Vliv ochranných povlaků z přírodních polymerů na kvalitativní parametry pokrmových tuků

Bc. Jan Fenyk

Diplomová práce
2008

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav inženýrství polymerů
akademický rok: 2007/2008

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení:	**Bc. Jan FENYK**
Studijní program:	**N 2808 Chemie a technologie materiálů**
Studijní obor:	**Inženýrství polymerů**
Téma práce:	**Vliv ochranných povlaků z přírodních polymerů na kvalitativní parametry pokrmových tuků**

Zásady pro vypracování:

1. **Obalové materiály v potravinářství -- synthetické polymery, semi-synthetické polymery, přírodní polymery**
2. **Filmy, respektive povlaky založené na bílkovinách, polysacharidech, lipidech, kompositní obaly (výhody, nevýhody); současné vývojové trendy**
3. **Výhody aplikace jedlých povlaků na pokrmové tuky**
4. **V experimentální části příprava povlakovacího roztoku založeného na hydrolysátu škrobu amarantové mouky (dle doporučené metodiky), úprava vlastností povlakovacího roztoku přídavkem změkčovadla a emulgátoru**
5. **Tvorba polymerního povlaku na vybrané druhy pokrmových tuků máčením**
6. **Sledování hydrolýsy a oxidace pokrmových tuků s povlakem a bez povlaku**
7. **Tabelární a grafické zpracování výsledků, diskuse výsledků, zhodnocení přínosu práce**

Rozsah práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

1. **Gennadios, A. Protein-based Films and Coatings. Boca Raton: CRC Press, 2002.**
2. **Smith, R. et al. Biodegradable polymers for industrial applications. Boca Raton: CRC Press, 2005.**
3. **odborná zahraniční periodika**

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Pavel Mokrejš, Ph.D.**
Ústav fyziky a mater. inženýrství

Datum zadání diplomové práce: **11. února 2008**

Termín odevzdání diplomové práce: **16. května 2008**

Ve Zlíně dne 11. února 2008

L.S.

doc. Ing. Petr Hlaváček, CSc.
děkan

Ing. Roman Čermák, Ph.D.
ředitel ústavu

ABSTRAKT

Teoretická část diplomové práce popisuje obalové materiály potravinářství založené na přírodních polymerech, zejména na proteinech a na škrobu. Jsou popsány způsoby skladování tuků. V experimentální části diplomové práce jsem se zabýval aplikací povlaků ze škrobovo-proteinových hydrolyzátů amarantové mouky na vzorek másla. Byly vyzkoušeny 3 typy povlaků. U vzorků másla skladovaných při teplotě 7 °C došlo po 40 dni k nárůstu rychlosti oxidačních procesů a u vzorku másla skladovaných při teplotě 22 °C to bylo již od počátku testu. Během dlouhodobého skladování másla při teplotě 7 °C vzorky másla ošetřené ochranným povlakem s obsahem 30 % glycerinu + 3 % lecitinu + 2 % kyseliny askorbové byl zjištěn stejný stupeň oxidace jako u vzorků másla uchovávaných v původním obalu. Výsledky testů mohou posloužit jako podklad pro potenciální využití v praxi.

Klíčová slova: amarant, škrob, hydrolyzát, jedlé povlaky, máslo, oxidace, peroxidové číslo, číslo kyselosti, anisidinové číslo

ABSTRACT

In a theoretical part of the master thesis food industry wrappings based on natural polymers, especially from starch and protein, are described. Storage of edible fats is discussed. In experimental part edible coatings from 50 % solution of amaranth flour hydrolysate on samples of butter were applied. Three kinds of edible coatings were tested. In was confirmed that at butter samples stored at temperature 7 °C oxidation processes after 40 days increased. Butter stored at 22 °C oxidation processes appeared quickly after the start of tests. Oxidation changes at long-time stored butter coated with 50 % solution of hydrolysate with 30 % lecithin + 3 % glycerine + 2 % ascorbic acid were the same as in butter wrapped in original wrapping. The results of these tests can be used as a base to potential application in food industry.

Keywords: amaranth, starch, hydrolysate, edible coatings, butter, oxidation, peroxide value, acid value, anisidine value

Tímto bych si dovolil poděkovat vedoucímu mé diplomové práce Bc. Ing. Pavlu Mokrejšovi Ph.D. za odborné vedení, poskytování cenných rad a informací k tématu. Dále bych chtěl vyjádři svůj dík paní Věře Kymlové za rady a pomoc při laboratorních zkouškách.

Prohlašuji, že jsem na diplomové práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků, je-li to uvolněno na základě licenční smlouvy, budu uveden jako spoluautor.

Ve Zlíně

.....

Podpis diplomanta

OBSAH

ÚVOD A CÍLE PRÁCE **8**
I TEORETICKÁ ČÁST **9**
1 OBALOVÉ MATERIÁLY V POTRAVINÁŘSTVÍ **10**
1.1 FUNKCE OBALU 10
1.1.1 Ochranná funkce 10
1.1.2 Racionalizační funkce 10
1.1.3 Komunikační 11
1.2 SYNTETICKÉ POLYMERY 11
1.2.1 Polyetylen 12
1.2.2 Polypropylen 13
1.2.3 Polyvinylchlorid 13
1.2.4 Polyetylentereftalát 14
1.2.5 Polystyren 14
1.2.6 Polyamidy 14
1.3 SEMI-SYNTETICKÉ POLYMERY 15
1.4 PŘÍRODNÍ POLYMERY 16
1.4.1 Polysacharidy 16
1.4.1.1 Škrob 16
1.4.1.2 Chitin 20
1.4.1.3 Další polysacharidy 20
1.4.2 Bílkoviny 21
2 OBALY ZALOŽENÉ NA PŘÍRODNÍCH POLYMERECH **23**
2.1 PROTEINOVÉ OBALY 24
2.1.1 Kolagenové obaly 24
2.1.2 Želatinové obaly 25
2.1.3 Obaly z cereálních proteinů 27
2.1.4 Obaly ze sójového proteinu 27
2.1.5 Obaly z proteinů mléka 28
2.1.6 Vaječný bílek 29
2.1.7 Keratinové filmy 29
2.1.8 Filmy z myofibrilárních proteinů 29
2.1.9 Další proteinové filmy 30
2.2 POLYSACHARIDOVÉ OBALY 30
2.2.1 Alginátové filmy a povlaky 30
2.2.2 Škrobové filmy a povlaky 31
2.2.3 Chitin 31
2.2.4 Pektiny 32
2.2.5 Carrageenan 32
2.2.6 Celulóza a její deriváty 32
2.3 LIPIDOVÉ A PRYSKYŘICOVÉ OBALY 33
2.3.1 Acetylované glyceridy 33
2.3.2 Vosky 33
2.3.3 Pryskyřice 33

2.4 VYUŽITÍ AMARANTU NA FILMY A POVLAKY 34
3 POKRMOVÉ TUKY 35
3.1 ROZDĚLENÍ LIPIDŮ PODLE CHEMICKÉHO SLOŽENÍ 35
3.2 VYUŽITÍ TUKŮ 37
3.3 SKLADOVÁNÍ TUKŮ A OLEJŮ 38
II PRAKTICKÁ ČÁST 40
4 SEZNAM POUŽITÝCH PŘÍSTROJŮ A CHEMIKÁLIÍ 41
5 POSTUP PRÁCE A METODY 42
5.1 PŘÍPRAVA HYDROLYZÁTU 42
5.1.1 Amarantová mouka 42
5.1.2 Škrobovo-proteinový hydrolyzát 43
5.2 TVORBA OCHRANNÝCH POVLAKŮ NA ZTUŽENÝ TUK 46
5.3 METODY SLEDOVÁNÍ OXIDACE POKRMOVÝCH TUKŮ 47
5.3.1 Stanovení peroxidového čísla 48
5.3.2 Stanovení čísla kyselosti 50
5.3.3 Stanovení anisidinového čísla 51
6 VÝSLEDKY A DISKUSE 53
6.1 OXIDACE VZORKU MÁSLA PŘI 7 °C 53
6.1.1 Peroxidové číslo 53
6.1.2 Číslo kyselosti 55
6.1.3 Anisidinové číslo 57
6.2 OXIDACE VZORKU MÁSLA PŘI 22 °C 58
6.2.1 Peroxidové číslo 58
6.2.2 Číslo kyselosti 59
6.2.3 Anisidinové číslo 61
6.3 SROVNÁNÍ OXIDACE VZORKŮ MÁSLA 62
6.4 CHARAKTERISTIKA FILMŮ PŘIPRAVENÝCH Z POVLAKOVACÍCH ROZTOKŮ 64
6.4.1 Zkouška rozpustnosti: 64
6.4.2 Tepelné vlastnosti 66
ZÁVĚR 69
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY 70
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK 75
SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK 76

ÚVOD A CÍLE PRÁCE

Pokrmové tuky tvoří součást jídelníčku člověka. Snadno poléhají v přítomnosti vzdušného kyslíku a přímého světla oxidaci, která výrazně snižuje kvalitu tuku. Abychom tyto potraviny před nežádoucími vlivy ochránili, musíme je opatřit obalem, který oxidaci dostatečně potlačí a prodlouží tím čerstvost výrobku. Potravinářské obaly tvoří řada materiálů od syntetických až po přírodní polymery. V dnešní době kdy cena ropy roste a rostou taky problémy se skládkováním odpadu se do popředí dostávají obaly, které jsou šetrné k životnímu prostředí a jsou biodegradabilní.

Cílem praktické části této diplomové práce bylo připravit jedlé polymerní povlaky ze škrobovo-proteinového hydrolyzátu amarantové mouky a posoudit funkční vlastnosti těchto povlaků při aplikaci na vzorky másel.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 OBALOVÉ MATERIÁLY V POTRAVINÁŘSTVÍ

V dnešní době jsou obaly přímou součástí výrobků nejen v potravinářském průmyslu. Obal jako celek má celou řadu funkcí a úkolů, které mají výrobek jak ochránit před nejrůznějšími vnějšími faktory tak i výrobek na trhu zviditelnit před výrobky konkurenčními. Říká se, že obal nám výrobek prodává a proto bychom tuto problematiku neměli brát na lehkou váhu. Obal je prostředek anebo soubor prostředků, které chrání výrobek před škodou, kterou by mohl utrpět anebo způsobit a které umožňují manipulaci a ulehčují odbyt a spotřebu výrobků[1].

1.1 Funkce obalu

1.1.1 Ochranná funkce

Výrobek musí být chráněn před mechanickými činiteli, což představuje mechanické namáhání při dopravě a činnostech s dopravou spjaté, jako je nakládání a jiná manipulace s výrobkem. Patří zde i vibrační namáhání. Výrobky jsou skládány na paletách na sebe, což má za následek že na spodní vrstvy výrobků působí daleko větší síly než na vrstvy vrchní a proto obal by měl vykazovat určitou pevnost vůči této zátěži. Výrobek musíme dále chránit před klimatickými činiteli a obzvláště před změnami vlhkosti. Při špatné volbě obalového materiálu může dojít jak k vysoušení výrobku nebo na druhé straně k jeho navlhání. V potravinářském průmyslu hraje důležitou roli ochrana před oxidačními změnami. Atmosférický kyslík způsobuje u většiny potravin nežádoucí oxidace a tedy i znehodnocení produktu. Obal by měl chránit výrobky před pronikáním par organických látek což by vedlo k přijímání cizích pachů nebo obráceně, ke ztrátě typického aroma. Ochrana obalem před zářením α a γ. Do této kategorie spadají jak potraviny, tak i chemikálie či léky, které jsou citlivé vůči těmto zářením. Neméně významná je ochrana před biologickými činiteli, jako jsou mikroorganismy, hmyz nebo hlodavci. Ochrana výrobku při teplotních změnách. Obal zabraňuje prostupu tepla stěnou směrem k výrobku nebo naopak.

1.1.2 Racionalizační funkce

Z výrobku se stává určitá manipulační jednotka, která má ustálené rozměry, množství a hmotnost. Jedná se zde především o racionalizaci balícího procesu. Zvyšují

se výkony balících linek a stoupá jejich přesnost. Tomuto hodně napomohlo zavedení polymerních fólií jako obalového materiálu.

1.1.3 Komunikační

Obal se stává nositelem informací o produktu jako jsou datum výroby, trvanlivost, výrobce, složení a další. Tvar a vizuální atraktivita obalu pomáhá propagovat výrobek.

V potravinářství se používají jako obalové materiály syntetické polymery, semi-syntetické polymery, přírodní polymery a dále třeba sklo a kovy. Kombinací těchto materiálů můžeme vytvořit obaly bariérové, které budou mít více užitkových vlastností než má jen jeden samostatný materiál.

1.2 Syntetické polymery

Polymery označované jako syntetické se v přírodě nevyskytují. Vznikají činností člověka prostřednictvím jeho umu. Vyrábí se chemickou syntézou, odtud pramení pojem syntetické polymery [2].

Syntetické polymery si našly uplatnění nejen v obalové technice. V potravinářství se vyzdvihují vlastnosti obalových materiálů ze syntetických polymerů jako jsou bariérové vlastnosti a to zejména odolnost v paropropustnosti, která hraje důležitou roli při uchování potravin v čerstvém stavu. Dále se vyzdvihují i jejich zpracovatelské vlastnosti, především reologické vlastnosti, týkající se toku. Optické vlastnosti, zejména transparentnost a schopnost potisku. Ze syntetických polymerů se dají vyrábět jak fólie tak třeba i různé balící kusy, misky na jídlo či příbory, lahve a další viz Obr. 1. I přes své výborné užitkové vlastnosti se dneska stále více mluví o omezení výroby syntetických materiálů a nahrazení materiály přírodními, nejlépe biodegradabilními.

Obr. 1. Potravinářské obaly ze syntetických polymerů

Do syntetických polymerů, které se používají v potravinářství jak na výrobu obalů, folií, různých balících dílců tak i na jednorázové nádobí či lahví, můžeme zařadit následující: polyetylen (PE), polypropylen (PP), polystyren (PS), polyvinylchlorid (PVC), polyetylentereftalát (PET) a další. Tyto zmíněné plasty se liší jak funkčními vlastnostmi, tak i způsobem využití. Důležitým faktorem při výběru vhodného obalu je i rozsah teploty při které mají být potraviny uchovávány či i s obalem připravovány. Transparentnost obalu dělá produkt atraktivnějším a je i jakýmsi ukazatelem čerstvosti výrobku.

1.2.1 Polyetylen

Pro obalové aplikace se využívá vysokotlaký a nízkotlaký polyetylen (PE). Lisí se především teplotou měknutí. Mezi užitné vlastnosti PE se řadí poměrně dobrá odolnost vůči vodě, odolává anorganickým rozpouštědlům a má vyšší propustnost pro plyny, než pro vodní páry. PE je vhodný pro výrobu folií, lahví a různých přepravních obalů. Používá se na balení mražených potravin díky své odolnosti vůči nízkým teplotám. Pro zlepšení vlastností se dá PE kombinovat například s papírem či celofánem, ale i s hliníkovou fólií. Z PE se vyrábí varné sáčky na rýži, obaly na potraviny, které obsahují poměrně velké množství vlhkosti jako jsou ovoce, zelenina a dále folie na balení masa. Z PE se vyrábí i smršťovací balící folie, které můžeme vidět na Obr. 2. Pro zlepšení antibakteriálních vlastností se používá na lepenkový papír povlak z PE, který zabraňuje mikrobiální kontaminaci samotného papírového obalu [3].

Obr. 2. PE smršťovací a obalové fólie

1.2.2 Polypropylen

Polypropylen (PP) má podobné užitkové vlastnosti jako PE ale dokáže lépe odolávat agresivním činidlům. Techniky zpracování jsou vytlačování, vstřikování a vyfukování. Folie z PP jsou transparentnější a díky orientaci dosahují výborných mechanických vlastností. Odolává propustnosti vodních par a u propustnosti plynů vykazuje lepší vlastnosti než PP. PP folie jsou velmi dobře potiskovatelné a v potravinářství našly uplatnění při balení pekárenských výrobků, cukrovinek a taky tabákových výrobků. Díky svým bariérovým vlastnostem a schopnosti recyklace se zkoumá použití recyklovaného PP připraveného koextruzí s nerecyklovaným PP na opětovné použití na balení potravin [4].

Polypropylenovová folie s proteinovým povlakem (sójovým, syrovátkovým či kukuřičným) tvoří ochranu potraviny před napadením výrobku bakterií způsobující mléčné kvašení, Lactobacillus plantarum. Jako plastifikátory se používají propylen glykol, glycerol, polyetylen glykol. Takto připravené filmy jsou hladké a lesklé [5].

1.2.3 Polyvinylchlorid

Polyvinylchlorid (PVC) se zpracovává v původním stavu nebo se změkčovadly. V obalové technice se používají neměkčené folie, které se dají za použití tepla tvarovat a následným ochlazením zafixují tvar. Potom při dalším zahřátí může dojít ke

tvarovým změnám u výrobku, hovoříme tedy o tvarové paměti. Folie mají tendenci při nižších teplotách křehnout. Kopolymerací se dají výrazně zlepšit vlastnosti folií než má původní folie z PVC. PVC degraduje za přítomnosti slunečního světla. Obaly z PVC se již dneska tak v hojné míře nepoužívají, protože bylo zjištěno že jejich změkčovadla jsou zdraví škodlivé. Z PVC se vyrábí lahve na ovocné šťávy a jedlé oleje, ale i ty jsou postupně nahrazovány lahvemi z PET [6].

