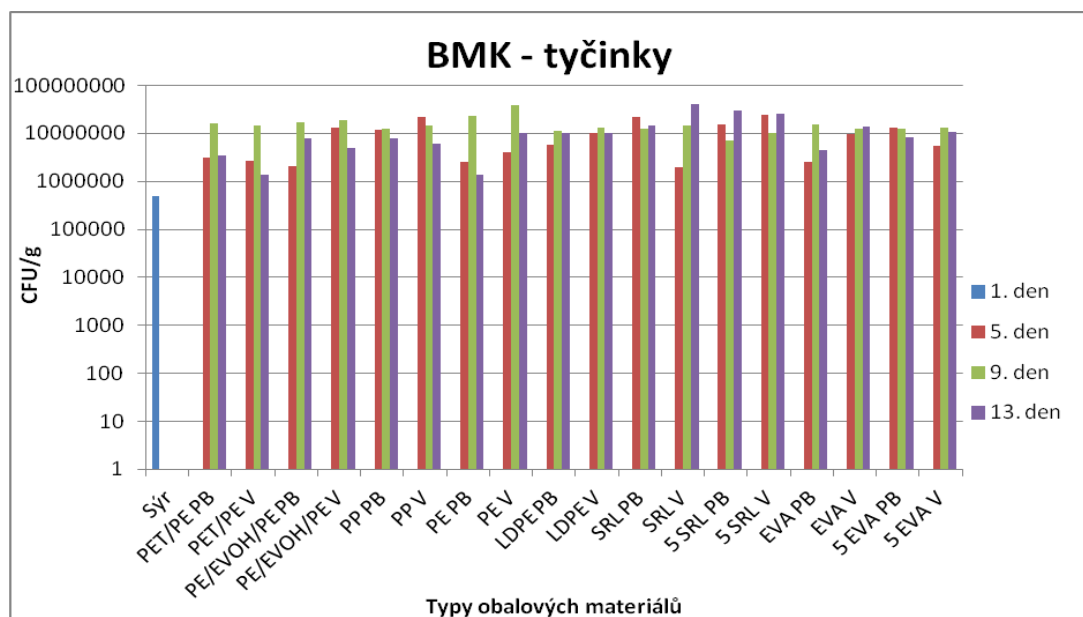
Graf 9: Mikrobiologický rozbor sýra - stafylokoky

Enterobakterie - V grafu 10 jsou hodnoceny enterobakterie. Počáteční hodnota v sýru byla $7,4 \cdot 10^3$ CFU/g. V průběhu skladování se počet mikroorganismů zvyšoval. PET/PE PB se jeví jako nejlepší obalový materiál, jelikož po 13ti denním skladování, byl u něho zaznamenán nejmenší nárůst mikroorganismů. Po 13ti dnech byla hodnota $1,9 \cdot 10^4$ CFU/g. Nejhorším obalovým materiálem byl v tomto případě 5EVA PB, u něhož byla po 13ti denním skladování hodnota $2,5 \cdot 10^5$ CFU/g.



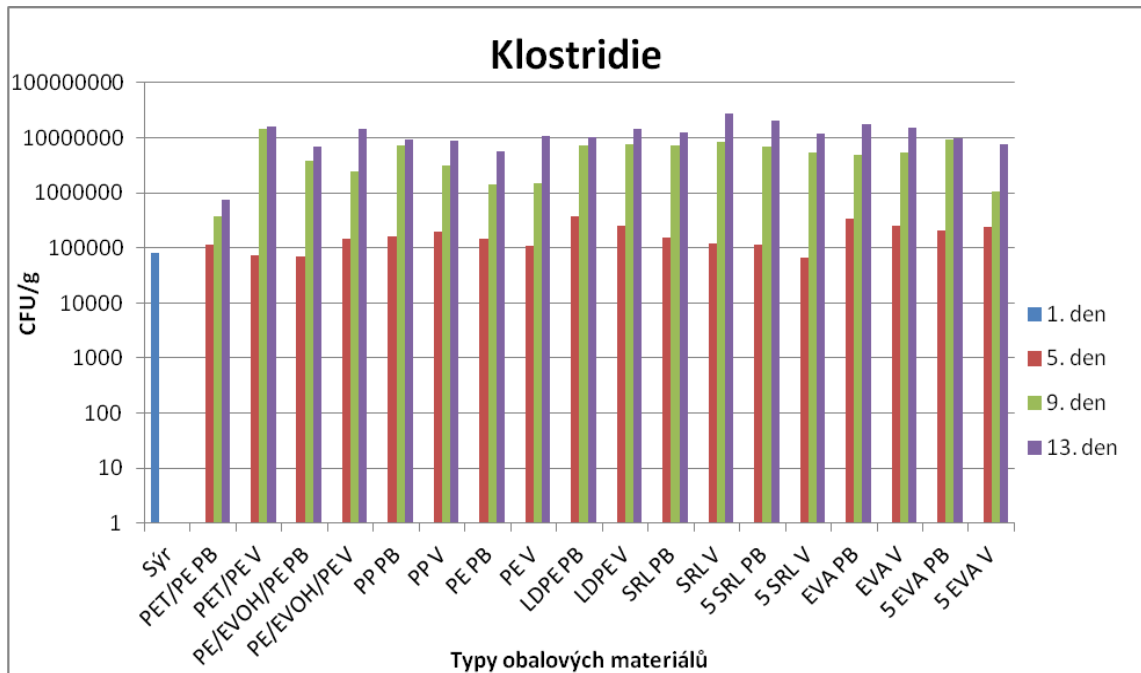
Graf 10: Mikrobiologický rozbor sýra - enterobakterie

BMK tyčinky - V grafu 11 je počáteční hodnota pro sýr $5,0 \cdot 10^5$ CFU/g. U všech typů balení sýra došlo k nárůstu BMK. V průběhu skladování docházelo však k výrazným změnám. U některých obalových materiálů došlo v průběhu 9. dne k největšímu nárůstu BMK v sýru, a do 13. dne k jejich poklesu. K nejmenšímu nárůstu BMK v sýru došlo u obalových materiálů PET/PE V a PE PB. Jejich hodnota po 13ti dnech skladování byla $1,4 \cdot 10^6$ CFU/g. Zato největší nárůst BMK v sýru byl zaznamenán u obalu SRL V, kdy hodnota pro sýr byla $3,9 \cdot 10^7$ CFU/g.



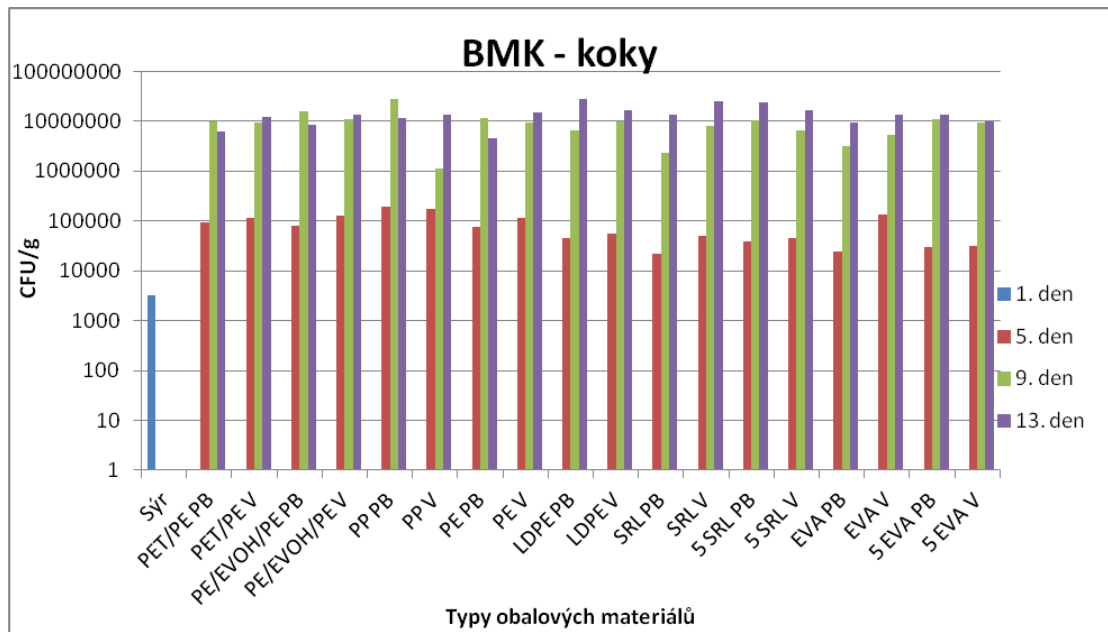
Graf 11: Mikrobiologický rozbor sýra - bakterie mléčného kvašení - tyčinky

Klostridie - V průběhu skladování se počet klostríí v sýru v různých balení zvyšoval (graf 12). Počáteční hodnota sýru byla $8,0 \cdot 10^4$ CFU/g. Nejnižší hodnota byla po 13ti dnech zaznamenána u obalu PET/PE PB $7,6 \cdot 10^5$ CFU/g. Zato nejvyšší hodnota po 13ti dnech byla u sýra v obalu SRL V $2,7 \cdot 10^7$ CFU/g.



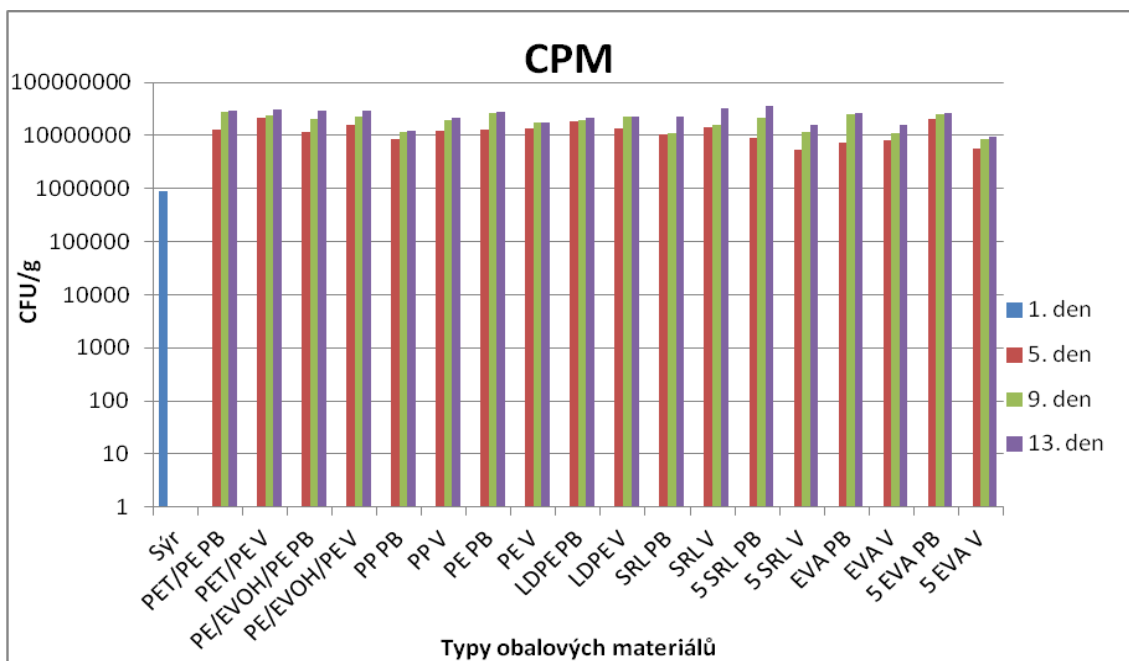
Graf 12: Mikrobiologický rozbor sýra - klostridie

BMK koky - V grafu 13 jsou hodnoceny BMK koky. Počáteční hodnota v sýru byla $3,2 \cdot 10^3$ CFU/g. Během 9. dne byl zaznamenán u sýra v různých typech obalů vyšší nárůst, oproti jejich nárůstu v 13. den. Nejvyšší hodnotu během 9. dne měl sýr zabalený v obalovém materiálu PP PB. Hodnota byla $2,7 \cdot 10^7$ CFU/g. Nejnižší hodnota $4,5 \cdot 10^6$ CFU/g byla zaznamenána v sýru baleném v PE PB. Sýr zabalený v LDPE PB vykazoval po 13ti dnech nejvyšší hodnotu $2,7 \cdot 10^7$ CFU/g.



Graf 13: Mikrobiologický rozbor sýra - bakterie mléčného kvašení - koky

Celkový počet mikroorganismů - V průběhu 13ti denního skladování došlo u všech obalů ke zvyšování počtu mikroorganismů (graf 14). Počáteční hodnota sýra byla $9,0 \cdot 10^5$ CFU/g. K nejmenšímu nárůstu mikroorganismů v sýru došlo během 13ti dní u obalového materiálu 5EVA V. Jeho hodnota byla $9,5 \cdot 10^6$ CFU/g. Nejvyšší nárůst mikroorganismů byl zaznamenán v sýru baleném v 5SRL PB, kdy hodnota byla $3,6 \cdot 10^7$ CFU/g.

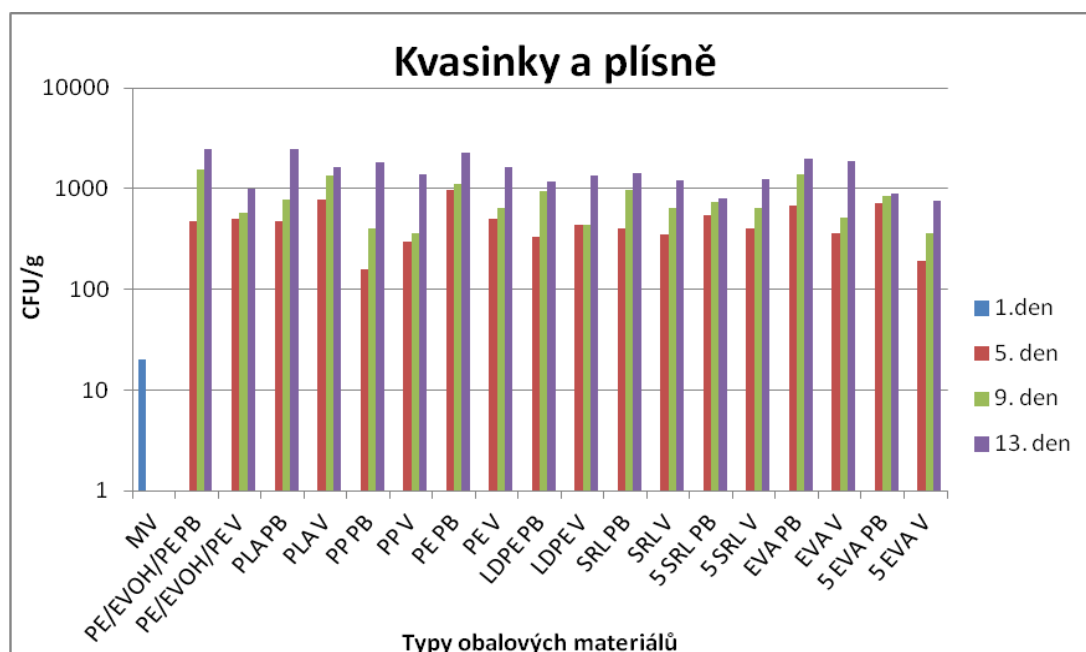


Graf 14: Mikrobiologický rozbor sýra - celkový počet mikroorganismů

U všech typů obalových materiálů byl zaznamenán nárůst vyšetřovaných mikroorganismů v sýru. Pro každý hodnocený mikroorganismus v sýru byl vhodný jiný typ obalového materiálu. Nelze tedy říci, který obalový materiál je nejvhodnější pro balení sýra. Rozdíl mezi prostým balením a balením ve vakuu nebyl víceméně zaznamenán.