1.2.4 Polyetylentereftalát

Polyetylentereftalátové (PETP) obaly se staly již nepostradatelnou součástí každé domácnosti. Asi 93 % vyrobeného PETP se využívá nejen na obaly a balící prostředky. Největší uplatnění mají folie na balení potravin ale především lahve. Lahve se plní nejen nápoji ale taky odolávají olejům. Tyto obaly jsou recyklovatelné a mohou se dále používat na výrobu nových potravinářských obalů, nebo se dají i rozvláknit a upotřebí se v textilním průmyslu na výrobu oděvů. Prokázalo se že dlouhodobým skladováním nápojů v barevných PETP lahvích dochází ke kontaminaci nápojů [7].

1.2.5 Polystyren

Výrobky z polystyrenu (PS) vykazují poměrně velkou křehkost. PS má vysokou odolnost pro propustnost aromatických látek, ale zato nízkou vůči vodním parám a plynům. Pro aplikace a tvarování v potravinářství je vhodné odstranit z PS zbytky monomerů. Nejčastěji se aplikují jeho dvě formy, houževnatý PS a expandovaný PS. V obalové technice se využívá na misky, jednorázové nádobí a příbory, kelímky ale taky jako fixační a izolační prostředek. Nyní probíhají studie, zda nedochází ke kontaminaci potraviny PS obaly [8].

1.2.6 Polyamidy

Polyamidy (PA) se především využívají na výrobu folií. Mají poměrně vysokou tepelnou odolnost a odolávají tukům a mastnotě. Vykazují nízkou propustnost aromatických látek a plynů. Polyamidy se využívají hlavně jako bariérové obaly v kombinaci nejčastěji s PE, můžeme vidět na Obr. 3. Tyto folie se používají při balení masa a sýrů. Nejčastěji se používá polyamid-6 [9].

Obr. 3. PA/PP folie na balení uzenina sýrů

1.3 Semi-syntetické polymery

V obalové technice se často řeší problém skládkování vyprodukovaných obalů. Semi-syntetické materiály jsou mezistupněm čistě přírodních materiálů a syntetických materiálů. Syntetické materiály mohou obsahovat jako plnivo některé přírodní polymery, které potom napomáhají k lepší biodegradabilitě výrobku, kdy si výrobek díky syntetické části drží funkční vlastnosti a díky přírodním polymerům dochází k rychlejšímu rozpadu po použití. Velmi často se využívají polysacharidy a z nich potom škrob a deriváty celulózy. Eterifikací vznikají: methylcelulóza, hydroxypropylcelulóza, hydroxypropyl-methylcelulóza, karboxymethylcelulóza a ethylcelulóza. Z ethylcelulózy se dokonce dají vyrábět i filmy. Esterifikací vzniká acetátová celulóza. Mezi vůbec první patří i polyvinylalkohol s vinilacetátem které se začaly používat kolem roku 1976. Tato směs byla roubována na škrob a vykazovala lepší vlastnosti než čistý polyvinylalkohol.[10].

Methylcelulóza se používá na balení potravin, zejména těch co se připravují smažením a jsou obaleny v testíčku. Tento obal zachovává potravinu v čerstvém stavu než projde smažícím procesem [11].

Ethylcelulóza společně s pektiny se používá k povlakování farmaceutických tablet [12].

Deriváty škrobu se používají na biodegradabilní obaly a folie. Škrob se může aplikovat do syntetických polymerů jako jsou například polyetylen, kopolymery polyetylenu

či alifatické polyestery. Dále se škrob může za tepla smíchávat s kyselinou akrylovou [13].

1.4 Přírodní polymery

Jako přírodní polymery, nebo také biopolymery, označujeme takové látky, které vykazují polymerní charakter a vyskytují se v přírodě, nebo v živých organizmech. Biologická makromolekula čili biomakromolekula nebo biopolymer je obecně látka vzniklá v organizmu kondenzací z více stejných či různých nízkomolekulárních látek. Jejich molekulová hmotnost se pohybuje v řádech tisíců až milionů [14].

Biopolymery můžeme rozdělit do čtyř základních skupin podle typu sloučenin: polysacharidy, bílkoviny, nukleové kyseliny a polyterpeny. Biopolymery se podle tvaru molekuly dají rozdělit na globulární a fibrilární. Mezi globulární, nebo taky klubkovité biopolymery patří například glykogen, pepsin a hemoglobin. Do skupiny fibrilární, nebo taky vláknitých, patří například kolagen, celulóza a fibroin. Syntéza polymerních látek v živých organismech probíhá pomocí enzymů.

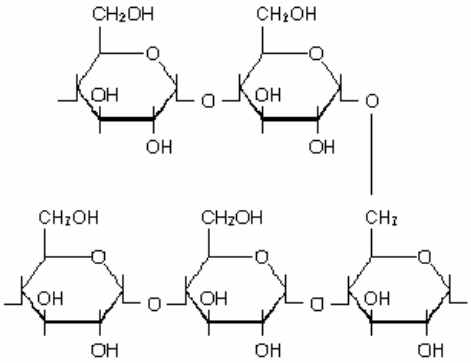
1.4.1 Polysacharidy

Polysacharidy jsou polymerní cukry. Jsou tvořeny monosacharidovými jednotkami, které jsou spojeny glykosidickou vazbou. Často jsou amorfní, nerozpustné ve vodě a nemají sladkou chuť. Pokud se molekula polysacharidu skládá pouze z jednoho druhu monosacharidových jednotek, jedná se o homopolysacharid. V opačném případě hovoříme o heteropolysacharidech. Polysacharidy můžeme popsat obecným vzorcem $C_n(H_2O)_{n-1}$, proto se dříve nazývaly karbohydráty. V přírodě jsou tyto látky velmi rozšířené. Mezi nejběžnější zástupce polysacharidů patří škrob, celulóza a glykogen [15].

1.4.1.1 Škrob

Škrob je zásobní a rezervní látka rostlin. Vyskytuje se v podobě škrobových zrn v semenech (rýže a obilí) a v hlízách (brambory).Tyto zrna dosahují velikosti 1 až 100 μm. Škrob se skládá ze dvou polysacharidů, amylózy a amylopektinu. Amylóza (α-1,4-D-glukóza) má lineární charakter a je rozpustná v horké vodě. Tvoří 20-30% škrobu. Amylopektin (α-1,4-D-glukóza s větvemi α-1,6-D-glukóza) tvoří až 80% škrobu, viz. Obr. 4. Je rozvětvený a ve vodě nerozpustný. Jestliže však škrob rozpouštíme v horké vodě, potom se zněmí jeho semikrystalická struktura a vznikne nám gel.

Během trávícího procesu se uvolňuje energie, protože se škrob hydrolyticky štěpí na glukózové molekuly. Tyto molekuly se potom dále štěpí na CO_2 a na H_2O. Největší uplatněná nachází škrob v potravinářském průmyslu, kde se z něj vyrábí potraviny a nápoje.



Obr. 4. Část molekuly amylopektinu

U škrobu můžeme provádět modifikace vodíkových vazeb proto, abychom rozšířili aplikační možnosti tohoto materiálu. Příklady modifikací vidíme v Tabulce 1. [16]. Při síťování škrobu jsou vodíkové vazby nahrazeny kovalentvími vazbami. K omezení bobtnání stačí jedna příčná vazba na 100-3000 glukózových jednotek. Zesíťovaným škrobem se mohou zahusťovat, stabilizovat a vylepšovat textury potravin. Další modifikace škrobu je stabilizace. Tato operace má za úkol zamezit retrogradaci škrobu a zároveň zvýšit jeho trvanlivost. Jedná se o náhradu karbonylových nebo karboxylových skupin, tak že se –OH skupiny esterifikují. Vznikají tak acetáty nebo fosfáty škrobu. Konverze škrobu zahrnuje štěpné reakce molekuly škrobu. Patří zde kyselá hydrolýza, enzymová hydrolýza, oxidace, dextrinace a předželatinace.

Další modifikace můžeme provádět roubováním, kdy se přidávají do řetězce vinylové nebo akrylové monomery. Škrob se může používat jako plnivo do polyuretanů nebo polyethylenu. Škrobové filmy a folie jsou biodegradabilní materiály a používají se jako obaly pro potraviny. Použití škrobových obalů našlo uplatnění na ochranné povlaky, které se aplikují přímo na potravinu. Tyto povlaky lze vyrábět vytlačováním s přídavkem vhodného plastifikátoru. Teplota při vytlačování by měla být 125°C.

*Tabulka 1.*Přehled modifikací škrobu.

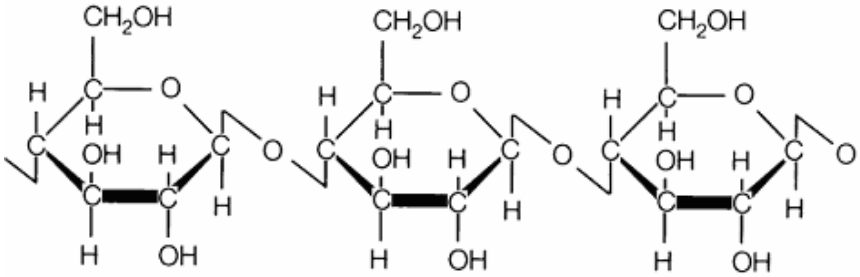
Modifikace	Cíl	Výhody	Typické použití
Síťování	Zvýšení stability škrobové granule	Vyšší odolnost při tepelném, kyselém a střižném zpracování	Při pokojové teplotě stabilní výrobky
	Retardace bobtnání granulí	Rychlejší přestup tepla při zpracování	Hotové omáčky
Stabilizace	Zabránění smršťování granulí a stabilita při nízkých teplotách	Stabilní vlastnosti při chlazení, stabilita při zmrazení/tání	Chlazená a mrazená hotová jídla s vyšší dobou trvanlivosti
	Nižší želatinační teplota	Snadnější vaření v potravinách s vysokým obsahem sušiny	Plniva a polevy
Enzymová konverze (biochemická modifikace)	Získání požadované viskozity, pevnosti gelu s termoreversibilními vlastnostmi	Žádoucí reologické vlastnosti a struktura	Nosič vůní, plnivo
a) dextrinace (zahřev)	Rozklad a přeskupení škrobové molekuly za účelem získání nižší viskozity, zvýšení rozpustnosti	Snadnější zpracování a vyšší dávkování k získání požadovaných vlastností, na rozdíl od nativního škrobu	Náhrada tuků
		Filmotvorné vlastnosti	Polevy na pečivo, ochranné povlaky v cukrářství
b) kyselá hydrolýza	Snížení viskozity a zvýšení pevnosti gelu	Zlepšení textury při zvýšeném dávkování škrobu	Žvýkačky, pastilky, rosoly

c) oxidace	Začlenění –COOH nebo karbonylových skupin, které zvyšují čirost a omezují re-trogradaci uvařených škrob. past	Lepší adheze povlaků	Mleté maso, drůbež a ryby
	Získání nižší visko-zity a stability při nízkých teplotách	Jemné stabilní gely při vyšším dávkování (na rozdíl od nativní-ho škrobu)	Cukrářství
Lipofilní substituce	Úprava množství lipofilních skupin	Stabilizace emulzí olej/tuk	Nápoje, salátové dresinky
Předželatinace	Zahuštění studených systémů	Není nutný ohřev, úspora energie	Instantní polévky, omáčky, dresingy, dezerty, pekařské směsi
Tepelné zpracování	Zesílení škrobových granulí	Vyšší odolnost při tepelném, kyselém a střižném zpracování	Sterilizované polévky a omáčky

1.4.1.2. Celulóza

Celulóza, viz. Obr. 5., je nejhojněji se vyskytující organická látka, protože se vyskytuje jako hlavní součást buněčných stěn vyšších rostlin, kde představuje jejich hlavní složku. Bavlna je téměř čistá celulóza a obsahuje jí 98%, len obsahuje asi 80% a dřevo 40-50% [3].

Dřevo ještě průměrně obsahuje 29% ligninu, 22% hemicelulózy a kolem 2% pryskyřic. Tyto hodnoty jsou závislé na stáří a na druhu dřeva. Celulóza je ve studené vodě nerozpustná. Celulózu nemůžeme tepelně zpracovávat, protože díky přítomnosti silných vodíkových vazeb dochází k degradaci a ne k tání. Lidé celulózu nedokáží strávit. Celulóza má široké uplatnění zejména v papírenském průmyslu a dále v textil-ním průmyslu při výrobě textilií. V potravinářském průmyslu našla využití při výrobě vlákniny a je hlavním složkou při výrobě derivátů celulózy.

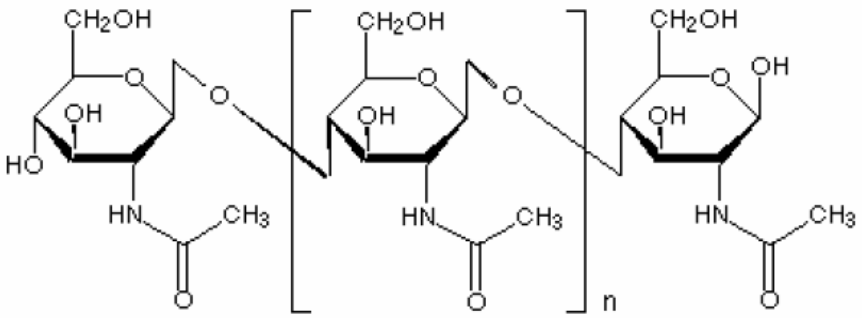


Obr. 5. Celulóza

1.4.1.2 Chitin

Chitin je základní stavební polysacharid hmyzu a korýšů, jeho molekulu můžeme vidět na Obr. 6. Vyskytuje se v křídlech, krovkách a v krunýřích a má za úkol zpevnit tyto části jejich těla.. U hub tvoří součást buněčných stěn. Svojí strukturou se podobá celulóze kde jednu vazbu –OH nahrazuje $NH–COCH_3$.

Uplatnění má i derivát chitinu zvaný chitosan. Řadí se mezi lineární polysacharidy a je ve vodě nerozpustný. Jeho aplikace nalezneme ve farmacii a v medicíně jako nosič léčiv, v potravinářství jako povlaky na potraviny nebo taky v kosmetice.



Obr. 6. Chitin

1.4.1.3 Další polysacharidy

Dextrany ($C_6H_{10}O_5$) vznikají kvašením cukerných a bylinných šťáv. Tvoří je glukózové jednotky spojené glykosidickými vazbami. Dextran ve fyziologickém roztoku se používá jako náhrada krevní plazmy.

Pektiny se vyskytují ve slupkách citrusových plodů či slupek jablek. Využití mají v potravinářském průmyslu při výrobě ovocných šťáv, nebo jako zahušťovadlo.

Carrageenan se extrahuje z červených řas. Má charakter polysacharidové gumy. Používá se na povlaky na zmražené a chlazené potraviny. Přidává se do gelů na zvýšení elasticity.

Agar se připravuje z mořských řas. Je to přírodní guma a má podobné využití jako carrageenan.

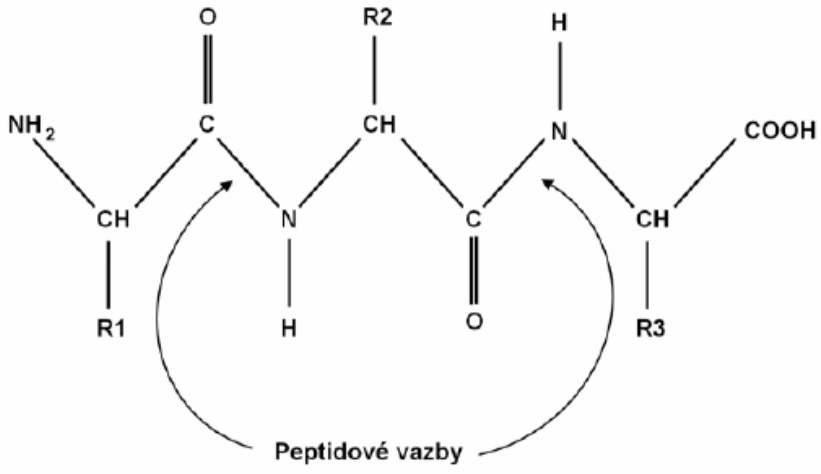
Levan produkují bakterie Bacillus polymyxa. Je dobře rozpustný v horké vodě a používá se k výrobě filmů na potraviny. Své uplatnění má i při zubních onemocnění.

Pulluan je produkován houbami Aureobasidium pullulans. Využití má v potravinářství. Využívá se jako jedlý film na potraviny, který působí jako výborná bariéra proti O_2. Tyto filmy jsou transparentní a bez chuti či zápachu.

Konjac se získává z rostliny Amorphophallus konjac. Je kopolymer glukózy a manózy. Používá se jako zahušťovadlo místo tuků.

1.4.2 Bílkoviny

Bílkoviny (proteiny) tvoří podstatnou část živých buněk, ale taky mezibuněčné hmoty a dokonce i nebuněčné útvary. Jsou složeny z aminokyselin a vznikají jejich kondenzací. Základní stavební jednotkou jsou α-aminokyseliny a charakteristická je peptidická vazba –CO–NH–, znázorněná na Obr. 7. Dále se u bílkovin vyskytují disulfidické vazby –S–S–.



Obr. 7. Struktura proteinu

Bílkoviny jsou velmi nestabilní a náchylné na nejrůznější změny. Při denaturaci ztrácí bílkoviny nativní vlastnosti. Denaturaci ovlivňuje teplota, vlhkost, pH a další.

Hlavní základní stavební jednotkou bílkovin jsou aminokyseliny. Aminokyseliny obsahují dvě funkční skupiny, aminovou ($–NH_2$) a karboxylovou (–COOH). Všechny proteiny v živých organismech tvoří až na výjimky 20 aminokyselin. Aminokyseliny můžou mít hydrofilní nebo hydrofóbní charakter.

Modifikaci bílkovin musíme provádět proto, protože bílkoviny obsahují mnoho různě reaktivních skupin. Fyzikální modifikace se týkají změn teploty, tlaku a použití plastifikátorů. Chemické modifikace zahrnují zvýšení hydrofility, hydrofobity nebo síťování. Modifikovat můžeme i pomocí hydrofilních či hydrofóbních enzymů.

V obalové technice se bílkoviny využívají k přípravě filmů a folií. Přídavkem polysacharidů do proteinových filmů zlepšíme mechanické vlastnosti. Přídavkem lipidů se zlepší bariérové vlastnosti proti vlhkosti a film bude více lesklý. Použijeme-li plastifikátor, bude film flexibilnější a sníží se jeho tuhost. Dále lze přidat antioxidanty, barviva, nutriční přídavky a další. Proteiny lze do podoby konečných výrobků (např. filmů, respektive folií) zpracovávat termoplastifikací a lítím. Při termoplastifikaci se protein zahřeje nad T_g, tvar zajistí forma, stabilizace tvaru se dosáhne ochlazením a vznikne film nebo jiný produkt. Při lití se protein rozpustí v rozpouštědle, roztok se lije, sprejuje nebo nanáší na objekt, který má být povlakem ošetřen, rozpouštědlo se odpaří a tím se zafixuje tvar. Vznikají filmy nebo povlaky.

Proteinové filmy se používají v potravinářství na ochranné obaly, sáčky, střívka a samolepky. Tyto ochranné filmy mohou být konzumovány společně s potravinou. Jsou biodegradabilní a tvoří bariéru proti O_2 (ošetřování tuků), zvyšují trvanlivosti a nutriční hodnotu potraviny.

2 OBALY ZALOŽENÉ NA PŘÍRODNÍCH POLYMERECH

V potravinářství se začínají stále více používat obalové materiály z přírodních polymerů. Tyto obaly pomalu nahrazují obalové materiály ze syntetických polymerů. Důvodů proč začít balit potraviny do obalů založených na přírodních polymerech je mnoho. Hlavní surovina pro výrobu syntetických polymerů je ropa. Ceny ropy neustále stoupají a navíc ropa patří do surovinových zdrojů, které jsou vyčerpatelné. Na našem území se nachází sice naleziště ropy, ale určitě tyto naleziště by nestačily pokrýt komerční poptávku po syntetických látkách, která tady bezesporu je. Jsme tudíž závislí na dodávkách ropy od světových producentů a na jejich cenách. Otázku recyklace takových obalů po použití taky nesmíme brát na lehkou váhu. Hromadící se odpady a přibývající skládky odpadů nemají příznivý dopad na životní prostředí. Syntetické obaly v potravinářství mají určitě své klady a nepostradatelné vlastnosti jako jsou třeba nepropustnost vodních par nebo odolnost vůči oxidaci pokrmů, ale nejrůznější výzkumy a studie nám dokazují že i obaly založené na přírodních polymerech se mohou blížit a taky i někdy převyšovat vlastnosti obalů z polymerů syntetických. Obaly založené na přírodních polymerech nejsou závislé na ropě. Jako zdroje nám slouží rostlinná říše, živočišná říše a taky nejrůznější mikroorganismy. Tudíž jsou to zdroje obnovitelné.

V technologii balení pokrmů se čím dál více používá skupina materiálů která má společnou vlastnost, a tou je poživatelnost. Do této skupiny patří obaly a povlaky na potraviny, které jsou založeny na bílkovinách, tucích a na cukrech. Jako poživatelný materiál ze syntetických polymerů můžu uvést polyvinylalkohol, který se aplikuje ve formě fólií nebo povlaků.

Jedlé filmy a povlaky můžeme definovat jako velmi tenké vrstvy materiálů, které jsou poživatelné a které jsou aplikovány na povrch potraviny. Tyto filmy a povlaky rozprostřené na povrchu potraviny v souvislé vrstvě mají za úkol bránit přímému styku potraviny s okolím. Konkrétně by měly zabraňovat propouštění plynů a vlhkosti. Měly by vylepšovat vzhled výrobku a taky i jeho celkovou pevnost a celistvost. Dále by měly zabraňovat mikroorganismům k pronikání do potraviny a oxidaci pokrmu. Jedlé pokrmy a povlaky mohou být použity i jako dochucovadla kdy můžou nahradit syntetický obal a potom můžou být potraviny i s obalem konzumovány.

Neměli bychom si plést pojmy filmy a povlaky, protože se nejedná o totéž. Povlak vzniká tak, že se rozpuštěná látka v podobě roztoku aplikuje přímo na potravinu. Aplikace je ve formě nástřiku, namáčení a nebo nanášení. Takto vzniklý povlak se zafixuje na potravinu většinou odpařením rozpouštědla a nebo se může pomocí tepla zesíťovat. V opačném případě můžeme vzniklý povlak zafixovat zamražením. Mezi takového povlaky můžeme zařadit i ledovou tříšť. Tato tříšť se aplikuje na čerstvě zpracované ryby, vytvoří jakýsi primitivní a velmi levný povlak, který zabraňuje znehodnocení polotovaru. Film vzniká tak že se pomocí extrudéru vytlačí folie a nebo se folie může odlévat. Takto vzniklé folie se potom na potravinu aplikují.

Obaly na bázi přírodních polymerů se stávají pro své komerční aplikace na obalování potravin díky surovinové dostupnosti stále žádanější. Velmi důležitým faktorem je i jejich poměrně snadná biodegrabilita. Díky těmto vlastnostem se v poslední době zintenzivňuje výzkum, vývoj a aplikace těchto poživatelných filmů. Zkoumají se hlavně aplikace proteinových obalů, polysacharidových obalů a lipidových obalů. Tyto filmy se mohou ještě modifikovat a tím zlepšit své funkční vlastnosti. Modifikace mohou být zaměřeny na plasticitu, na přilnavost, proti oxidaci na zesíťování a další užitkové vlastnosti filmů.

2.1 Proteinové obaly

2.1.1 Kolagenové obaly

Kolagen je základní stavební složka pojivových tkání. Tato bílkovina je ve vodě nerozpustná a může tvořit až 30% všech proteinů v tělech savců. Kolagen se vyskytuje ve formě vláken. Mezi první obaly na maso se již dávno používala zvířecí střívka, do kterých se dávala rozmělněná masová hmota. Tyto ryze přírodní střívka měly celou řadu nevýhod. Vykazovala nízkou mechanickou pevnost, nebyla vždy dostupná a ne vždy byla stejně kvalitní. Při tepelném zpracování praskala, propouštěla vlhkost a ztrácela aromatické šťávy. Nyní se používají ryze přírodní střívka jen v malém množství a to jen pro domácí aplikace (jaternice, jelita a jiné). Tyto střívka bývají z velké míry nahrazovány střívky vyrobenými z kolagenních vláken. Jedná se o párkové, klobásové nebo salámové střívka, která lépe ochrání masovou směs uvnitř při tepelném zpracování a nepraskají a udrží uvnitř aromatické šťávy. Kolagenní střívka nabízí tovarovou jednotnost a z hygienického hlediska jsou bezpečnější. V porovnání se

střívky zvířecími jsou tvrdší a taky při grilování praskají. Známí výrobci kolagenních střívek jsou firmy Dewro, Cutisin a Naturin.

Průmyslově se kolagenní střívka vyrábějí z podkožní škáry hovězího dobytka. První výroby takových střívek spadají do roku 1950. Celý proces začíná odchlupením usní kyselinou či zásadou, odvápněním podkožní škáry. Takto uvolněná škára se rozloží a okyselí. Vznikne roztok ve kterém je přítomna tuhá fáze až 5%. Takto vzniklý roztok se ještě zhomogenizuje a pomocí extrudéru se z něj vytlačí trubkovitý obal, kolagenní střívko. Takto vzniklé střívko ještě prochází srážecí solnou lázní a potom ještě lázní která střívko očistí. Přidají se plastifikátory, síťovací činidla a střívko se vysuší [18].

Kolagenní střívka se dají vyrábět koextruzí společně s mastným výrobkem. Kolagenní obal se vytlačuje zároveň s mastným dílem a tvoří jakýsi obal kolem tohoto díla. Společně prochází solnou lázní, kde se obal dehydruje. Poté se už jen mastné dílo dělí na požadované velikosti a následně se tepelně zpracovává (suší či udí). Tuto koextruzní technologii vyvinula firma Unilever.

Kolagenní povlaky dokáží výrazně snížit smršťování pokrmů během přípravy a ztrátu aromatických šťáv. Jako příklady zde můžeme zmínit hovězí pečeně či rybí filety. Při aplikacích na mletá masa či hranolky, výrazně snížíme obsah penetrujícího oleje do potraviny. Kolagenní povlaky nalezly své uplatnění i jako ochrana před vysycháním zeleniny a ovoce. Mohou zpomalit dozrávání , prodlužují trvanlivost a zlepšují vzhled.

2.1.2 Želatinové obaly

Želatina je protein, který je rozpustný ve vodě. Pro svoji unikátní vlastnost, tvorbu transparentních gelů, si vysloužila v řadě průmyslových odvětví značnou oblibu. Na celém světě se za rok vyprodukuje 200.000 tun želatiny. Želatina se získává částečnou hydrolýzou kolagenu v kyselém nebo zásaditém prostředí (odtud označení želatina typu A a B). Samotný proces hydrolýzy je v teplotním rozsahu od 40 do 90°C. Želatina je to významný hydrokoloid který má své využití v potravinářském průmyslu, fotografickém průmyslu, farmaceutickém průmyslu a v technických aplikacích [19].

Farmaceutický a potravinářský průmysl vyžadují vysoký stupeň čistoty želatiny. Samotnou želatinu tvoří 18 aminokyselin, ale neobsahuje aminokyselinu tryptofan

tak ji nemůžeme řadit do biologicky úplných proteinů. Ve farmaceutickém průmyslu se želatina používá především na výrobu kapslí, tablet a emulzí pro enkapsulaci. V potravinářském průmyslu nachází jedlá želatina stále větší uplatnění. Její používání je dnes již tak rozmanité, že není možno vyjmenovat všechny druhy výrobků, kde se zužitkuje. Jedlá želatina, viz Obr. 8., je vedle fotografických želatin jedním z nejkvalitnějších výrobků želatinářského průmyslu. Při její výrobě je nutno úzkostlivě dodržovat čistotu a provádět důkladnou kontrolu, aby nedošlo k hromadným onemocněním. Nesplnění zdravotních a hygienických podmínek bývá hlavním důvodem, že se velké množství jedlých želatin přeřazuje do želatin technických. Potravinářská želatina se vyrábí hlavně ze zvířecích kůží a také z kostí. Výroba se skládá z několika operací: extrakce, čištění, zahušťování, sušení, mletí, prosévání a balení. Má bílou až světle žlutou barvu a dodává se granulovaná nebo v prášku[20].

Želatinové povlaky se používají na polotovary z drůbežího masa. Aplikují se na povrch v podobě roztoku, do kterého se přidá antioxidant. Tímto se předchází k nežádoucí oxidaci a prodlužuje se doba trvanlivosti. Dále se vodný roztok želatiny aplikuje na párky či slaninu, kde po zaschnutí vytvoří ochranný povlak, který zabraňuje vzniku plísní. Dále se tento roztok může aplikovat na maso, které bude procházet tepelnou úpravou v horkém oleji, kde dokáže snížit absorpci oleje až o 50%. Další aplikace želatiny v potravinářství nalezneme jako čiřidla, pojidla, zahušťovadla, emulgátory, stabilizátory a adheziva.

Obr. 8. Jedlá želatina

2.1.3 Obaly z cereálních proteinů

Kukuřičný protein, zein. Je ve vodě nerozpustný a nachází se v kukuřičném endospermu. Ochranné povlaky na bázi kukuřičného zeinu se používají ke komerčním účelům jako povlaky na oříšky, cukrovinky na povlaky na rajčata a na pečené krůty. Po aplikacích tímto povlakem vykazují potraviny zvýšenou trvanlivost a krůtí maso během pečení neabsorbuje z větší míry nežádoucí tuky. Výroba zeinových filmů spočívá v rozpuštění práškového zeinu v roztoku ethanolu. Rozpouštění probíhá za zvýšené teploty a to až 85°C. Jako plastifikátory se používá glycerol. Plastifikátor nám zde pomůže zlepšit flexibilitu filmu. Pro zvýšení lesku filmu lze použít přídavku oleje (sójového či bavlníkového). Ke zlepšení mechanických vlastností se dá použít síťovadla. Zeinové filmy výborně odolávají opakovaným zmražením a rozmražením, tvoří bariéru proti O_2 a CO_2 a jsou biodegradabilní [21].

Pšeničný protein, gluten. Gluten se získává jako vedlejší produkt při výrobě pšeničného škrobu. Gluten se skládá z gluteninu a z gliandinu. Oba jsou ve vodě nerozpustné. Gluten tvoří filmy, které jsou transparentní, biodegradabilní, bariérové a hlavně poživatelné. V potravinářství se používají při výrobě slaných oříšků, při balení ovoce, zeleniny a sýrů. Při přípravě bramborových lupínků povlak z pšeničného glutenu zabraňuje sorpci oleje během smažení. Mohou se s nimi potahovat léčivé kapsle. Filmy se vyrábí buď kysele nebo bazicky za přídavku redukčního činidla. Během odpařování rozpouštědel se obnoví vodíkové vazby se sirnýma můstkama a ty podpoří vznik trojrozměrným strukturám. Během sušení vzdušným kyslíkem vzniknou –S–S– vazby, které sesíťují proteinové molekuly. Změnou teploty a pH se mění i vlastnosti výsledných filmů. Pšeničný gluten lze převést i do viskoelastického stavu když použijeme přídavek plastifikátoru. Jako plastifikátor může sloužit voda nebo glycerin. Pšeničný gluten lze taky použít jako přídavek do folií z methylcelulózy nebo hydroxymethylcelulózy a zvyšuje zde propustnost pro plyny [22].

2.1.4 Obaly ze sójového proteinu

Sója představuje celosvětově významnou olejninu. Sójový bob obsahuje až 55% bílkoviny. Tyto bílkoviny se po vylisování oleje a odstranění slupky použijí k výrobě odtučněné mouky. Sójový protein patří mezi nejkomplexnější rostlinné proteiny, protože obsahuje všechny nezbytné esenciální aminokyseliny. Filmy z tohoto proteinu se používají při výrobě vícevrstvých obalů, a taky se dají aplikovat na mastné

výrobky a polotovary. Uplatnění má i na smažené potraviny kde snižuje obsah absorbovaného tuku. Ze sójového proteinu se běžnými plastikářskými technologiemi dají vyrábět i plasty jako jsou nádobí či příbory na jednorázové použití. Filmy se připravují litím a následným vysušením rozpouštědla. Vlastnosti filmů ovlivňují plastifikátory a to zejména glycerol nebo glukóza. Dále lze vytlačovat folie, které jsou málo propustné pro O_2. Abychom zajistili lepší přilnavost ochranného filmu k ovoci přidává se menší množství lipidů. Filmy mají schopnost síťovat při teplotě nad 60°C v alkalickém prostředí. Jako síťovadla se používají formaldehyd, ten ale v menší míře protože je toxický a hlavně dialdehyd škrobu. Filmy ze sójového proteinu začaly být připravovány tradičně ve východní Asii. V Japonsku jsou tyto filmy známé pod názvem Yuba a používají se k povlakování masa a zeleniny. Obaly ze sójových proteinů vykazují nižší odolnost při rozpouštění ve vodě než filmy zeinového či glutenového charakteru [23].

2.1.5 Obaly z proteinů mléka

V mléce jsou obsaženy dvě bílkovinové složky. Kasein (80%) a syrovátka (20%). Kasein se získává sladkým (přidáním síranu hořečnatého a teplotě 30°C) a bazickým způsobem (upravením pH na 4,6 a teploty na 30°C). Kaseinové filmy se připravují litím a nebo extruzí. Funkční vlastnosti filmů lze ovlivnit plastifikátory nebo síťovadly. Jako síťovadla se používají především enzymy (transglutaminázy). Kasein je dobře rozpustný ve vodě a proto našel uplatnění při výrobě vodorozpustných sáčků. Filmy se používají na ochranu zeleniny, ovoce, ale taky na povlaky na čokoládu a na pekárenské výrobky. Dokonce byly připraveny ochranné jedlé povlaky z kaseinu na párky a uzeniny [24]. Kaseinové filmy se používají i jako mikroenkapsulační materiál nebo taky se používají při výrobě vícevrstvých obalů.