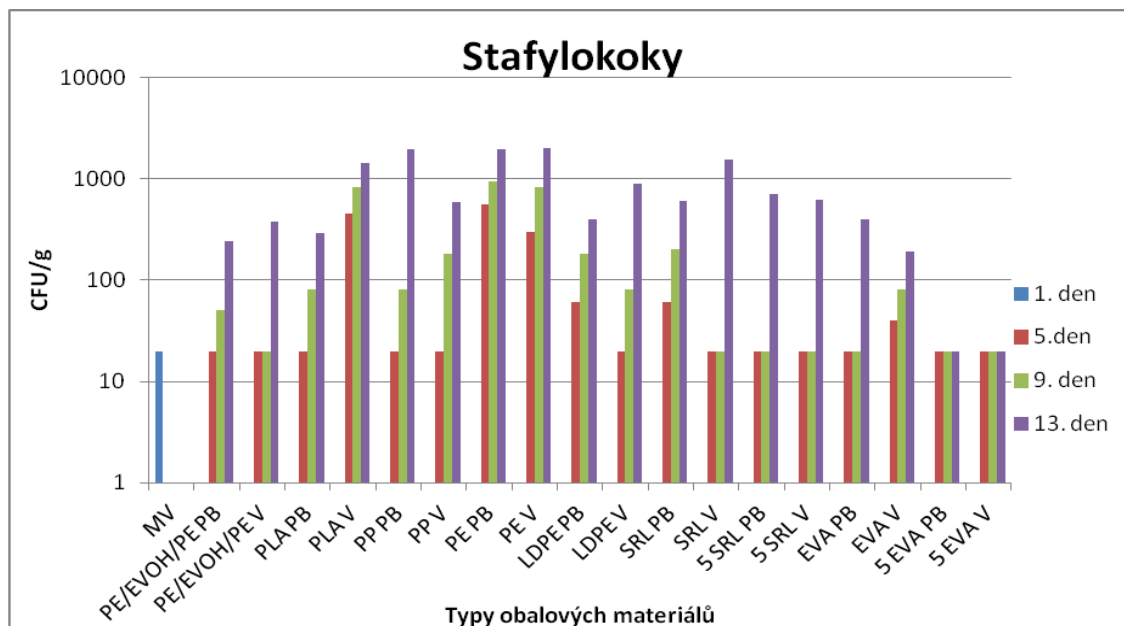
11.3.2 Mikrobiologický rozbor - masný výrobek

Kvasinky a plísňe - V grafu 15 můžeme pozorovat mikrobiologický rozbor masného výrobku, u kterého je stanovován počet kvasinek a plísňí. V průběhu 13ti dnů skladování dochází k nárůstu kvasinek a plísňí. První den hodnocení je hodnota pro masný výrobek $2,0 \cdot 10^1$ CFU/g. Masný výrobek v obalu 5EVA V má nejnižší hodnotu po 13ti dnech skladování. Hodnota je $7,6 \cdot 10^2$ CFU/g. Naopak nejvyšší hodnota masného výrobku po 13ti dnech skladování je zaznamenána u obalu PE/EVOH/PE. Hodnota je $2,4 \cdot 10^3$ CFU/g.



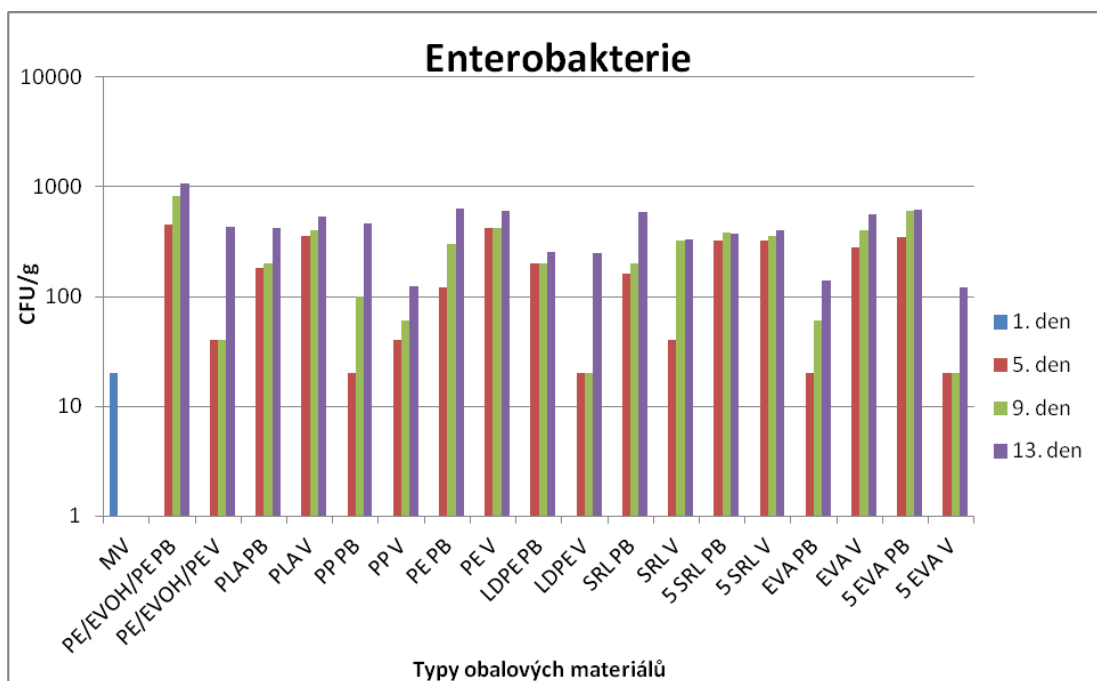
Graf 15: Mikrobiologický rozbor masného výrobku - kvasinky a plísňe

Stafylokoky - Graf 16 se týká mikrobiologického rozboru zaměřeného na hodnocení stafylokoků. Počáteční hodnota masného výrobku činí $2,0 \cdot 10^1$ CFU/g. Téměř u všech obalových materiálů, ve kterých byl balen masný výrobek dochází k zvyšování počtu mikroorganismů. Vyjímkou jsou obaly 5EVA PB a 5EVA V, u kterých se hodnota ani po 13ti denním skladování nemění. Největší nárůst v masném výrobku je zaznamenán u obalových materiálů PP PB a PE PB, kdy jejich hodnota je $1,9 \cdot 10^3$ CFU/g.