Syrovátka zůstává v mléce po vysrážení kaseinu. Vykazuje globulární charakter a je rozpustná při pH 4,6. Při výrobě filmů musí syrovátka projít tepelnou denaturací aby bylo možné připravit ve vodě rozpustné filmy. Přídavkem změkčovadla, glycerolu, můžeme modifikovat vlastnosti filmu a to flexibilitu a transparentnost. Syrovátkové povlaky vykazují vysoký potenciál proti oxidaci pražených arašídů [25]. Další aplikace syrovátkových obalů jsou povlaky na mražená kuřata a ryby, speciálně na zmražené lososy.

2.1.6 Vaječný bílek

Vaječná bílkovina albumin, je komplex proteinových systémů ovalbuminu,ovotransferinu, ovomucoidu, lysozymu, globulinu a ovomucinu. Filmy vznikají denaturací vysušeného vaječného bílku rozpuštěného v alkalickém roztoku. Do vodného roztoku roztoku s pH 10,5-11,8 se přidá vaječný bílek, plastifikátor (glycerol nebo polyethylenglykol) a silikonový olej, který zabrání nežádoucímu pěnění. Roztok se zahřeje na 40°C a zhomogenizuje. Roztok se vylije na hladkou plochu a odpaří se rozpouštědlo. Při vyšších teplotách sušení vzniká trojrozměrná síť díky –S–S– vazbám. Síťování těchto filmů lze provádět chemicky, fyzikálně ale i enzymaticky. Roztoky s aditivy se mohou nanášet přímo na potraviny. Takto lze ošetřit rozinky, cereálie šunky a sýry [26].

2.1.7 Keratinové filmy

Keratin je ve vodě nerozpustná bílkovina vláknitého charakteru. Od ostatních proteinů se odlišuje vysokým obsahem cysteinu. Keratin se získává z odpadů mastného a koželužného odpadu (rohy, peří, kopyta, srst a další). Ve vlákně vlny tvoří keratin až 60% hmotnosti. Filmy se připravují z redukovaných keratinů. U těch se musí rozložit disulfidická vazba a vodíkové můstky. K tomuto účelu se používá merkaptoethanol. Jako vhodné prostředí se používá močovina a taky celý proces probíhá za zvýšené teploty a to 80°C. Samotná výroba filmu spočívá v tom, že se do roztoku redukovaného kreatinu přidá plastifikátor (glycerin) a roztok se nalije na hladkou desku kde se vysuší. Po vysušení je film transparentní, hladký a vykazuje hustou síť. Hydrolyzáty keratinu mají využití jako ochranné povlaky na maso, drůbež a na ryby. Jsou vhodné pro enkapsulaci olejů, tuků, ochucovadel a léčiv. Keratinové filmy se ve vařící vodě mají tendenci smršťovat a jsou biologicky rozložitelné [20].

2.1.8 Filmy z myofibrilárních proteinů

Myofibrilární proteiny se vyskytují v mase a tvoří hlavní část svalů. Tvoří je dvě hlaví složky, myosin a aktin. Filmy se připravují z alkalických roztoků po izolaci masa. Tyto filmy nejsou rozpustné ve vodě, jsou transparentní ale mají slabý nádech masa či rybiny. Používají se k povlakování masa kde zlepšují pevnost polotovaru.

2.1.9 Další proteinové filmy

Protein burských oříšků, jeho filmy jsou méně lepivé a používají se jako obalový materiál v potravinářském průmyslu.

Protein rýže, jeho filmy se připravují kyselou a zásaditou cestou a vykazují vysokou propustnost pro vodní páry.

Protein hrachu, izolování jeho bílkovin probíhá kyselou i alkalickou cestou, hrách je levná surovina a bohatá na vitamin A, síťování formaldehyden sníží rozpustnost ve vodě ale na druhou stranu formaldehyd patří mezi toxické látky.

Protein pistácií, nejprve se extrahuje, potom bělí a nakonec se musí vysrážet. Jako plastifikátor se užívá polyethylenglykol . Filmy vykazují vysokou propustnost pro vodní páry .

2.2 Polysacharidové obaly

Do polysacharidů řadíme algináty, celulózu a její deriváy, škrob a jeho deriváty, chitin, pektiny a další. Díky společné vlastnosti, filmotvornosti nachází řada polysacharidových filmů uplatnění nejen v potravinářství jako ochranné filmy pro potraviny ale i v dalších průmyslových odvětvích.

2.2.1 Alginátové filmy a povlaky

Algináty patří mezi hydrokoloidy, tj. vysokomolekulární látky charakterizované schopností pevně a stabilně vázat značná množství vody (až stonásobek vlastní hmotnosti). Algináty jsou soli kyseliny alginové, které se nacházejí v hnědých mořských řasách čeledi Phaeophyceae, rostoucích při pobřeží Atlantiku. Používají se zejména ve výrobě pekařských a cukrářských výrobků jako stabilizátory disperzí ve zmrzlině nebo zahušťovadla náplní do pečiva. Zejména ale slouží k přípravě gelů, které mají vysokou stabilitu a to i při teplotách pečení. Aplikují se buď ve směsi se suchými složkami nebo v plně hydratované formě do těsta i k povrchovému zdobení výrobků [27].

Aplikace alginátových ochranných povlaků našly uplatnění při ošetření masa a mořských plodů. Proces povlakování má dva kroky. Nejprve se aplikují na povrch potraviny vodné roztoky sodných algginátů pomocí namáčení nebo sprejování. Potom

se provede ošetření povrchu potraviny roztokem vápenatých solí a to zapříčiní fixaci ochranného povlaku k potravině. Vápenatý alginátový povlak snižuje ztráty vlhkosti.

V letech 1970 se začal pod obchodním názvem Flavor-Tex používat ochranný povlak na hovězí maso. Povlakování mělo opět dva kroky. V prvním kroku se na maso aplikovaly sodné algináty s maltodextrinem a ve druhém kroku se aplikovala vrstva chloridu vápenatého s karboxymethylcelulózou. Hovězí maso bylo skladováno při teplotě 5°C a ochranný povlak snížil ztrátu vlhkosti ale zato z mikrobiálního hlediska povrch vzorku se podobal výsledkům neošetřeného masa [28].

Jako aktivní balící aplikace se ve vápenato-alginátových povlacích povlacích začaly používat mléčné a octové kyseliny, které výrazně zredukovaly výskyt kultur Listeria monocytogenes kontaminujících maso při teplotě 5°C než u vzorků kde byly použity pouze algináty [29].

2.2.2 Škrobové filmy a povlaky

Škrob se skládá ze 75% amylopektinu a ze 20% amylózy. Na povlaky má filmotvorné vlastnosti především amylóza, která má lineární řetězce glukózových jednotek. Amylózové filmy jsou odolné vůči slabším kyselinám a zásadám, tukům a organickým rozpouštědlům. Amylopektin snižuje mechanické vlastnosti filmu. Amylózové folie se dají kromě lití taky připravit vytlačováním. Jako změkčovadlo se užívá glycerol s menším množstvím vody. Takto vzniklé fólie lze tepelně spájet asi při 120°C ale nejedná se v pravém smyslu o termoplasty. V roce 1950 se začaly vyrábět první transparentní amylózové filmy kdy se používalo vodného prostředí s butanolem. Extruze amylózových filmů s vyšším obsahem amylózy se začaly vyrábět kolem roku 1960, nesly komerční název Ediflex a používaly se na zmražené potraviny (jahody). Zabraňovaly ztrátám vlhkosti, vykazovaly stálost a pevnost [30].

Obaly vyrobené z amylózy jsou biodegradabilní a jsou rozpustné ve studené i v horké vodě. Kromě využití v potravinářském průmyslu se používají i do dětských plen.

2.2.3 Chitin

Chitin produkují hmyz a korýši. Vyskytuje se i v houbách. Filmy se vyrábí z deacetylovaného derivátu chitinu, chitosanu. Na chitosan se působí alkalicky, nejčastě-

ji NaOH nebo KOH a při zvýšené teplotě kolem 100°C. Filmy z chitosanu jsou bez chutě a zápachu a navíc jsou biodegradabilní.

Chitosanové ochranné povlaky mají antimikrobiální vlastnosti a zabraňují kažení potraviny mikroorganismy. Konkrétní aplikace jsou jako povlaky na garnáty [31]. Další využití mají jako povlaky na zeleninu, konkrétně na sladkou papriku a na okurky.

2.2.4 Pektiny

Pektiny se nachází ve slupkách citrusových plodů nebo jablek. Patří mezi heteropolysacharidy. Aplikace pektinových povlaků jsou v potravinářském průmyslu při ošetřování olejnatých nebo lepivých pokrmů, jako jsou oříšky a kandované ovoce.

2.2.5 Carrageenan

Carrageenan je sulfátový polysacharid který se získává z červených mořských řas (Puchratka kadeřavá). Extrakce carrageenu probíhá za pomocí mírně alkalické vařící vody. Po ochlazení vznikne gel. Povlaky se používají na zmrazené a chlazené potraviny. Ochranné obaly z carrageenanu se používají k prodloužení trvanlivosti masa a ryb. Přídavkem KCl nebo NaCl se prodlouží životnost povlakovaných potravin [32].

2.2.6 Celulóza a její deriváty

Obaly z celulózy jsou nestravitelné, tak pro výrobu filmů či ochranných povlaků se používají deriváty celulózy. Tyto deriváty lze rozdělit do dvou hlavních skupin podle svého vzniku. Na estery a étery celulózy. Estery nemají tak široké uplatnění v obalové technice jako étery. Mezi étery celulozy patří: methylcelulóza, hydroxypropylcelulóza, hydroxypropyl-methylcelulóza, karboxymethylcelulóza a ethylcelulóza. Kromě ethylcelulózy jsou všechny ve vodě rozpustné. Filmy se dají vyrobit z vodných roztoků za přítomnosti alkoholů. Pro lepší vlastnosti filmů se přidávají plastifikátory. Filmy vykazují transparentnost a dobrou adhezi. Methylcelulóza a hydroxypropyl-methylcelulóza se používají jako ochranné obaly, které snižují absorbci tuku během fritování a používají se na jídla obalená strouhankou. Masové kuličky připravené z kuřecích prs, po ošetření hydroxypropyl-methylcelulózou absorbovaly během fritování o 33,7% tuku méně než vzorky neošetřené [33].

2.3 Lipidové a pryskyřicové obaly

2.3.1 Acetylované glyceridy

Acetylované glyceridy se získávají reakcí octových anhydridů s glyceridy. Tyto reakce jsou katalyzované tuky nebo oleji s triacetiny. Ochranné povlaky z destilovaných acetylátových monoglyceridů se začaly poprve používat v 70. letech 20. století. Acetylované monosacharidy s obchodním názvem Myvacet, našly konkrétní uplatnění při ošetřování lososovitých ryb, kdy za podmínek skladování –23°C výrazně zpožďují prvotní oxidace tuků [34]. Nevýhody ochranných povlaků z acetylovaných monoglyceridů jsou že jsou vysoce nasákavé pro acetylované glyceridy a ty způsobují, že povlaky jsou hořké, mají kyselou pachuť a loupou se, nebo praskají.

2.3.2 Vosky

Vosky se k povlakování potravin používají jak přírodní tak syntetické. Mezi přírodní vosky patří včelí vosk nebo vosk z karnaubové palmy a do syntetických vosků řadíme oxidovaný polyethylen. Příklady komerčních názvů některých vosků: Primafresh 31 a Apple-Britex 559 (karnaubová palma), Fresh Wax 625 (oxidovaný polyethylen) a Shold-Brite PR-190 (přírodní vosk) [35]. Povlaky z vosků se aplikují na čerstvé, rychle se kazící potraviny. Způsoby aplikace jsou nanášení, máčení a sprejování. Vosky vytvoří na povrchu potraviny jakousi tenkou kůžičku, která zabraňuje ztrátám vlhkosti a výrazně zlepšuje senzorické vlastnosti potraviny a to zejména lesk. Voskové filmy umožňují i dýchání potraviny, a tak se používají především na ovoce a na zeleninu. Dokáží zpomalit dozrávání plodů, což hraje důležitou úlohu při dopravě na velké vzdálenosti. Dále se vosky používají na zmražené masové polotovary ale taky i při výrobě cukrovinek.

2.3.3 Pryskyřice

Jako pryskyřice označujeme kyselé substance, které uvolňují některé stromy a keře po narušení jejich povrchu. Šelaková pryskyřice je výměšek červce lakového. Je to komerčně využívaná pryskyřice živočišného původu. Aplikace šelakových pryskyřic je především při výrobě cukrovinek, dále při aplikacích na oříšky ve skořábce a taky na povlaky na multivitamínové tablety. Kromě šelaku jsou v potravinářském průmyslu používány ještě další pryskyřice na přípravu povlaků. Jsou to kumaronové pryskyřice a dřevní kalafuna [36].

2.4 Využití amarantu na filmy a povlaky

Amarant nemůžeme jednoznačně zařadit mezi zdroje proteinových či polysacharidových obalů, protože obsahuje obě složky z nichž lze vyrábět kvalitní filmy a povlaky. Botanici znají šedesát druhů rostlin Amaranthus a řadí je mezi nepravé obilniny. Nejhojněji se však využívá druh Amaranthus hypochondriacus. Česky ji můžeme znát pod jménem laskavec. Dříve tato plodina byla hojně pěstována Aztéky a Inky. Plodina je nenáročná a dokáže růst jak ve vyšších tak i v nižších nadmořských výškách a sklízet se dá 2 až 3krát do roka. Z této plodiny se zužitkovává především zrno, které je nenáročné na skladování, ale taky i listy [37]. Amarantové zrno má velmi malé rozměry, v průměru 1 až 1,5 mm, malou váhu (1000 semen na g), barvy od bělavé do béžové, hnědavé až černé. Mimořádný zájem o amarant pramení především z vysoké nutriční hodnoty jeho semen i listů. Z dietetického hlediska je významný vysoký podíl kvalitních bílkovin v semenech a dobrá skladba aminokyselin. Unikátní je zastoupení lysinu, leucinu a tryptofanu, které jsou v bílkovinách obilnin zastoupeny v menší míře. Bílkovina amarantu je tím proto podobná bílkovině živočišné [38]. Rozemletím zrn na prášek získáme amarantovou mouku, která je bohatá na bílkoviny a na škrob. Ty lze pomocí vhodných metod extrahovat a následně využít. Samotná mouka se může použít na přípravu pokrmů a navíc je vhodná pro konzumenty, kteří dodržují bezlepkovou dietu. Vláknina z listů působí jako prevence proti střevním nemocem. Dále se aplikuje amarantové zrno či mouka do krmných směsí zvířat, nejčastěji brojlerů a tím se zajistí kvalitnější příjem nutričních hodnot. Z amarantových proteinů je možno vyrábět i gely [39-41].

Obr. 9 Amarant, nebo taky laskavec

3 POKRMOVÉ TUKY

Tuky představují jednu ze základních složek potravy člověka. Jsou součástí hormonů, pomáhají organismu udržovat teplotu a chránit důležité orgány. Obsahují vitamíny A, D, E, K a jejich příjem by měl být 20-35% z denní přijaté energie. Tuky a oleje jsou jak rostlinného tak i živočišného původu. Tuky, nebo taky lipidy spojuje hlavní znak, a to, že obsahují mastné kyseliny které mají 4 až 30 atomů uhlíku. Mastné kyseliny nasycené obsahují v řetězci nasycené vazby, jsou méně reaktivní a mezi jejich vlastnosti patří vyšší body tání a tuhnutí. Nenasycené mastné kyseliny mají ve svém řetězci nenasycené dvojné vazby (–CH=CH–) a to jednu či více. Dále mastné kyseliny můžeme rozdělit podle počtu dvojných vazeb na monoenové nebo polyenové. Mezi vlastnosti nenasycených mastných kyselin řadíme nízký bod tání. Tyto kyseliny jsou velmi náchylné k oxidacím na vzdušném kyslíku což způsobuje nežádoucí žluknutí.

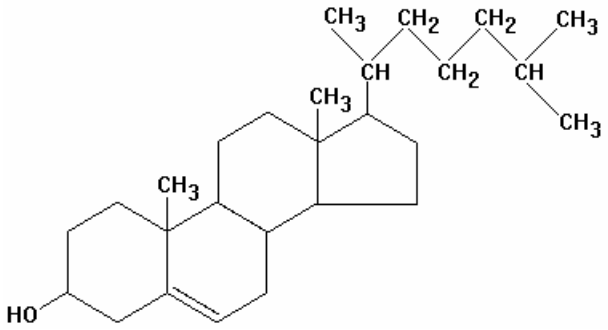
3.1 Rozdělení lipidů podle chemického složení

Homolipidy: estery mastných kyselin a alkoholů

a) Vosky, tj. estery mastných kyselin s jednofunkčními alkoholy, buď alifatické řady, neboli ceridy, nebo s alifatickými alkoholy (steroly viz Obr. 10.), neboli steridy.
b) Oleje a tuky, tj. estery mastných kyselin s glycerolem, neboli triacylglyceroly. Parciální estery mastných kyselin s glycerolem (mono- a diacylglyceroly) nelze charakterizovat jako oleje a tuky ve smyslu užití ale jako neinogenní typy tenzidů.