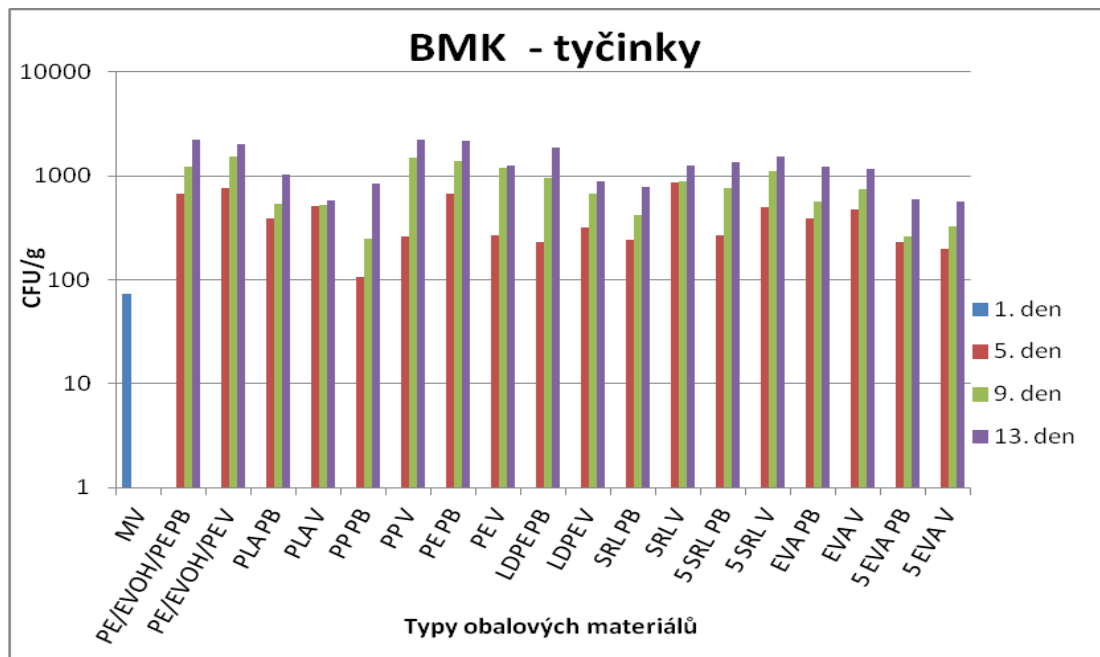
Graf 16: Mikrobiologický rozbor masného výrobku - stafylokoky

Enterobakterie - Počáteční hodnota pro Enterobakterie v masném výrobku činí $2,0 \cdot 10^1$ CFU/g. Z grafu 17 je patrné, že v průběhu skladování dochází ke zvyšování počtu enterobakterií v masném výrobku. Nejmenší nárůst po 13ti dnech je zaznamenán v masném výrobku baleném v 5EVA V, kdy jeho hodnota činí $1,2 \cdot 10^2$ CFU/g. Zato nejvyšší nárůst po 13ti denním skladování je zaznamenán u masného výrobku baleného v materiálu PE/EVOH/PE. Hodnota pro tento masný výrobek je $1,0 \cdot 10^3$ CFU/g.



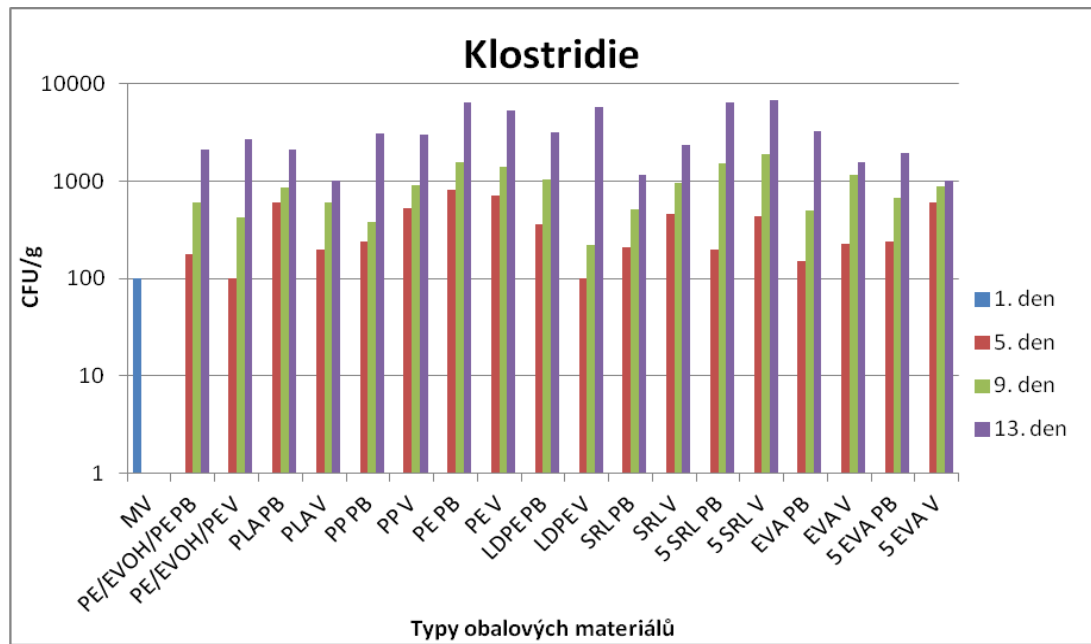
Graf 17: Mikrobiologický rozbor masného výrobku - enterobakterie

BMK tyčinky - V průběhu skladování se počet BMK tyčinek v masném výrobku v různých typech obalů zvyšoval (graf 18). Počáteční hodnota pro masný výrobek byla $7,4 \cdot 10$ CFU/g. Nejnižší hodnota masného výrobku byla po 13ti dnech zaznamenána u obalu 5EVA V $5,7 \cdot 10^2$ CFU/g. Zato nejvyšší hodnota masného výrobku po 13ti dnech skladování byla v balení PE/EVOH/PE PB $2,2 \cdot 10^3$ CFU/g.



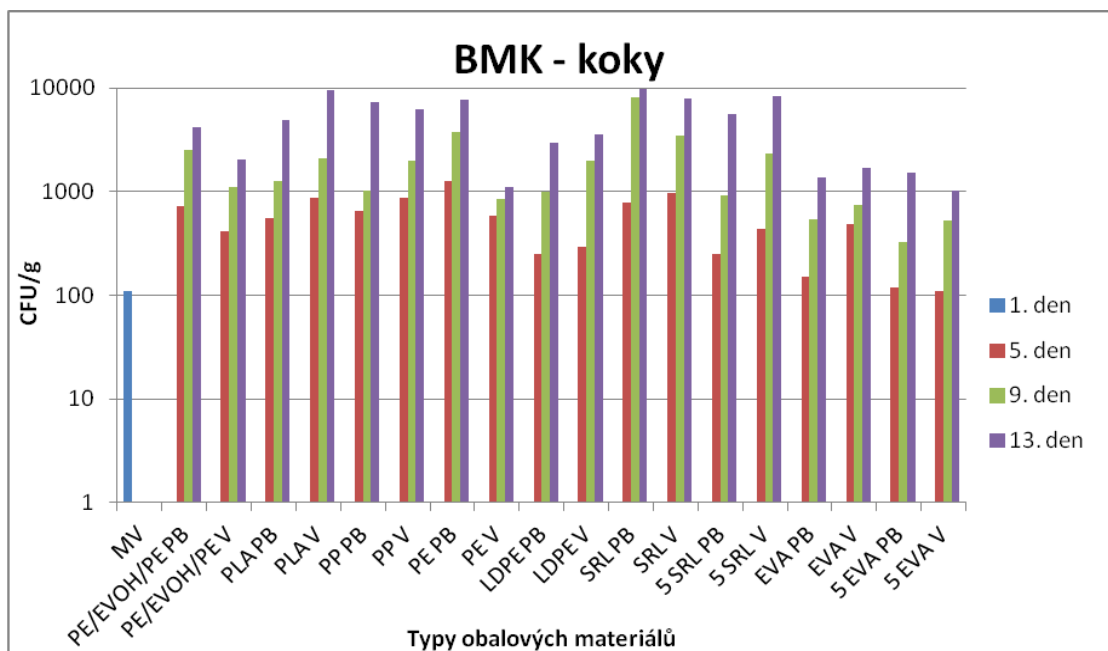
Graf 18: Mikrobiologický rozbor masného výrobku - bakterie mléčného kvašení - tyčinky

Klostridie - Počáteční hodnota masného výrobku činí $1,0 \cdot 10^2$ CFU/g. Během skladování dochází ke zvyšování počtu klostridií v masném výrobku (graf 19). Nejnižší nárůst je zaznamenán u masného výrobku baleného v 5EVA V, kdy jeho hodnota je $1,0 \cdot 10^3$ CFU/g. Naopak nejvyšší nárůst je zaznamenán u masného výrobku zabaleného v obalovém materiálu 5SRL V, kdy jeho hodnota je $6,8 \cdot 10^3$ CFU/g.