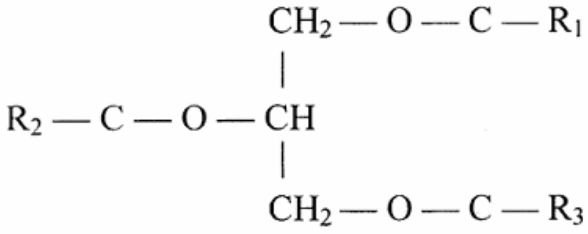
Heterolipidy: sloučeniny, jež obsahují mimo mastných kyselin a alkoholů ještě další složku, např. fosfor, dusík apod. Nejvýznamnější jsou fosfolipidy a lipamidy.

Komplexní lipidy: sloučeniny, v nichž jsou fyzikálními, případně kovalentními vazbami vázané nelipidové složky. Nejvýznamnější jsou lipoproteidy [42].



Obr. 10. Molekula cholesterolu

V České republice se nejvíce využívá na výrobu olejů řepka olejná, slunečnice a sója. Způsoby výroby olejů jsou lisování a extrakce, ale nejvíce se užívá jejich kombinace. Z olejnatých semen po získání oleje se dále po následných úpravách získávají výlisky (pokrutiny a extrahovatelné šroty), které slouží jako krmné směsi pro dobytek. Díky takřka 100% zpracování a využití olejnatých semen, patří tyto rostliny k hojně pěstovaným a průmyslově využívaným přírodním zdrojem. Využití rostlinných tuků je hlavně v potravinářském průmyslu na přípravu pokrmů, smažení, fritování a další. Z živočišné říše se tuky získávají fyzikálně a chemicky z tkání zvířat. Tavení sádla a stloukání másla. Obsah tuku u jednotlivých zvířat je různý a v těle zvířete je navíc rozložen nestejnoměrně. Tuky u zvířat tvoří nejvíce triacylglyceroly, viz Obr. 11. Mezi významné produkty řadíme vepřové sádlo které našlo uplatnění v potravinářství při výrobě pokrmů a při smažení. Podíl nasycených a nenasycených monoenových a polyenových mastných kyselin v jednotlivých druzích tuku je zaznamenán v Tabulce 2. [43].



Obr. 11. Molekula triacylglycerolu, kde R představuje navázaný substituent

Rozdělení pokrmových tuků:

a) Oleje a tuky rostlinného původu

Patří zde tuky a oleje dle skupin jednotlivých rostlin dle původu.

b) Tuky a oleje živočišného původu

Řadíme zde škvařená sádla, tavené loje, tuky a oleje dle skupiny živočišného původu.

c) Ztužené tuky

Získává se z rostlinných či živočišných tuků a olejů ztužováním. Během procesu ztužování se struktura kapalná mění na pevnou.

d) Pokrmové tuky

Řadíme zde tuky a oleje po ztužení nebo taky přeesterifikované tuky a oleje. Neobsahují vodnou fázi a rozdělují se podle konzistence.

e) Emulgované tuky

Emulze se skládá z vody a tuku. Patří zde přeesterifikované tuky a oleje nebo jedlé tuky a oleje.

Tabulka 2. Podíl nasycených a nenasycených kyselin v jednotlivých druzích tuku.

Druh tuku	Mastné kyseliny [%]		
	nasycené	monoenové	polyenové
vepřové sádlo	25-70	37-68	4-18
hovězí lůj	47-86	40-60	1-5
kuřecí sádlo	27-30	42-47	20-24
mléčný tuk	53-72	26-42	2-6
tuk kapra	22-25	46-50	23-28
kakaové máslo	58-65	33-36	2-4
olivový olej	8-26	54-87	4-22
sójový olej	14-20	18-26	55-68
řepkový olej	5-10	52-76	22-40

3.2 Využití tuků

V poslední době nabývá na významu využití tuků a olejů na tzv. oleochemické účely. Štěpením tuků a následnými reakcemi se získávají mastné kyseliny, estery mastných kyselin, mastné alkoholy, glycerol a původní triacylglyceroly. Tyto látky se používají v řadě průmyslových oborů, třeba při přípravě a výrobě povrchově aktivních látek, do kterých řadíme mýdla a tenzidy [44].

3.3 Skladování tuků a olejů

Tuky a oleje se musí skladovat a přepravovat tak, aby nedocházelo ke kontaktu se slunečním zářením a taky k nadměrnému kontaktu se vzdušným kyslíkem. Vyhláška státní potravinářské a zemědělské inspekce č. 77/2003 stanovuje požadavky pro mléko a mléčné výrobky, mražené krémy a jedlé tuky a oleje, kde se mimo jejich rozdělení definují i podmínky pro jejich skladování.

Skladovací teplota by měla být jiná u tuků rostlinných než u tuků živočišných. U rostlinných tuků či olejů se doporučuje teplota 20°C a u tuků či olejů živočišného původu by měla teplota být 15°C. Ztužené a pokrmové tuky bychom měli skladovat do teploty 20°C. Při nedodrženích těchto podmínek dochází ke žluknutí tuků a tím i jejich znehodnocení.

Žluknutí (též oxidace tuků) je proces oxidace dvojných vazeb nenasycených mastných kyselin vzdušným kyslíkem, obsažených především v tucích a jiných lipidech. Výsledkem tohoto procesu jsou nežádoucí produkty, zejména aldehydy a ketony, které negativně mění jak zdravotní působení, tak i chuťový projev a vůni potravin obsahujících nenasycené mastné kyseliny. Následkem je částečné nebo úplné znehodnocení potraviny [45].

Příklad oxidace dvojných vazeb nenasycených mastných kyselin:

$R_1–CH=CH–R_2 + O_2 \rightarrow R_1–CHO–CHO–R_2$

Abychom předešli těmto jevům, je zapotřebí zvolit vhodný obal. Je známo že především tuky a hlavně másla přejímají z okolí pachy, které ovlivňují negativně jejich chuťové vlastnosti. Obaly hlavně na másla by měly být dobře odolné vůči mastnotě a taky musí navíc poskytovat dostatečnou ochranu proti vodním parám, které by způsobovaly dehydrogenaci výrobku [46].

Obalová fólie na máslo Engholm na Obr. 12. sestává z hliníkové fólie laminované speciálním tuku odolným papírem, jejichž spojení je provedeno laminačním voskem. Hliníková fólie je nepropustná pro světelné záření a vzduch, které způsobují oxidaci tuků a olejů. Vrstva speciálního papíru zabraňuje pronikání tuků z baleného výrobku. Tento typ papíru má speciální bariérové vlastnosti, je odolný vůči agresivnímu prostředí a lze jej použít pro balení másla a margarínů s různým poměrem obsahu živočišných a rostlinných tuků [47]. Tento obal získal jedno z ocenění Obal roku.

Obr. 12. Obal na máslo Engholm

Antimikrobiální balení potravin obsahuje aktivní koncept jak balit potraviny aby byly co nejdéle chráněny před kontaminací mikroorganismy. Tyto procesy jsou technologicky náročné a používá se zde více než jeden materiál kterým se potravina balí. Používají se i aktivní látky, které pomáhají zabraňovat šíření a množení mikroorganismů [48]. Potraviny se dají balit i vakuově nebo se atmosféra mezi potravinou a obalem vyplňuje plynem, který potlačuje mikrobiální procesy [49].

II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 SEZNAM POUŽITÝCH PŘÍSTROJŮ A CHEMIKÁLIÍ

- Elektronické analytické váhy KERN 770
- Elektronické předvážky KERN 440-33
- Vodní lázeň GFL 1003
- Hřídelové míchadlo LM 4
- Sušárna MEMMERT UPL 400
- Míchadlo s ohřevem LAVAT MM 4
- Vodní lázeň s míchadlem IKA LABORATORTECHNIK RCT BASIC
- pH metr WTW pH 526
- Lednice SAMSUNG CALEX C 180
- Spektrofotometr Helios ε (Thermo Spectronic)
- Odstředivka EBA 20 (Hettich zentrifugen)
- TA Instruments Differential Scanning Calorimeter DSC 2010
- TA Instruments TGA Q 500

- Enzym BAN 480 L (α-amylása) (Novozymes A/S, Dánsko)
- Enzym AMG 300 L (glukoamylása) (Novozymes A/S, Dánsko)
- Enzym CELLUCLAST 1,51 FG (celulása) (Novozymes A/S, Dánsko)

- Glycerin, lecitin, kyselina askorbová, škrob (Sigma-Aldrich), chloroform, kyselina octová (ledová), jodid draselný, thiosíran sodný, etanol (96 %), dietyléter (95 %), hydroxid draselný, fenolftalein, isooktan (2,2,4-trimetylpentan), p- anisidin.

- 250 ml Erlenmayerovy baňky se zábrusovými zátkami
- Odměrné válce na 5, 50, 100 a 1000 ml
- Pipety na 1, 5, 10, 20 a 50 ml
- Nálevky
- 25, 50, 500 a 1000 ml odměrné baňky
- Plastové zkumavky s pryžovými zátkami

5 POSTUP PRÁCE A METODY

5.1 Příprava hydrolyzátu

5.1.1 Amarantová mouka

Škrobovo-proteinový hydrolyzát byl vyroben z amarantové mouky, kterou dodala firma AMR AMARANTH a.s. (Hradec Králové, Česká republika). Po laboratorní expertíze byly zjištěny následující hodnoty jednotlivých parametrů amarantové mouky, které jsou zaznamenány v Tabulce 3.

Tabulka 3. Složení amarantové mouky

Parametr	Hodnota (%)
Sušina	88,14
Popel v sušině	1,75
Celkový dusík (podle Kjeldahla) v sušině	2,82
Hrubé bílkoviny (dusík x 5,70) v sušině	16,07
Tuk v sušině	9,81
Škrob v sušině	65,79
Vláknina v sušině	4,85

Sušina se stanovila tak, že se ve skleněné vážence při teplotě 103±2 °C vysušila navážka vzorku amarantové mouky a po vychlazení na pokojovou teplotu byla zvážena a byla vypočtena hodnota sušiny. Popel se stanovoval zpopelněním amarantové mouky v keramickém kelímku nad plynovým kahanem a následném žíhání při teplotě 600 °C. Po vychlazení se vypočetl obsah popela. Obsah dusíku podle Kjeldahla byl stanoven tak, že se navážka amarantové mouky mineralizovala 30 min při teplotě 440 °C za přídavku katalyzátoru a kyseliny sírové. Látky dusíkatého původu byly převedeny na síran amonný. V alkalickém prostředí se ze síranu amonného uvolní amoniak, který se předestiluje vodní parou a následuje titrační stanovení. Obsah hrubých bílkovin se stanovuje tak že se výsledný obsah dusíku dle Kjeldahla vynásobí přepočítacím faktorem 5,7 [50]. Stanovení tuku v sušině se provedlo vyextrahováním navážky amarantové mouky v extrakčním přístroji podle Soxhleta. Extrakce byla prováděna n-hexanem po dobu 4 hodiny. Následovalo oddestilování rozpouštědla a vysušení baňky při 103±2 °C po dobu asi 1 hodiny. Baňka byla zchlazena a obsah tuky byl stanoven gravimetricky. Obsah škrobu byl stanoven dle normy ČSN 56 0512-16 [51]. Stanovení

vlákniny v sušině spočívalo v odštěpení doprovodných látek Odštěpení probíhalo pomocí hydrolýzy v kyselém a zásaditém prostředí. Nejprve po dobu 90 min se vzorek hydrolyzoval v 1,25 % kyselině sírové a po promytí nerozloženého tuhého podílu následovala hydrolýza v 1,25 % hydroxidu draselném po dobu 90 min. Nerozložený zbytek po hydrolýze se promyl vodou a sušil se při teplotě 103±2 °C po dobu 6 hodin. Po uplynutí této doby se vysušený hydrolyzovaný vzorek zvážil a stanovil se obsah vlákniny [52].

5.1.2 Škrobovo-proteinový hydrolyzát

Při přípravě škrobovo-proteinového hydrolyzátu z amarantové mouky se postupovalo podle postupu, který byl již dříve navržen [53] a u kterého se provedla modifikace při separaci tuhé a kapalné fáze. Na enzymové odbourávání polysacharidů byla použita směs enzymů BAN 480:AMG300L:CELLUCLAST v objemovém poměru 4:3:3 v množství 5 l .1000 kg^{-1} sušiny mouky. Byl připraven zásobní roztok enzymů tak, že se do 50 ml odměrné baňky odpipetovalo 2 ml enzymu BAN 480, 1,5 ml enzymu AMG 300 a 1,5 ml enzymu CELLUCLAST a baňka se doplnila destilovanou vodou po rysku a dobře promíchala. V případě 65 g sušiny mouky se pak dávkovalo 3,25 ml zásobního roztoku enzymů.

Do 500 ml kádinky se navážilo 65 g sušiny amarantové mouky a přidalo se 300 ml destilované vody o teplotě 22±2 °C. Obsah kádinky se pomocí skleněné tyčinky dobře promíchal a kvantitativně se převedl do 2000 ml varné baňky, kam se následovně přidalo 1000 ml destilované vody o teplotě 22±2 °C. Varná baňka se umístila na velkou vodní lázeň, kde se nastavilo zahřívání rychlostí 1,5 °C.min^{-1} a konečná teplota 80 °C. Na baňku se připevnilo hřídelové míchadlo s nastavenou rychlostí 600 ot.min^{-1} a celá aparatura se uvedla do provozu. Po dosažení teploty 80 °C za 51±3 min se míchadlo zastavilo a do varné baňky se ze zásobního roztoku enzymů odpipetovalo 3,25 ml. Po přidání enzymů se opět míchadlo zapnulo a směs se míchala při 80 °C dalších 5 minut, kdy během této doby podle optimalizovaného postupu dochází k hlavnímu enzymatickému odbourávání polysacharidů amarantové mouky. Po uplynutí této doby se odpojilo míchadlo, varná baňka se vytáhla z velké vodní lázně a na gumovém kruhu se umístila do výlevky, kde se pod proudem studené vody obsah baňky zchladil na pokojovou teplotu 22±2 °C. Po zchlazení se obsah baňky přefiltroval nejprve přes 4x složenou PAD tkaninu a poté znovu přes 8x složenou PAD tkaninu

aby se filtrát zbavil drobných částeček. Po druhé filtraci se změřil objem filtrátu (hydrolyzát) a filtrační koláč (tuhá fáze-TF) se dal na Petriho misku a nechal se vysušit při 103±2 °C a po ochlazení se TF zvážila. Průměrný objem KF byl 1200 ml. KF se stejnoměrně se rozlila do tří 500 ml kádinek a dále se upravovala.

Bilance TF

Vstup:

65 g mouky (sušina) Škrob = 68,79 % … 42,76 g

Dusík = 2,82 % … 1,83 g

Popel = 1,75 % … 1,14 g

Výstupy:

1. Sušina TF = 23 g
2. Sušina KF = 42 g

Bilance sušiny: 42 + 23 = 65 g

Analýzou tuhého podílu bylo zjištěno, že obsah škrobu je 32 %, což odpovídá 7,36 g; obsah dusíku je 5,37 % což je 1,24 g; obsah popelu 4,53 % což je 1,04 g.

Kapalný podíl byl již jen dopočten:

Škrob: 42,76 g (vstup) 7,36 g (TF) … 35,4 (KF)

Dusík: 1,83 g (vstup) 1,24 g (TF) … 0,59 g (KF)

Popel: 1,14 g (vstup) 1,04 g (TF) … není žádný

Výpočet účinnosti optimalizovaného postupu ztekucení škrobu:

42,76 g (vstup) … 100 %

35,4 g (KF) … x %

x = 82,79 %

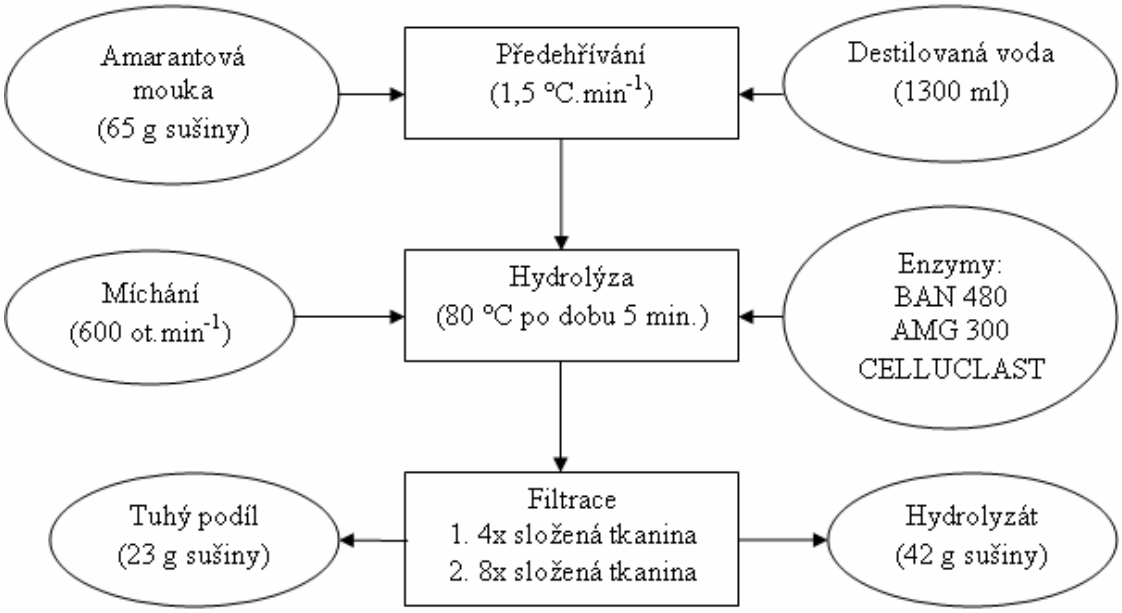
Výpočet množství ztekucených bílkovin optimalizovaným způsobem:

1,83 g (vstup) … 100 %

0,59 g (KF) … x %

x = 32,24 %

Při optimalizovaném způsobu přípravy škrobovo-proteinového hydrolyzátu z amarantové mouky dochází ke konverzi rozpuštěného škrobu z 82,79 % a taky dochází k 32,24 % konverzi bílkovin. Vypočtené údaje se vždy vztahují k celkovému množství škrobu a bílkovin v naváženém množství amarantové mouky.