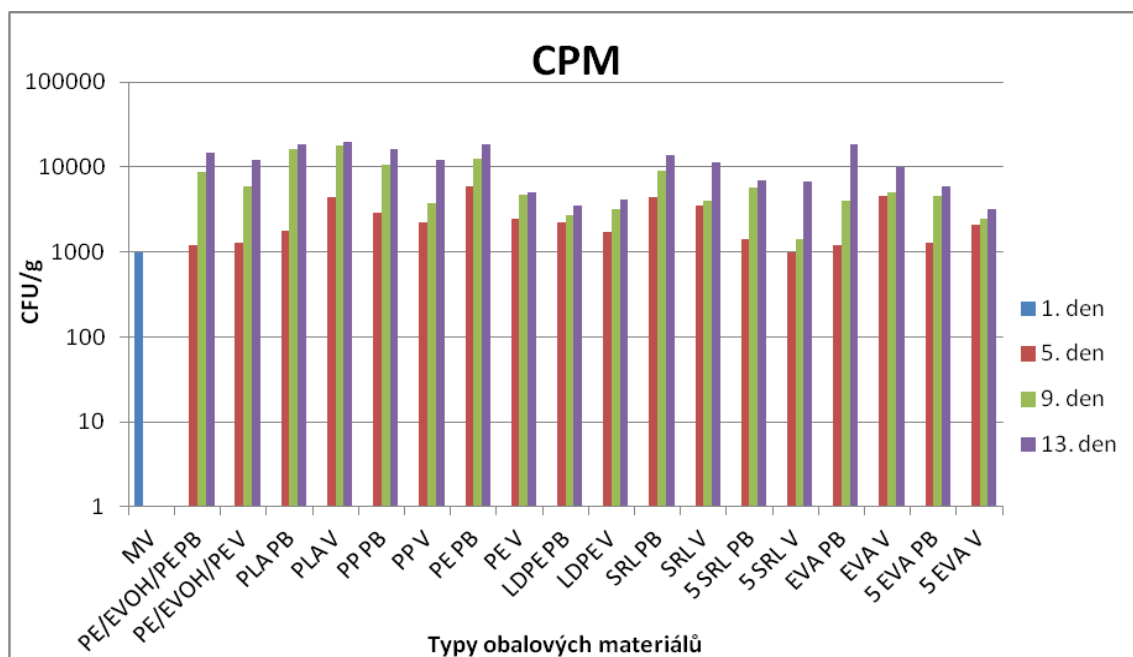
Graf 19: Mikrobiologický rozbor masného výrobku - klostridie

BMK koky - V grafu 20 můžeme pozorovat postupné zvyšování mikroorganismů během 13ti denního skladování. Počáteční hodnota BMK koků byla pro masný výrobek $1,1 \cdot 10^2$ CFU/g. Po 13ti dnech skladování byl zaznamenán nejmenší nárůst koků u masného výrobku baleného v 5EVA V. Hodnota koků pro masný výrobek byla $1,0 \cdot 10^3$ CFU/g. Naopak nejvyšší nárůst po 13ti denním skladování byla v masném výrobku baleném v SRL PB. U tohoto obalového materiálu bylo v masném výrobku $9,7 \cdot 10^3$ CFU/g.



Graf 20: Mikrobiologický rozbor masného výrobku - bakterie mléčného kvašení - koky

Celkový počet mikroorganismů - Počáteční hodnota mikroorganismů v masném výrobku byla $1,0 \cdot 10^3$ CFU/g. V průběhu skladování se zvyšoval počet mikroorganismů (graf 21). Nejnižší hodnota v masném výrobku po 13ti dnech skladování byla zaznamenána u obalového materiálu 5EVA V. Hodnota pro masný výrobek u tohoto typu obalového materiálu činila $3,2 \cdot 10^3$ CFU/g. Zato nejvyšší hodnota byla naměřena v masném výrobku baleném do obalového materiálu PLA V. Hodnota byla naměřena $1,9 \cdot 10^4$ CFU/g.



Graf 21: Mikrobiologický rozbor masného výrobku - celkový počet mikroorganismů

Závěrem můžeme u balení masných výrobků říci, že u všech obalových materiálů byl zaznamenán nárůst mikroorganismů. Jako nejvhodnější obalový materiál byl vyhodnocen 5EVA V (balen ve vakuu). Tento obalový materiál měl nejnižší počet všech vyšetřovaných mikroorganismů v masném výrobku ve srovnání s ostatními hodnocenými typy folií. Bohužel výsledky pro měření mechanických vlastností a propustnosti kyslíků jsou horší. I tento výsledek potvrzuje již uvedenou skutečnost, že díky někdy až protichůdným požadavkům na obaly pro potraviny není možno toto všechno splnit jedním materiálem a proto se většinou používají folie vícevrstvé - kombinace z několika typů čistých či modifikovaných polymerů.

11.3.3 Mikrobiologický rozbor - obaly

Byl proveden mikrobiologický rozbor obalů. Cílem rozboru obalů bylo zjistit, zda jsou obaly dostatečně vydezinfikovány a tudíž nemohou kontaminovat balené potraviny. U obalů byl vyšetřován celkový počet mikroorganismů, a počet kvasinek a plísní.

V žádném obalovém materiálu nebyla zaznamenána přítomnost, jak celkového počtu mikroorganismů, tak kvasinek a plísní.

11.4 Porovnání výsledků

U mnoho výrobků, je nezbytné zajistit dokonalou bariéru mezi produktem a okolním prostředím.

Kalendová ve své práci popisuje vliv přídavku nanokompozitů do obalového materiálu. Byl proveden experiment pro LLDPE, kdy byl použit čistý a obohacený materiál. Mezi těmito materiály byly měřeny změny propustnosti pro kyslík. Obecně polyethylen se vykazuje horší bariérovou vlastností pro plyny. V této práci bylo měřením plynopropustnosti zjištěno, že použitím různých nanokompozitů byly docíleno lepších bariérových vlastností LLDPE oproti čistému LLDPE [19]. V diplomové práci byly pro plynopropustnost použity fólie z 5LDPE, čistého LDPE a komerční PE. U PE byla z těchto tří materiálů zaznamenána nejhorší propustnost pro kyslík, avšak 5LDPE obohacený o plnivo nevykazoval zlepšení propustnosti pro kyslík oproti čistému LDPE.

Měřínská se také zabývá vlivem přídavku plniva do obalového materiálu. Experiment byl proveden pro čistý PE a PE obohacený o plnivo. Všechny PE obohacené o plnivo vykazovaly lepší bariérové vlastnosti oproti čistému materiálu [23]. V našem experimentu byla měřena propustnost pro kyslík pouze u čistého vzorku PE. Jednalo se o materiál komerčně dodávaný. Tento materiál neměl ani nejhorší, ani nejlepší bariérové vlastnosti z našich zkoumaných vzorků.

Měřínská dále ve své práci zkoumala mechanické vlastnosti. Zjistila, že některé vzorky s plnivem u PE vykazují lepší mechanické vlastnosti oproti čistému PE. Záleží však na typu použitého plniva [23]. U našich měřených mechanických vlastností u fólií bylo zjištěno, že 5LDPE obohacené o plnivo vykazuje lepší mechanické vlastnosti oproti čistému LDPE. U destiček tomu bylo naopak.

Wilson dělal experiment zabývající se propustností pro kyslík u čisté EVA a obohacené o plnivo. Z tohoto experimentu bylo zjištěno, že všechna použitá plniva vykazovala lepší bariéru oproti čistému materiálu [27]. V našem experimentu byla také srovnávána čistá EVA a 5EVA, která je obohacená o plnivo. Z našich výsledků jsme zjistili, že obohacená 5EVA má lepší bariérové vlastnosti oproti čisté EVA. Tudíž výsledky jsou srovnatelné.