Obr. 13. Schéma přípravy hydrolyzátu z amarantové mouky

Zahuštění škrobovo-proteinového hydrolyzátu

Na pokrmové tuky byly vyzkoušeny 3 typy povlakovacích roztoků o koncentraci sušiny 50 % (w/v). Hydrolyzát se zahustil z původních 1200 ml na 84 ml. Zahušťování probíhalo na vyhřívaných magnetických míchadlech při teplotě 78 °C za stálého míchání takto:

Zahuštění roztoku s přídavkem 30 % glycerinu a 3 % lecitinu

Glycerin byl přidán do povlakovacího roztoku jako plastifikátor (zlepšení flexibility) a lecitin jako emulgátor (ke zlepšení adheze povlaků na tuk). Glycerin a lecitin se dávkovali na hmotnost sušiny. Postup práce byl následující. Hydrolyzát se rozlil do tří 500 ml kádinek. Do první se předem navážilo 12,37 g glycerinu, do druhé kádinky se navážilo 1,24 g lecitinu a třetí 500 ml kádinka zůstala prázdná. Kádinky se umístily na vyhřívané magnetické míchadla o teplotě 78 °C a za stálého míchání se hydrolyzáty zahušťovaly. Po zahuštění hydrolyzátu na celkový objem 100 ml se tyto

slily do jedné kádinky a upravilo se pH na 10 přídavkem 2,5 ml 5N NaOH, aby došlo k dokonalému rozpuštění lecitinu. Poté se roztok zahustil na požadovaných 84 ml.

Obr. 14. Zahuštěný škrobovo-proteinový hydrolyzát

Zahuštění roztoku obsahující 30 % glycerinu, 3 % lecitinu a 2 % kyseliny askorbové

Postup přípravy tohoto povlakovacího roztoku byl stejný, jako v předchozím případě, s tím rozdílem, že se zahuštěný roztok (84 ml) nechal zchladnout na 40 °C a bylo přidáno 2 % kyseliny askorbové (na navážku sušiny), zahuštěný roztok se míchal dalších 5 minut. Kyselina askorbová byla v tomto případě použita jako antioxidant.

Zahuštění roztoku obsahující 30 % glycerinu, 3 % lecitinu, 2 % kyseliny askorbové a 2 % dialdehydu škrobu

Postup přípravy tohoto povlakovacího roztoku byl stejný, jako v předchozím případě, s tím rozdílem, že po zahuštění roztoku hydrolyzátu na 90 ml se přidalo 2 % dialdehydu škrobu (na navážku sušiny) a v zahušťování se pokračovalo na objem 84 ml. Poté se zahuštěný roztok hydrolyzátu nechal zchladnout na 40 °C a bylo přidáno 2 % kyseliny askorbové (na navážku sušiny) a zahuštěný roztok se míchal dalších 5 minut. Dialdehyd škrobu byl v tomto případě použit jako síťovalo.

5.2 Tvorba ochranných povlaků na ztužený tuk

Jako ztužený pokrmový tuk bylo vybráno máslo s obsahem tuku 82 % a s nulovým obsahem soli, zakoupeno v maloobchodním řetězci dne 17.1.08 s datem trvanlivosti do 22.2.08. Máslo bylo distribuováno firmou A7B-Bohemia, země původu Belgie. Máslo mělo standardní hmotnost 250 g a bylo uloženo do lednice při teplotě 4 °C. Na druhý den z něho byly připraveny vzorky dle následujícího postupu. Máslo se

rozbalilo a opatrně rozkrájelo na kousky o přibližných rozměrech 0,8 x 3,5 x 2 cm. Takto připravené kvádry se umístily na plechové podnosy. Jednotlivé kvádry másla se skládaly vedle sebe s mírným rozestupem asi 1 až 2 mm, který měl zajistit snadnější odebírání vzorků, aby nedocházelo k nežádoucímu slepení dvou a více vzorků dohromady. Samotné povlakování vzorků másla bylo provedeno natíráním štětcem. Povlakovací roztok byl vytemperován na teplotu místnosti. Provedly se dva nátěry, mezi oběma nátěry byla časová prodleva 15 minut. První nátěr adheroval na povrch másla hůře, druhým nátěrem došlo k vytvoření souměrného povlaku.

Obr. 15. Vzorky másla bez povlaku (vlevo) a s povlakem (vpravo)

5.3 Metody sledování oxidace pokrmových tuků

Působením vzdušného kyslíku na mastné kyseliny dochází k oxidaci tuků, což je nežádoucí jev snižující senzorickou i nutriční hodnotu tuků. Nepříjemný pach i chuť jsou způsobeny především přítomností aldehydů a ketonů. Kromě toho se hromadí v tuku jako meziprodukty oxidace také peroxidy a nízkomolekulární mastné kyseliny. Dochází k oxidaci, a tím i ke ztrátě výživové hodnoty důležitých nenasycených mastných kyselin. Při sledování oxidace tuků se kromě kvalitativních důkazů využívá i kvantitativní stanovení.

Vzorky másla se rozdělily do dvou skupin. První skupina se umístila do lednice, kde Průměrná teplota zde byla 7±0,8 °C a vlhkost zde byla 36±3 % a kde se pravidelně simulovaly podmínky denního užívání tím, že se lednice otvírala 6x za den vždy 5 minut. Druhá skupina byla umístěna při pokojové teplotě 22±0,5 °C a vzdušná vlhkost 30±2 % na stůl cca 3 m od okna za denního světla bez dopadu přímého slunečního záření. Stejným teplotním podmínkám skladování byly vystaveny vzorky referenč-

ní (bez povlaku) a másla zabalené v původním obalu (celofánu). Průměrná tloušťka povlaku byla 0,28 mm.

Vzorky byly po pravidelných časových intervalech odebírány a byly stanovovány třemi metodami hodnoty oxidací vzorků. U vzorků umístěných v lednici se předpokládalo, že oxidace budou probíhat pomaleji tak intervaly odebírání a určování vzorků byly v řádech až týdnů. Naopak u vzorků umístěných při pokojové teplotě se předpokládalo, že oxidační procesy budou mít rychlejší nástup a samotné degradační procesy budou probíhat rychleji, takže zvolený časový interval odebírání a určování vzorků se pohyboval v řádech dnů. Stupeň oxidace pokrmových tuků se posuzoval sledováním změn peroxidového čísla, čísla kyselosti a anisidinového čísla. Byly sledovány rovněž senzorické vlastnosti (změna barvy a vůně). Stanovení byla provedena 2x a byl vypočten aritmetický průměr

5.3.1 Stanovení peroxidového čísla

Definice: (ČSN EN ISO 3960) peroxidové číslo charakterizuje obsah vytvořených tukových peroxidů a hydroperoxidů. Udává množství kyslíku schopného oxidovat jodid na jód za podmínek metody. Vyjadřuje se v μg aktivního kyslíku v 1 g tuku.

Princip metod: reakcí mezi tukovými peroxidy a jodidem draselným se uvolní v kyselém prostředí jód, který se stanoví titračně thiosíranem sodným.

Reakce probíhá následovně:

$$R–O–OH + 2\ KI + 2\ CH_3COOH \rightarrow R–OH + I_2 + 2\ CH_3COOK + H_2O$$

$$I_2 + 2\ Na_2S_2O_3 \rightarrow 2\ NaI + Na_2S_4O_6$$

Použitelnost metody: metoda je vhodná pro oxidované tuky s výjimkou tuků oxidovaných při vyšší teplotě. Metoda selhává v přítomnosti většího množství těžkých kovů.

Chemikálie a roztoky: chloroform, kyselina octová. Směs rozpouštědel se připraví smícháním kyseliny octové s chloroformem v objemovém poměru 3:2. Směs se připravila do 500 ml zásobní baňky a pečlivě se zazátkovala. Nasycený roztok KI se připraví následovně: 20 g KI se rozpustí ve 20 ml destilované vody o pokojové teplotě. Nasycený roztok KI je vhodné každý den stanovení připravit nový. Škrobový maz. Indikátor se připraví následovně: naváží se 0,9 až 1 g škrobu do kádinky a smíchá se s 10 ml destilované vody o pokojové teplotě. Na vařič se mezitím umístí kádinka se 100 ml destilované vody a voda se přivede k varu. Poté se škrobový roztok vlije do

vroucí vody a povaří 2 minuty. Po vychladnutí se škrobový maz nalije do tmavé 100 ml zásobní láhve se zábrusem. Škrobový indikátor lze používat maximálně týden. Po uplynutí této doby se musí indikátor připravit znovu stejným způsobem. Odměrný roztok thiosíranu sodného ($Na_2S_2O_3$) potřebný k titraci.

Postup práce: do připravené 250 ml Erlenmayerovy baňky se naváží 5 až 10 g vzorku tuku s přesností na 0,0001 g. Jedná-li se o vzorky obsahující povlak, jehož součástí je i kyselina askorbová, tak z těchto vzorků se musí povlak opatrně odstranit, aby nedocházelo později během titrace k nežádoucí indikaci, která má za následek rychlé odstranění indikačního zbarvení a tím vede k nepřesným hodnotám u výpočtů. Ochranný povlak šel bez větších problémů sloupnou železnou špachtlí tak, aby zoxidovaná vrstvička tuku nezůstala na odstraněném povlaku, ale byla i nadále součástí pokrmového tuku. K navážce vzorku se přidá 30 ml rozpouštědla. Rozpouštědlo je směs kyseliny octové a chloroformu v objemovém poměru 3:2. Erlenmayerova baňka se i s obsahem zazátkuje a směs se dá rozpustit za stálého míchání na magnetické míchadlo. Jde-li vzorek špatně rozpustit, tak můžeme na magnetickém míchadle nastavit teplotu do 45 °C, ale nikoli více, aby nedocházelo ke zkreslování oxidačních procesů díky vyšší teplotě. Po úplném rozpuštění vzorku se pipetou přidá 1 ml nasyceného roztoku KI, baňka se ihned zazátkuje, krouživým pohybem opatrně promíchá a uloží se na 20 minut na tmavé místo při pokojové teplotě. Po uplynutí této doby se baňka vyjme a odzátkuje. Obsah baňky má žlutou barvu. Zátka se opláchne do baňky přes nálevku 30 ml destilované vody o pokojové teplotě. Zátku oplachujeme do baňky proto, protože používáme těkavé rozpouštědlo a část rozpouštědla i se vzorkem může být právě na zátce. Po opláchnutí vodou má obsah baňky mléčně zakalené zbarvení. Nyní se přidá indikační činidlo, škrobový maz. Škrobového mazu se přidávají 2 ml a po přidání se baňkou intenzivně protřepe a obsah baňky bude mít tmavě fialovou až černou barvu. Baňka se odzátkuje, umístí se na automatickou byretu a obsah baňky se titruje roztokem $Na_2S_2O_3$ o koncentraci 0,001 mol.l^{-1}. Titrujeme intenzivněji tak dlouho, než se roztok z tmavě fialového zbarvení odbarví do hněda. Potom titrujeme již opatrněji a pomaleji do té doby, než se roztok odbarví z hnědého zabarvení. Spotřebu $Na_2S_2O_3$ zaznamenáme. Musíme provést slepý pokus, který figuruje ve finálním výpočtu. Slepý pokus se provádí analogicky jako samotné stanovení, ale vynechá se zkušební vzorek. Tudíž se titruje jen rozpouštědlo s nasyceným roztokem KI a s indikačním škrobovým mazem. Slepý pokus by se měl dělat vždy, když se připraví nová směs rozpouštědel.

Vyhodnocení: peroxidové číslo (PČ) je vyjádřené v μg O_2 na 1 g tuku a vypočítá se následujícím způsobem:

$$\text{PČ} = \frac{(V - V_S)}{n} \cdot c \cdot f \cdot 8 \cdot 1000$$

V … spotřeba $Na_2S_2O_3$ o koncentraci 0,001 mol.l^{-1} na vlastní stanovení vzorku v ml
V_S … spotřeba $Na_2S_2O_3$ o koncentraci 0,001 mol.l^{-1} na stanovení slepého pokusu v ml
c … koncentrace odměrného roztoku $Na_2S_2O_3$ v mol.l^{-1}
f … faktor odměrného roztoku $Na_2S_2O_3$
n … navážka zkušebního vzorku v g

5.3.2 Stanovení čísla kyselosti

Definice: (ČSN ISO 660) číslo kyselosti udává, kolik mg KOH je potřeba na neutralizaci volných mastných kyselin nacházejících se v 1 g tuků, respektive izolovaných lipidů. Číslo kyselosti je důležitý ukazatel stavu tuků (lipidů), které ovlivňují kvalitu surovin a výrobků.

Princip metody: vzorek se rozpustí ve směsi rozpouštědel a titruje se etanolovým roztokem KOH.

Chemikálie a roztoky: Etanol (96 %), Dietyléter (95 %). Připraví se směs rozpouštědel etanolu a dietyléteru v objemovém poměru 1:1 do 500 ml zásobní baňky, která se dobře zazátkuje. Fenolftalein. Indikační činidlo se připraví z fenolftaleinu tak, že se 1 g rozpustí ve 100 ml 96 % etanolu. Etanolický roztok KOH o koncentraci 0,1 mol.l^{-1} se připraví tak, že se 7 g perliček KOH rozpustí v 96 % etanolu a doplní se do zásobní baňky na objem 1000 ml etanolem.

Postup práce: naváží se 5 až 15 g vzorku s přesností na 0,0001 g do 250 ml Erlenmayerovy baňky. K navážce se přidalo 100 ml směsi rozpouštědla etanolu s dietyléterem. Baňka se zazátkovala a dala se na magnetické míchadlo rozpouštět. Při špatném rozpouštění se na magnetickém míchadle nastavila teplota do 45 °C a vzorek se rozpustil snáze. Po rozpuštění měl obsah kádinky mléčně až světle žlutě zakalenou barvu. Přidalo se 5 kapek indikačního činidla, fenolftaleinu v etanolu. Baňka se umístila pod byretu na míchadlo a obsah baňky se titroval etanolickým roztokem KOH do světle růžové barvy. Podmínka titrace byla, že světle růžové zbarvení mělo vydržet alespoň 15 sekund. Při splnění této podmínky byl obsah baňky ztitrován a zapsala se spotřeba etanolickéko roztoku KOH.

Vyhodnocení: číslo kyselosti (ČK) se vyjádří jako množství KOH v mg potřebné k neutralizaci 1 g vzorku podle následujícího vztahu:

$$\text{ČK} = \frac{V \cdot c \cdot M \cdot f}{n}$$

V … spotřeba roztoku KOH na titraci v ml

c … koncentrace roztoku KOH v $mol.l^{-1}$

M … molární hmotnost KOH v $g.mol^{-1}$

f … faktor roztoku KOH

n … navážka zkušebního vzorku KOH v g

5.3.3 Stanovení anisidinového čísla

Definice: (ČSN EN ISO 6885) anisidinové číslo slouží k posuzování kvality olejů. Žluknutím oleje se zvyšuje podíl nenasycených kyselin a tedy i aldehydů. Dlouhodobým skladováním a opakovaným tepelným používáním olejů se hodnota anisidinového čísla zvyšuje. Anisidinové číslu měří množství aldehydů, hlavně 2-alkenalů a je stonásobkem nárůstu absorbance měřeného roztoku při vlnové délce 350 nm v 10 mm kyvetě po reakci s p-anisidinem za podmínek stanovených metodou. Anisidinové číslo je prakticky počítáno pro 1 g vzorku rozpuštěného ve 100 ml rozpouštědla a je bezrozměrné.

Princip metody: příprava roztoku vzorku v 2,2,4-trimetylpentanu (isooktanu). Reakce s roztokem p-anisidinu v kyselině octové a měření nárůstu absorbance při 350 nm a výpočet anisidinového čísla.

Použitelnost metody: metoda je vhodná pro rostlinné a živočišné tuky a oleje.

Chemikálie a roztoky: anisidinové činidlo, které se připraví následujícím způsobem. Do 25 ml kádinky se naváží 0,0625 g p-anisidinu a přileje se asi 15 ml ledové kyseliny octové. Při práci s p-anisidinem musíme dbát zvýšené opatrnosti, protože se jedná o velmi toxickou látku. P-anisidin se v kádince míchá tak dlouho skleněnou tyčinkou, než se úplně nerozpustí. Po rozpuštění se roztok přelije do 25 ml odměrné baňky a doplní na 25 ml ledovou kyselinou octovou. Baňka se dobře zazátkuje a umístí na tmavé a chladné místo. Anisidinové činidlo se připravovalo vždy čerstvé v den stanovení anisidinového čísla. Jako rozpouštědlo se používal 2,2,4-trimetylpentan.