Zehetmeyer se ve své práci zaměřuje na propustnost pro kyslík u PP. PP obohacený o nanoplnivo vykazuje lepší bariérové vlastnosti oproti čistému PP. Obecně bylo v tomto experimentu zaznamenáno, že plniva použitá do PP mají pozitivní efekt týkající se bariérových vlastností pro plyny. A dále by se snažil o lepší využití obohaceného PP v obalovém průmyslu pro potraviny [21]. V našem experimentu byla měřena propustnost pouze pro čistý polypropylen. Jednalo se o komerčně dodávanou fólii. Nedopadl ani nejhůř, ani nejlépe ze všech měřených vzorků.

ZÁVĚR

Cílem diplomové práce bylo vyrobit vzorky fólií z nemodifikovaných polymerů a fólií z polymerní matrice obohacené o plnivo a vyzkoušet tyto fólie, zda jsou vhodné pro balení potravin. Z připraveného granulátu a vyrobených fólií byly nejprve měřeny mechanické vlastnosti, z důvodu zjištění, jak se mezi sebou liší čisté vzorky a vzorky obohacené o plnivo. Poté byla u fólií měřena plynopropustnost pro kyslík kvůli zjištění bariérových vlastností u vybraných materiálů. Poslední fází bylo balení potravin a zkoumání, který obalový materiál je nejvhodnější pro balení potravin.

Pro experiment byl použit připravený granulát, pak pro balení fólie vyrobené pomocí vytlačování a komerčně dodávané fólie.

Měření mechanických vlastností bylo provedeno pomocí tahových zkoušek. Byly měřeny mechanické vlastnosti pro lisované desky a vyrobené fólie. U lisovaných desek při sledování změn prodloužení při přetržení nebylo zjištěno zlepšení vlastností u vzorků obohacených o nanoplnivo. Při sledování změn pevnosti v tahu se zlepšila vlastnost pouze u jednoho plněného materiálu, a to 5EVOH. U vyhodnocení tahového modulu došlo ke zlepšení vlastností u všech plněných materiálů. U vyrobených fólií u prodloužení při přetržení můžeme z naměřených hodnot vyčíst, že u všech obohacených fólií nastalo zlepšení vlastností oproti čistému materiálu. Při sledování změn pevnosti v tahu se vzrostly naměřené hodnoty téměř u všech obohacených fólií, až na fólii 5SRL. Při hodnocení výsledků tahového modulu lze konstatovat, že lepších hodnot dosáhly vlastnosti pouze u plněných fólií typu 5EVOH a 5LDPE.

Propustnost pro kyslík je jedním z hlavních ukazatelů bariérových vlastností. Nejhorší propustnost pro kyslík měla vyrobená fólie čistá EVA. Dobré bariérové vlastnosti byly pozorovány u vyrobených fólií 5EVOH, EVOH a obecně měly nejnižší propustnost pro kyslík ze všech vyrobených fólií. Celkově nejmenší propustnost pro kyslík byla však naměřena u komerčně dodávané fólie PE/EVOH/PE.

U mikrobiologického rozboru zabalených potravin byly sledovány tyto mikroorganismy: celkový počet mikroorganismů, počet kvasinek a plísní, stafylokoky, enterobakterie, BMK koky, BMK tyčinky a klostridie. U mikrobiologického rozboru baleného sýra nelze přesně říci, který obalový materiál je nejvhodnější pro jeho balení. Ve všech případech byl zaznamenán nárůst mikroorganismů a pro každý mikroorganismus hodnocený v sýru vyhovoval

jiný obalový materiál. U mikrobiologického rozboru baleného masného výrobku byl jako nejvhodnější obalový materiál vyhodnocen 5EVA V. U všech skupin vyšetřovaných mikroorganismů v masném výrobku tento materiál vykazoval nejnižší nárůst. Zvláštní je, že u sýra nebyl ani jeden vhodný materiál, ale u masného výrobku ano. Je překvapivé, že nebyl zjištěn výrazný rozdíl u mikrobiologického rozboru potravin mezi prostým balením a balením ve vakuu.

Shrnutím výsledků této práce může být již výše zmíněné konstatování, že prakticky není možno všechny požadavky na polymerní obal splnit jedním materiálem a proto se většinou používají folie vícevrstvé, tvořené spojenými vrstvami několika typů čistých či modifikovaných polymerů.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] DOBIÁŠ, Jaroslav a Dušan ČURDA. *Balení potravin - provizorní učební text* [online]. 2004, [cit. 2013-11-06]. Dostupný z www: <http://www.vscht.cz/ktk/www_324/studium/B/B.pdf>.
- [2] *Zákon č. 477/2001 Sb., o obalech a o změně některých zákonů.* (poslední změna: Zákon č. 62/2014 Sb.).
- [3] *Zákon č. 185/2001 Sb., o odpadech a o změně některých dalších zákonů.* (poslední změna: 344/2013 Sb.).
- [4] TECHNOR. *Technické normy kategorie 77.* [online]. 2008, [cit. 2014-03-15]. Dostupný z www: <<http://www.technicke-normy-csn.cz/technicke-normy/obaly-a-obalova-technika-77/>>.
- [5] *Nariadení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 178/2002, kterým se stanoví obecné zásady a požadavky potravinového práva, zřizuje se Evropský úřad pro bezpečnost potravin a stanoví postupy týkající se bezpečnosti potravin.*
- [6] *Nariadení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1935/2004, o materiálech a předmětech určených pro styk s potravinami a o zrušení směrnic 80/590/EHS a 89/109/EHS.*
- [7] *Nariadení Komise (EU) č. 10/2011, o materiálech a předmětech z plastů určených pro styk s potravinami.*
- [8] *Směrnice Komise 2007/19/ES, kterou se mění směrnice 2002/72/ES o materiálech a předmětech z plastů určených pro styk s potravinami a směrnice Rady 85/572/EHS, kterou se stanoví seznam simulantů pro použití při zkoušení migrace složek materiálů a předmětů z plastů určených pro styk s potravinami.*
- [9] International Featured Standards. *IFS Food* [online]. 2014, [cit. 2014-03-15]. Dostupný z www: <<http://www.ifs-certification.com/index.php/en/ifs-certified-companies-en/ifs-standards/ifs-food>>.
- [10] BUDÍN, Vlaslav. *Obaly - základní požadavky právních předpisů a technických norem. Kvalita potravin.* 2012, roč. 12, č. 3, s. 27-31. ISSN 1213-6859.
- [11] BRC Global Standards. *BRC Global Standards* [online]. 2014, [cit. 2014-03-15]. Dostupný z www: <<http://www.brcglobalstandards.com/>>.

- [12] Food Safety System Certification 22000. *FSSC 22000* [online]. 2014, [cit. 2014-03-15]. Dostupný z www:
<<http://www.fssc22000.com/documents/standards.xml?lang=en>>.
- [13] KAČEŇÁK, Igor. *Obaly a obalová technika*. 1. vyd. Bratislava: Slovenská vysoká škola technická, 1990, 173 s. ISBN 802270301x.
- [14] TRŽDĚNÍ PLASTU. *Plasty* [online]. 2013, [cit. 2013-11-05]. Dostupný z www:
<<http://www.trideniodpadu.cz/trideniodpadu.cz/Plasty.html>>.
- [15] ŠTĚPEK, Jiří, Jiří ZELINGER a Antonín KUTA. *Technologie zpracování a vlastností plastů*. Vyd. 1. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1989, 637 s.
- [16] ŠTĚPEK, Jiří. *Polymery v obalové technice*. vyd. 1. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1981, 530, [1] s. [4] s. barev. fot. příl.
- [17] MILLER, Chaz. *Plastic Film*. *Plastic Waste*. 2010, vol. 41, s. 42. ISSN 1945-256X.
- [18] DUCHÁČEK, Vratislav. *Polymery: výroba, vlastnosti, zpracování, použití*. Vyd. 3., přeprac. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2011, 276 s. ISBN 978-80-7080-788-0.
- [19] KALEŇDOVA, Alena a Dagmar MERINSKA. *Polymer/clay nanocomposites and their gas barrier properties*. *Polymer Composites*. 2013, 34(9), s. 1418-1424. ISSN: 0272-8397.
- [20] HERNANDEZ, Ruben J., John D. CULTER a Susan E. SELKE. *Plastics packaging: properties, processing, applications, and regulations*. 2nd ed. Munich: Hanser, c2004, xvii, 448 s. ISBN 1569903727.
- [21] ZEHETMEYER, G. a J. M. SCHEIBEL. *Morphological, optical, and barrier properties of PP/MMT nanocomposites*. *Polymer Bulletin*. 2013, 70(8), s. 2181-2191. ISSN: 0170-0839.
- [22] KOVAČIČ, Ľudomír a Jaroslav BÍNA. *Plasty: vlastnosti, spracovanie, využitie*. 1. vyd. Bratislava: Alfa, 1974, 339 s.
- [23] MERINSKA, D. a H. KUBISOVA. *Processing and properties of Polyethylene/Montmorillonite nanocomposites*. *Journal of Thermoplastic Composite Materials*. 2012, 25(1), s. 115-131. ISSN: 0892-7057.

- [24] NANOMATERIÁLY A NANOTECHNOLOGIE. *Nanokompozity na bázi polymer/jíl*. Ústav fyziky a materiálového inženýrství [online]. 2014, [cit. 2014-04-10]. Dostupný z www: <<http://ufmi.ft.utb.cz/texty/nano/nano6.pdf>>.
- [25] KOMPOZITY.INFO. Nanokompozity [online]. 2014, [cit. 2014-04-10]. Dostupný z www: <<http://www.kompozity.info/index.php?pr=15&uid=9999&id=>>.
- [26] CHAUDHRY, Qasim, L. CASTLE a Richard WATKINS. *Nanotechnologies in food*. Cambridge: RSC Publishing, c2010, xiii, 229 s. ISBN 978-0-85404-169-5.
- [27] WILSON, Runcy a Tomas S. Plivelic. *Preparation and characterization of EVA/clay nanocomposites with improved barrier performance*. Journal of Applied Polymer Science. 2012, 123(6), s. 3806-3818. ISSN: 0021-8995.
- [28] BARLOW, C. Y. a D. C. MORGAN. *Polymer film packaging for food: An environmental assessment*. Resources, Conservation and Recycling. 2013, 78, s. 74-80. ISSN 0921-3449.
- [29] MARTINEZ-ABAD, Antonio a Maria LAGARON. *Antimicrobial beeswax coated polyactide films with silver control release capacity*. International Journal of Food Microbiology. 2014, 174, s. 39-46. ISSN: 0168-1605.
- [30] JOHANSSON, Kristin a Sami KOTKAMO. *Extruded polymer films for optimal enzyme-catalyzed oxygen scavenging*. Chemical Engineering Science. 2014, 180, s. 1-8. ISSN: 0009-2509.
- [31] QIN, Yuyue a Jiyi YANG. *Mechanical, Barrier, and Thermal Properties of Poly(lactic acid)/Poly(trimethylene carbonate)/Talc Composite Films*. Journal of Applied Polymer Science. 2014, 131 (6). ISSN: 0021-8995.
- [32] ZHANG, Yachuan a Curtis REMPEL. *Thermoplastic Starch Processing and Characteristics - A Review*. Critical Reviews in food science and nutrition. 2014, 54 (10), s. 1353-1370. ISSN: 1040-8398.
- [33] BIE, Pingping a Peng LIU. *The properties of antimicrobial films derived from poly(lactic acid)/starch/chitosan blended matrix*. Carbohydrate Polymers. 2013, 98 (1), s. 959-966. ISSN: 0144-8617.
- [34] SWEETING, Orville J. *The science and technology of polymer films*. New York: Wiley - Interscience, c1970-1971, 2 sv. ISBN 0-470-83893-01.

- [35] GOKHALE, Ankush A. a Ilsoon LEE. *Recent Advances in the Fabrication of Nanostructured Barrier Films*. Journal of Nanoscience and nanotechnology. 2014, 14 (3), s. 2157-2177. ISSN: 1533-4880.
- [36] PREGIS, První obalová spol. s r.o. *Bariérové fólie a obaly* [online]. 2014, [cit.2014-04-10]. Dostupný z www: <<http://www.prvni-obalova.cz/2012/01/barierove-folie-a-obaly/>>.
- [37] *Barrier films & Technical films* [online]. 2012 [cit. 2014-04-10]. Dostupný z www: <<http://barrierfilm.co.uk/Evoh%20barrier%20films.html>>.
- [38] CeeT. *High Packaging Barrier films* [online]. 2012 [cit. 2014-04-10]. Dostupný z www: <http://www.ceetuk.co.uk/high_barrier_film.html>.
- [39] ŠTĚPEK, Jiří. *Zpracování plastů*. Vyd. 1. Praha: SNTL - nakladatelství technické literatury, 1980, 220 s.
- [40] BAIRD, Donald G. a Dimitris I. COLLIAS. *Polymer processing: principles and design*. New York: Wiley. c1998, viii, 346 s. ISBN 0471254533.
- [41] MORTON-JONES, David H. *Polymer processing*. London: Chapman and Hall. 1989, xi, 260 s. ISBN 0-412-26700-4.
- [42] OSSWALD, Tim A. *Understanding polymer processing: processes and governing equations*. Munich: Hanser Publishers. c2011, xiv, 286 s. ISBN 978-1-56990-472-5.
- [43] LENFELD, Petr. *Technologie II. - Zpracování plastů* [online]. 2006 [cit. 2014-04-11]. Dostupný z www: <http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/obsah.htm>.
- [44] KANAI, Toshitaka a Gregory A. CAMBELL. *Film Processing*. Hanser Publishers. c1999, s. 2-14. ISBN 978-3-446-17882-3.
- [45] OSSWALD, Tim A. *Polymer processing fundamentals*. Munich: Hanser. c1998, xv, 229 s. ISBN 3-446-19571-8.
- [46] LEE, Norman. *Practical Guide to Blow Moulding*. Smithers Rapra Technology. c2006, s. 1-12. ISBN 978-1-85957-513-0.