Postup práce: Do 25 ml kádinky se naváží 3,5 až 7 g vzorku tuku s přesností na 0,0001 g. Přidalo se 10 ml 2,2,4-trimetylpentanu a kádinka se umístila na magnetické míchadlo, které bylo zahřáté na 45 °C a pomocí skleněné tyčinky se vzorek míchal až se rozpustil. Poté se objem kádinky přelil do 25 ml odměrné baňky a doplnil se 2,2,4-trimetylpentanem na objem 25 ml. A baňkou se intenzivně třepalo. Protože vzorek nebyl čirý a na dně byly vidět bílé usazeniny, tak se vzorek musel přelít do dvou plastových zkumavek a dal se odstředit. Odstřeďování probíhalo při 6000 $ot.min^{-1}$ po dobu 2 minut. Mezitím se připravil spektrofotometr. Do kyvety se nalil 2,2,4-trimetylpentan, nastavila se vlnová délka na 350 nm, vložila se kyveta s rozpouštědlem a přístroj se vynuloval na vlnovou délku rozpouštědla. Po odstředění byl již roztok čirý a mohlo se přejít k prvnímu měření. Do nové a čisté kyvety se nalil odstředěný vzorek z první plastové zkumavky a změřila se jeho absorbance. Poté se připravil vzorek s p-anisidinovým činidlem následovně. Do nové zkumavky se odpipetovalo 5 ml odstředěného vzorku, který byl ve druhé zkumavce. Pipetou se přidal 1 ml p-anisidinového činidla a zkumavka se zazátkovala. Po zazátkování se velmi intenzivně zkumavkou protřepávalo asi minutu a pak se na 8 minut umístila na tmavé místo. Po uplynutí této doby se se zkumavkou ještě jednou krátce protřepalo a zreagovaný vzorek se nalil do čisté kyvety a změřila se jeho absorbance. Aby metoda byla úplná, provedl se slepý pokus. Do zkumavky se odpipetovalo 5 ml 2,2,4-trimetylpentanu, přidal se 1 ml anisidinovédo činidla, zkumavka se zazátkovala a intenzivně protřepala. Zkumavka se dala na tmavé místo na dobu 8 minut. Po této době se opět protřepala, obsah se nalil do čisté kyvety a změřila se absorbance při 350 nm proti 2,2,4-trimetylpentanu.

Vyhodnocení: anisidinové číslo (AČ) se vypočte dle níže uvedeného vzorce:

$$\text{AČ} = \frac{25 \cdot \left[1{,}2 \cdot \left(A_1 - A_2\right) - A_0\right]}{n}$$

A_0 … absorbance nezreagovaného zkušebního roztoku

1,2 … faktor zohledňující různé objemy pro stanovení absorbance

A_1 … absorbance zreagovaného zkušebního roztoku

A_2 … absorbance slepého pokusu

n … navážka vzorku v g

6 VÝSLEDKY A DISKUSE

Oxidace pokrmových tuků byly pozorovány při dvou odlišných teplotách, a to při teplotě pokojové 22±0,5 °C a při teplotě 7±0,8 °C, kdy byly vzorky umístěny v lednici. Výsledky oxidací byly posuzovány jednak vizuálně, kdy se sledovalo žluknutí tuku a změna barvy vzorků, popřípadě kdy začaly vzorky zapáchat, a jednak formou normovaných metod k určování oxidace tuků.

6.1 Oxidace vzorku másla při 7 °C

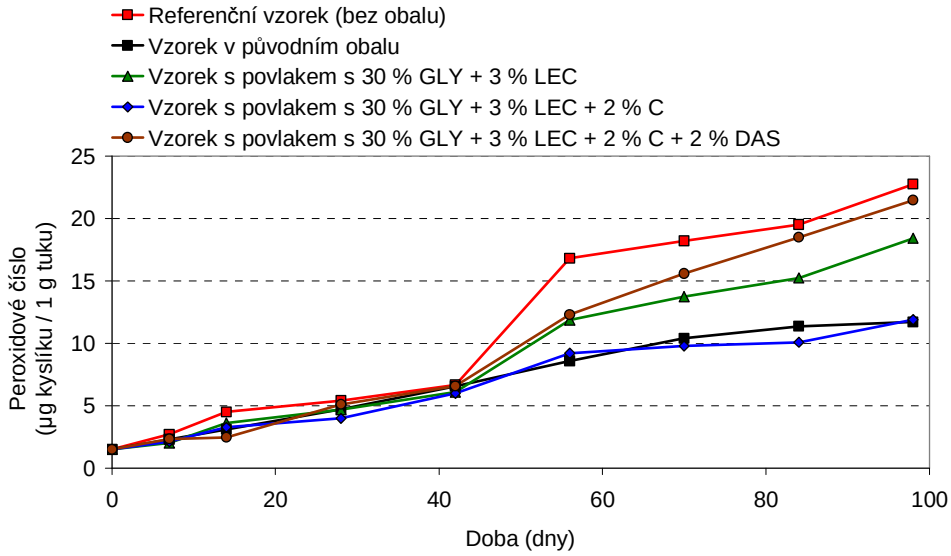
6.1.1 Peroxidové číslo

Výsledky stanovení peroxidového čísla (PČ) jsou uvedeny v Tabulce 4

Tabulka 4. Vypočtené průměrné hodnoty peroxidového čísla při 7 °C

	Hodnoty peroxidového čísla u různých typů vzorků másla vyjádřené v μg O_2 / 1 g tuku				
Doba (dny)	Referenční vzorky	Vzorky v obalu	Povlak 30 % GLY+ 3 % LEC	Povlak 30 % GLY + 3 % LEC + 2 % C	Povlak 30 % GLY + 3 % LEC + 2 % C + 2 % DAS
0	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
7	2,7	2,3	2	2,1	2,33
14	4,49	3,1	3,6	3,26	2,46
28	5,4	4,7	4,67	3,98	5,12
42	6,67	6,56	6,09	6	6,57
56	16,81	8,59	11,88	9,21	12,29
70	18,22	10,4	13,74	9,79	15,59
84	19,53	11,36	15,24	10,09	18,5
98	22,75	11,72	18,43	11,91	21,47

Počáteční hodnota peroxidového čísla (1,5 μg O_2 / 1 g tuku) byla stanovena v den zakoupení pokrmového tuku (viz „Doba 0“ Tabulka 4). Tato výchozí hodnota je platná pro všechny vzorky skladované při teplotě 7 °C.



Obr. 16. Závislost peroxidového čísla na čase u másla skladovaného při 7 °C

Podle průběhu křivek peroxidových čísel je zřejmé, že všechny sledované vzorky (s povlakem, bez povlaku a v původním obalu) skladované v lednici oxidovaly přibližně stejnou rychlostí prvních 43 dnů od začátku testu. Poté došlo k výraznému nárůstu PČ u referenčního vzorku (tj. u vzorku másla bez povlaku). Dle předpokladu byl nejpomalejší průběh oxidace, vyjádřený PČ, zaznamenán u vzorku másla, které bylo uchováváno v původním obalu. Průběh oxidace vzorků másel ošetřených třemi sledovanými povlaky byl ve všech případech pomalejší, než u referenčního vzorku. Největší vzrůst PČ byl zaznamenán u vzorku másla s povlakem obsahujícím 30 % glycerinu + 3 % lecitinu + 2 % kyseliny askorbové + 2 % dialdehydu škrobu, nejnižší pak u vzorku másla s povlakem obsahujícím 30 % glycerinu + 3 % lecitinu + 2 % kyseliny askorbové.

Po 56 dnech skladování byla hodnota PČ u referenčního vzorku 16,81 µg O_2 / 1 g tuku. U vzorku másla s povlakem obsahujícím 30 % glycerinu + 3 % lecitinu + 2 % kyseliny askorbové + 2 % dialdehydu škrobu to bylo po stejné době 12,29 µg O_2 / 1 g tuku. U vzorku másla s povlakem obsahujícím 30 % glycerinu + 3 % lecitinu byla po stejné době zaznamenána nižší hodnota PČ – 11,88 µg O_2 / 1 g tuku. Nejnižší hodnota PČ byla u vzorku másla s povlakem obsahujícím 30 % glycerinu + 3 % lecitinu + 2 % kyseliny askorbové – 9,21 µg O_2 / 1 g tuku. Hodnota PČ u vzorku másla uchovávaného v původním obalu byla po 56 dnech skladování 8,59 µg O_2 / 1 g tuku.

Po 98 dnech skladování byla hodnota PČ u referenčního vzorku 22,75 μg O_2 / 1 g tuku. U vzorku másla s povlakem obsahujícím 30 % glycerinu + 3 % lecitinu + 2 % kyseliny askorbové + 2 % dialdehydu škrobu to bylo po stejné době 21,47 μg O_2 / 1 g tuku. U vzorku másla s povlakem obsahujícím 30 % glycerinu + 3 % lecitinu byla po stejné době zaznamenána nižší hodnota PČ – 18,43 μg O_2 / 1 g tuku. Nejnižší hodnota PČ byla u vzorku másla s povlakem obsahujícím 30 % glycerinu + 3 % lecitinu + 2 % kyseliny askorbové – 11,91 μg O_2 / 1 g tuku. Hodnota PČ u vzorku másla uchovávaného v původním obalu byla po 56 dnech skladování 11,72 μg O_2 / 1 g tuku.

Z průběhu grafických závislostí peroxidového čísla na čase u vzorků másel skladovaných při 7 °C je zřejmé, že vzorky másel ošetřených povlakem obsahujícím 30 % glycerinu + 3 % lecitinu + 2 % kyseliny askorbové vykazovaly téměř stejné hodnoty peroxidových čísel jako vzorky másel uchovávaných v původním obalu. Z toho je možné usoudit, že tento typ povlaku zpomaluje oxidační pochody takovým způsobem, že se kvalitativně vyrovná tradičnímu obalu.

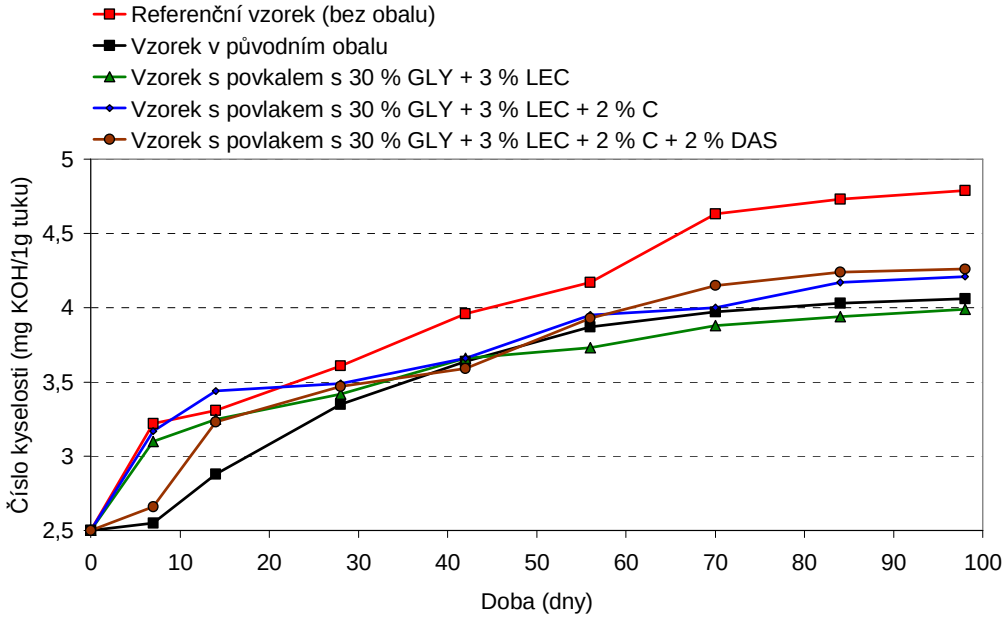
6.1.2 Číslo kyselosti

Výsledky stanovení čísla kyselosti jsou uvedeny v Tabulce 5.

Tabulka 5. Vypočtené průměrné hodnoty čísla kyselosti

	Hodnoty čísla kyselosti u různých typů vzorků másla vyjádřené v mg KOH / neutralizaci 1 g vzorku				
Doba (dny)	Referenční vzorky	Vzorky v obalu	Povlak 30 % GLY+ 3 % LEC	Povlak 30 % GLY + 3 % LEC + 2 % C	Povlak 30 % GLY + 3 % LEC + 2 % C + 2 % DAS
0	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
7	3,22	2,22	3,1	3,17	2,66
14	3,31	2,88	3,25	3,44	3,23
28	3,61	3,35	3,42	3,49	3,47
42	3,96	3,64	3,66	3,66	3,59
56	4,17	3,87	3,73	3,95	3,93
70	4,63	3,97	3,88	4	4,15
84	4,73	4,03	3,94	4,17	4,24
98	4,79	4,06	3,99	4,21	4,26

Počáteční hodnota čísla kyselosti (mg KOH/ neutralizaci 1 g tuku) byla stanovena v den zakoupení pokrmového tuku (viz „Doba 0“, Tabulka 5). Tato výchozí hodnota je platná pro všechny vzorky skladované při teplotě 7 °C.



Obr. 17. Závislost čísla kyselosti na čase u másla skladovaného při 7 °C

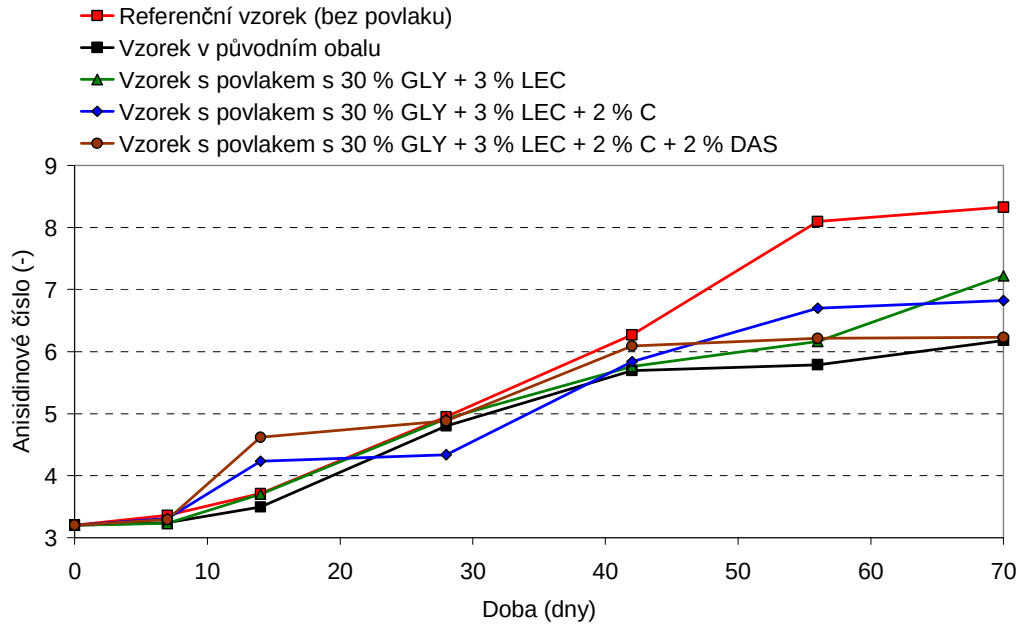
Podle průběhu křivek čísla kyselosti můžeme konstatovat, že všechny vzorky při skladované při teplotě 7 °C vykazovaly velmi podobné hodnoty do 42. dne testu. Po tomto dnu začaly křivky u všech testovaných vzorků stoupat strměji. Nejnižších hodnot dosahoval vzorek s 30 % GLY + 3 % LEC, který se se svýma hodnotami dostal i pod vzorek v původním obalu a již si tento trend udržel až do konce experimentu. Hodnota ochranného povlaku s 30 % GLY a 3 % LEC byla 3,99 mg KOH / 1 g a hodnota vzorků v původním obalu byla 4,06 mg KOH / 1 g vzorku.

6.1.3 Anisidinové číslo

Anisidinové číslo bylo stanoveno a uvedeno v Tabulce 6.

Tabulka 6. Vypočtené hodnoty anisidinového čísla při 7 °C

	Hodnoty anisidinového čísla u různých typů vzorků másla (-)				
Doba (dny)	Referenční vzorky	Vzorky v obalu	Povlak 30 % GLY+ 3 % LEC	Povlak 30 % GLY + 3 % LEC + 2 % C	Povlak 30 % GLY + 3 % LEC + 2 % C + 2 % DAS
0	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2
7	3,36	3,24	3,23	3,31	3,29
14	3,71	3,49	3,7	4,23	4,62
28	4,95	4,8	4,92	4,34	4,88
42	6,27	5,69	5,76	5,84	6,09
56	8,1	5,79	6,16	6,7	6,21
70	8,33	6,18	7,22	6,82	6,23



Obr. 18. . Závislost anisidinového čísla na čase u másla skladovaného při 7 °C

Z křivek anisidinového čísla vidíme průběh oxidací vzorků, která probíhala do 42. u všech vzorků poměrně stejnou rychlostí. Podle předpokladů v tomto časovém intervalu nejvyšších hodnot dosahovaly vzorky referenční a nejnižších hodnot dosahovaly vzorky v původním obalu. Během dalších měření již oxidační procesy postupovaly vyšší rychlostí a na konci experimentu se vzorek s ochranným povlakem s 30 % GLY + 3 % LEC + 2 % C + 2 % DAS přiblížil svou hodnotou 6,23 (-) vzorku

v původním obalu, jehož hodnota byla 6,18 (-). Můžeme tedy konstatovat že tento ochranný povlak pomáhá při dlouhodobém skladování oddalovat oxidaci másla.