- [47] KILCAST, David a Persis SUBRAMANIAM. *Food and Beverage Stability and Shelf Life*. Woodhead Publishing. c2011, s. 3-249. ISBN 978-1-84569-701-3.
- [48] BLACKBURN, Clive de W. *Food Spoilage Microorganisms*. Woodhead Publishing. c2006, s. 120-177. ISBN 978-1-85573-966-6.
- [49] ROBERTSON, Gordon L. *Food packaging: principles and practice*. 2nd ed. Boca Raton, FL: CRC Press. 2006, 550 s. ISBN 0-8493-3775-5.
- [50] KILCAST, David a Persis SUBRAMANIAM. *Stability and Shelf-Life of Food*. Woodhead Publishing. c2000, s. 3-6. ISBN 978-1-85573-500-2.
- [51] TORRES, Alejandra a Julio ROMERO. *Near critical and supercritical impregnation and kinetic release of thymol in LLDPE films used for food packaging*. Journal of Supercritical Fluids. 2014, 85, s. 41-48. ISSN: 0896-8446.
- [52] *Vyhláška č. 77/2003 Sb., kterou se stanoví požadavky pro mléko a mléčné výrobky, mražené krémy a jedlé tuky a oleje (poslední změna: 336/2013)*.
- [53] ANDĚL, Michal et al. *Sýry a tvarohy ve výživě* [online]. 2013 [cit. 2014-04-12]. Dostupný z www: <<http://www.socr.cz/file/1977/tvarohy-a-syry-ve-vyzive.pdf>>.
- [54] FERNANDES, Rhea. *Microbiology Handbook - Dairy Products*. 3rd ed. Royal Society of Chemistry. c2009, s. 63-69. ISBN 978-1-905224-62-3.
- [55] KADLEC, Pavel, Karel MELZUCH a Michal VOLDŘICH. *Přehled tradičních potravinářských výrob: technologie potravin*. Vyd. 1. Ostrava: Key Publishing. 2012, 569 s. ISBN 978-80-7418-145-0.
- [56] WEIMER, Bart C. *Improving the Flavour of Cheese*. Woodhead Publishing. c2007, s. 57. ISBN 978-0-8493-9158-3.
- [57] ŠUSTOVÁ, Květoslava a Vladimír SÝKORA. *Mlékárenské technologie*. Vyd. 1. V Brně: Mendelova univerzita. 2013, 223 s. ISBN 978-80-7375-704-5.
- [58] LAW, Barry A. a A. TAMIME. *Technology of cheesemaking*. 2nd ed. Chichester: Wiley-Blackwell, 2010, 482 s. ISBN 978-1-4443-2374-0.
- [59] DOYLE, Michael P. a Robert L. BUCHANAN, Robert L. (2013). *Food Microbiology - Fundamentals and Frontiers*. 4th ed. American Society for Microbiology. c2013, s. 825-827. ISBN 978-1-55581-626-1.

- [60] HRABĚ, Jan, Pavel BŘEZINA a Pavel VALÁŠEK. *Technologie výroby potravin živočišného původu: bakalářský směr*. Vyd. 1. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2006, 180 s. ISBN 8073184052.
- [61] *Vyhláška č. 326/2001 Sb., kterou se provádí § 18 písm. a), d), g), h), i) a j) zákona č. 110/1997 Sb., o potravinách a tabákových výrobcích a o změně a doplnění některých souvisejících zákonů, ve znění pozdějších předpisů, pro maso, masné výrobky, ryby, ostatní vodní živočichy a výrobky z nich, vejce a výrobky z nich.* (poslední změna: 169/2009)
- [62] PIPEK, Petr. *Základy technologie masa*. Vyd. 1. Vyškov: Vysoká vojenská škola pozemního vojska, 1998, 104 s. ISBN 8072310100.
- [63] FERNANDES, Rhea. *Microbiology Handbook - Meat Products*. 2nd ed. Royal Society of Chemistry. c2009, s.53-55. ISBN 978-1-905224-66-1.
- [64] MOTARJEMI, Yasmine a Huub LELIEVELD. *Food Safety Management – A Practical Guide for the Food Industry*. Elsevier. c2014, s. 123-125. ISBN 978-0-12-381504-7.
- [65] MOTARJEMI, Yasmine, Gerald G. MOY a Ewen TODD. *Encyclopedia of Food Safety*. Elsevier. c2014, s. 269-271. ISBN 978-0-12-378612-8.
- [66] KILCAST, David a Fiona ANGUS. *Reducing Salt in Foods - Practical Strategies*. Woodhead Publishing. c2007, s. 162-240. ISBN 978-1-84569-018-2.
- [67] STEINHAUSER, Ladislav. *Hygiena a technologie masa*. 1. vyd. Brno: Last, 1995, 643 s. ISBN 80-900260-4-4.
- [68] DRDÁK, Milan. *Základy potravinárskych technológií: spracovanie rastlinných a živočišných surovín. Cererálne a fermentačné technológie. Uchovávanie, hygiena a ekológia potravín*. 1. vyd. Bratislava: Malé centrum, 1996, 495 s. ISBN 8096706411.
- [69] KERRY, J. P. a J. F. KERRY. *Processed Meats - Improving Safety, Nutrition and Quality*. Woodhead Publishing. c2011, s. 527-530. ISBN 978-1-84569-466-1.
- [70] HUI, Y. H. *Handbook of meat and meat products processing*. 2nd ed. Boca Raton. c2012, s. 505-572. ISBN 978-1-43983-683-5.

- [71] STEINHAUSER, Ladislav. *Technologie a hygiena potravin živočišného původu - MASO - pracovní verze pro bakaláře* [online]. 2013 [cit. 2014-04-15]. Dostupný z [www: <http://www.steinhauser.cz/novinky.php?p=detail&id=128>](http://www.steinhauser.cz/novinky.php?p=detail&id=128).

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

ČSN	Česká technická norma
ES	Evropské Společenství
EU	Evropská Unie
IFS	International Featured Standard
GFSI	Global Food Safety Initiative
BRC	British Retail Consortium
FSSC	Food Safety System Certification
mm	Milimetr
%	Procento
°C	Stupeň Celsia
g/cm ³	Gram na centimetr krychlový
m	Metr
min	Minuta
μm	Mikrometr
a _w	Aktivita vody
Eh	Redox potenciál
mg/kg	Mikrogram v kilogramu
κ	Kappa
ml	Mililitr
g	Gram
kg	Kilogram
%hm.	Hmotnostní procento
ot./min	Otáček za minutu
ČSN EN ISO	Česká technická norma

N	Newton
Pa	Pascal
mol	Mol
m	Metr
O ₂	Kyslík
UV	Ultrafialové záření
PB	Prosté balení
V	Vakuové balení
HDPE	Vysoce hustotní polyethylen
PP	Polypropylen
PE	Polyethylen
PA	Polyamid
PLA	Kyselina polymléčná
PC	Polykarbonát
PVC	Polyvinylchlorid
PVDC	Polyvinylidenchlorid
PET	Polyethylentereftalát
5SRL	Surlyn s 5 % nanoplňiva
3SRL	Surlyn se 3 % nanoplňiva
SRL	Surlyn
5EVOH	Ethylenvinylalkohol s 5 % nanoplňiva
3EVOH	Ethylenvinylalkohol se 3 % nanoplňiva
EVOH	Ethylenvinylalkohol
5EVA	Ethylenvinylacetát s 5 % nanoplňiva
3EVA	Ethylenvinylacetát se 3 % nanoplňiva

EVA	Ethylenvinylacetát
5LDPE	Nízkohustotní polyethylen s 5 % nanoplniva
3LDPE	Nízkohustotní polyethylen se 3 % nanoplniva
LDPE	Nízkohustotní polyethylen
BMK	Bakterie mléčného kvašení
CPM	Celkový počet mikroorganismů
CFU/g	Kolonie tvořící jednotky v gramu
PCA	Plate Count agar
MRS	deManův, Rogosův a Sharpův agar
CHYGA	Chloramphenicol Yeast Glucose Agar

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Strukturní vzorec polyethylenu [18].....	25
Obrázek 2: Strukturní vzorec polypropylenu [18]	27
Obrázek 3: Jednošnekový extrudér [38]	32
Obrázek 4: Linka pro výrobu tenkých fólií vytlačováním [39]	33
Obrázek 5: Výroba fólií vyfukováním [39]	34
Obrázek 6: Schéma výroby sýrů [52].....	41
Obrázek 7: Dvoušnekový extrudér - homogenizace vzorku	57
Obrázek 8: Mechanický lis	58
Obrázek 9: Vytlačování fólií na širokoštěbinové hlavě	59
Obrázek 10: Vakuová balička od firmy Henkelman.....	61

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Chemické složení vybraných masných výrobků [62]	48
Tabulka 2: Podmínky homogenizace směsí.....	57
Tabulka 3: Podmínky lisování	58
Tabulka 4: Podmínky vytlačování	59
Tabulka 5: Přehled mikroorganismů.....	70
Tabulka 6: Permeační koeficient pro propustnost O ₂	77