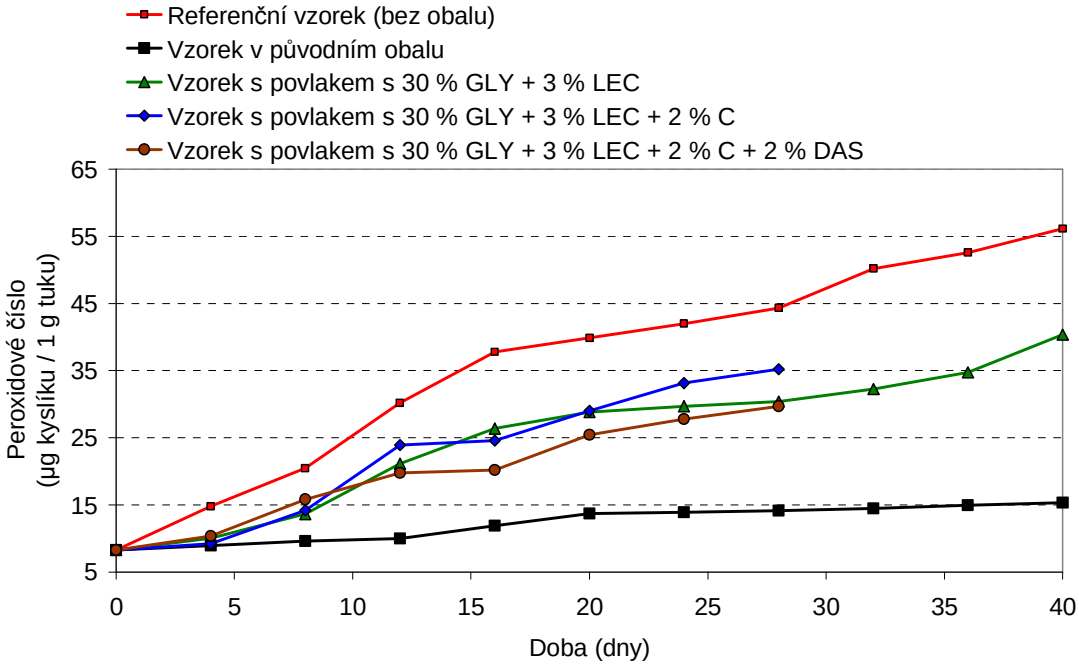
6.2 Oxidace vzorku másla při 22 °C

6.2.1 Peroxidové číslo

Výsledky stanovení peroxidového čísla byly uvedeny v Tabulce 7.

Tabulka 7. Vypočtené průměrné hodnoty peroxidového čísla při 22 °C

	Hodnoty peroxidového čísla u různých typů vzorků másla vyjádřené v µg O_2 / 1 g tuku				
Doba (dny)	Referenční vzorky	Vzorky v obalu	Povlak 30 % GLY + 3 % LEC	Povlak 30 % GLY + 3 % LEC + 2 % C	Povlak 30 % GLY + 3 % LEC + 2 % C + 2 % DAS
0	8,27	8,27	8,27	8,27	8,27
4	14,77	8,96	10,02	9,19	10,35
8	20,47	9,57	13,64	14,18	15,81
12	30,18	10	21,1	23,91	19,73
16	37,79	11,88	26,36	24,55	20,19
20	39,89	13,7	28,8	29	25,43
24	41,97	13,88	29,71	33,15	27,76
28	44,36	14,1	30,39	35,23	29,69
32	50,18	14,47	32,26	-	-
36	52,58	14,92	34,75	-	-
40	56,15	15,31	40,34	-	-



Obr. 19. Závislost peroxidového čísla na čase u másla skladovaného při 22 °C

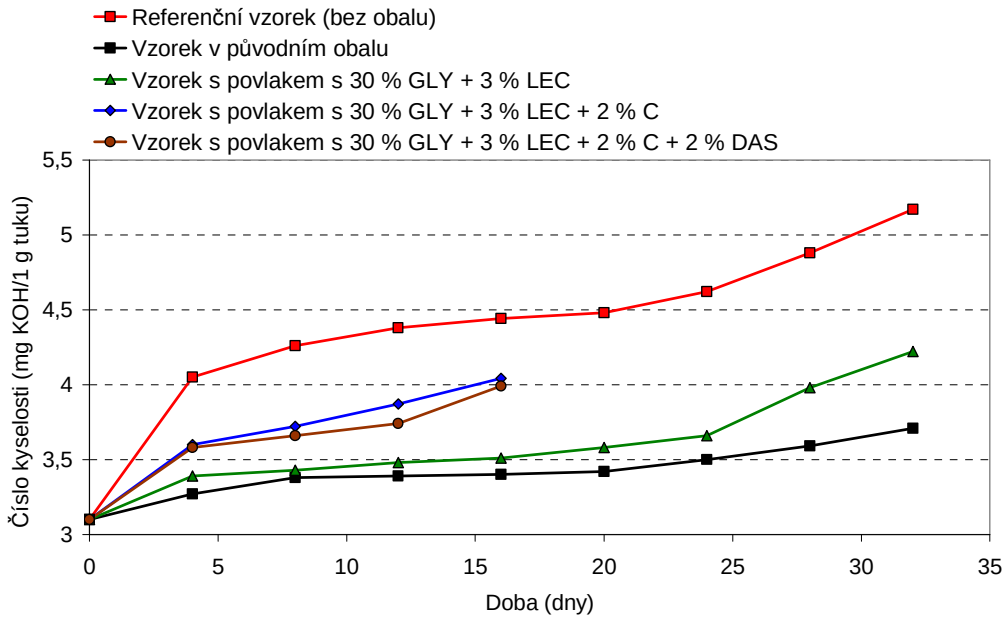
Z průběhu křivek peroxidového čísla je patrné že vzorky ošetřené ochranným povlakem měly přibližně stejný průběh až do 12. dne testu. Po této době nejvyšších hodnot, podle očekávání, dosahovaly vzorky referenční (tj. bez povlaku) a naopak nejnižších hodnot dosahovaly vzorky v původním obalu. Po tomto časovém úseku začaly křivky peroxidového čísla růst strměji ale udržely si tendenci, že nejméně oxidovaly vzorky v původním obalu a nejvíce vzorky referenční. Vzhledem k časové náročnosti experimentu se po uplynutí 28 dnů ukončil experiment se dvěma ochrannými povlaky. S povlakem obsahujícím 30 % GLY + 3 % LEC + 2 % C a s povlakem obsahujícím 30 % GLY + 3 % LEC + 2 % C + 2 % DAS. Nejnižší hodnoty oxidace na konci experimentu vykazoval vzorek v původním obalu (15 μg O_2 / 1 g tuku) a naopak nejvyšších hodnot dosahoval vzorek referenční (56 μg O_2 / 1 g tuku).

6.2.2 Číslo kyselosti

Vypočtené čísla kyselosti byly zaznamenány v Tabulce 8.

Tabulka 8. Vypočtené průměrné hodnoty čísla kyselosti

	Hodnoty čísla kyselosti u různých typů vzorků másla vyjádřené v mg KOH / neutralizaci 1 g vzorku				
Doba (dny)	Referenční vzorky	Vzorky v obalu	Povlak 30 % GLY + 3 % LEC	Povlak 30 % GLY + 3 % LEC + 2 % C	Povlak 30 % GLY + 3 % LEC + 2 % C + 2 % DAS
0	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1
4	4,05	3,27	3,39	3,6	3,58
8	4,26	3,38	3,43	3,72	3,66
12	4,38	3,39	3,48	3,87	3,74
16	4,44	3,4	3,51	4,04	3,99
20	4,48	3,42	3,58	-	-
24	4,62	3,5	3,66	-	-
28	4,88	3,59	3,98	-	-
32	5,17	3,71	4,22	-	-



Obr. 20. Závislost čísla kyselosti na čase u másla skladovaného při 22 °C

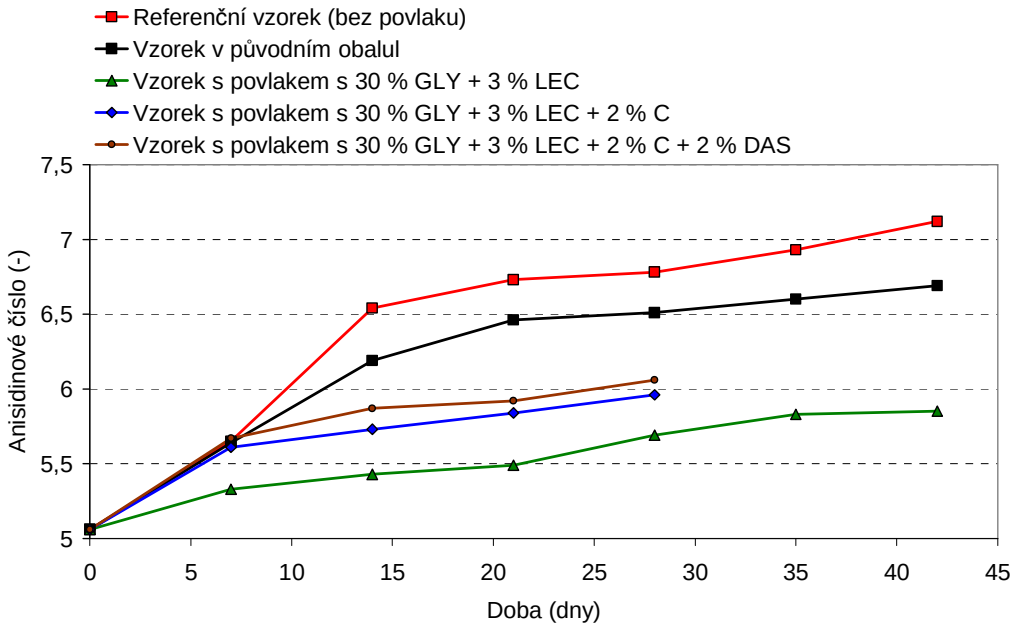
Z křivek čísla kyselosti při 22 °C můžeme pozorovat rychlost oxidace v závislosti na době skladování másla. Vzorek s ochranným povlakem (30 % GLY + 3 % LEC) se do 24 dne blížil vlastnostem vzorků v původním obalu, ale poté začaly oxidační procesy vykazovat strmější nárůst. Nejvyšších hodnot oxidace dosahovaly vzorky referenční 5,17 mg KOH / neutralizaci 1 g. Nejnižších hodnot dosahovaly vzorky v původním obalu 3,71 mg KOH / neutralizaci 1 g. Experiment se vzorky ošetřenými ochranným povlakem s 30 % GLY + 3 % LEC + 2 % C a s povlakem s 30 % GLY + 3 % LEC + 2 % C + 2 % DAS jsme byli nuceni z časové tísně ukončit. Vzorek s ochranným povlakem 30 % GLY + 3 % LEC do 16 dne vykazoval ze všech ochranných povlaků nejnižší hodnoty, tak jsme vzorky testovali až do konce experimentu, kdy dosáhl hodnoty 4,22 mg KOH / neutralizaci 1 g. Můžeme tedy tvrdit že tento ochranný povlak z části podporuje odolnost másla vůči oxidaci.

6.2.3 Anisidinové číslo

Vypočítané hodnoty anisidinového čísla byly zaznamenány v Tabulce 9.

Tabulka 9. Vypočtené hodnoty anisidinového čísla při 22 °C

	Hodnoty anisidinového čísla u různých typů vzorků másla (-)				
Doba (dny)	Referenční vzorky	Vzorky v obalu	Povlak 30 % GLY + 3 % LEC	Povlak 30 % GLY + 3 % LEC + 2 % C	Povlak 30 % GLY + 3 % LEC + 2 % C + 2 % DAS
0	5,06	5,06	5,06	5,06	5,06
7	5,65	5,64	5,33	5,61	5,67
14	6,54	6,19	5,43	5,73	5,87
21	6,73	6,46	5,49	5,84	5,92
28	6,78	6,51	5,69	5,96	6,06
35	6,93	6,6	5,83		
42	7,12	6,69	5,85		



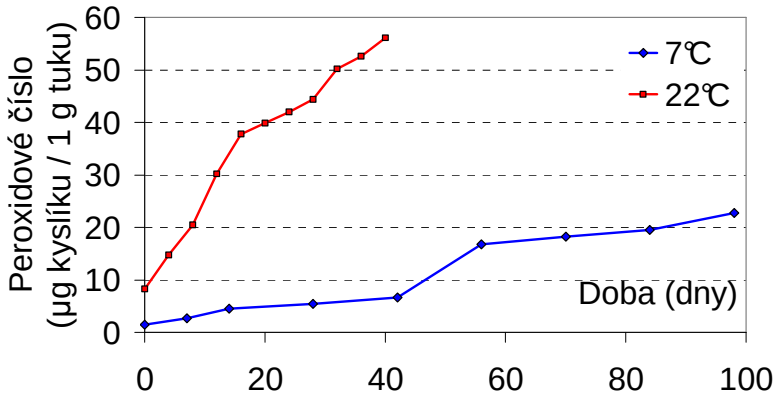
Obr. 21. Závislost anisidinového čísla na čase u másla skladovaného při 22 °C

Z křivek anisidinového čísla měřeného při 22 °C vidíme, že po dobu celého experimentu nejnižších hodnot dosahoval ochranný povlak o složení 30 % GLY + 3 % LEC. Na konci dosahoval hodnoty 5,85 (-). Z průběhu oxidace je patrné že k nejstrmějšímu nárůstu došlo po 7 dnu experimentu. Do této doby oxidační procesy u všech vzorků probíhaly stejnoměrně. Po tomto dni křivky oxidací strmě vzrostly a na konci experimentu referenční vzorky dosahovaly hodnoty 7,12 (-) a vzorky v původním obalu 6,69 (-). Ochranné povlaky s 30 % GLY + 3 % LEC + 2 % C a po-

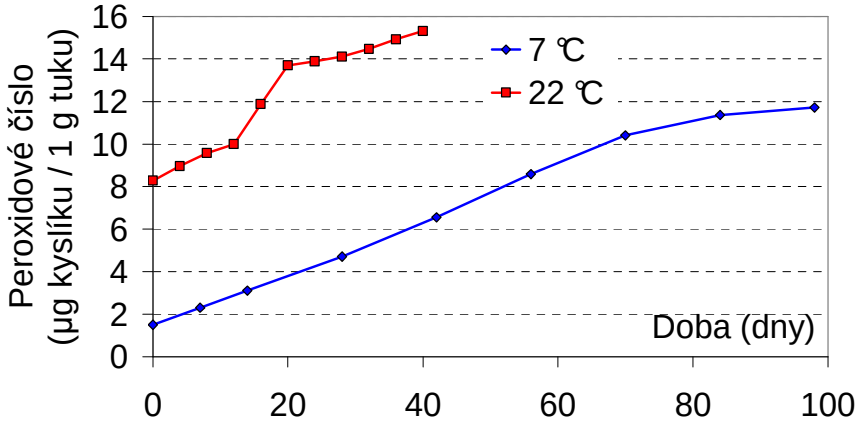
vlaky s 30 % GLY + 3 % LEC + 2 % C + 2 % DAS vykazovaly podobný nárůst oxidace a byly z časových důvodů ukončeny.

6.3 Srovnání oxidace vzorků másla

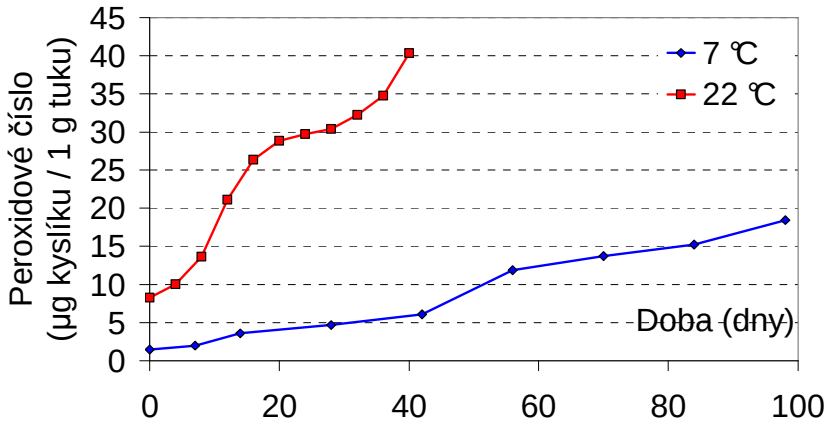
Oxidace byly měřeny při dvou rozdílných teplotách a to při 7 °C v lednici a při pokojové teplotě 22 °C. Jako srovnání se použily hodnoty peroxidových čísel, které vykazovaly největší rozdíly v oxidacích na rozdíl od čísla kyselosti či anisidinového čísla, kde byly rozdíly poměrně malé.



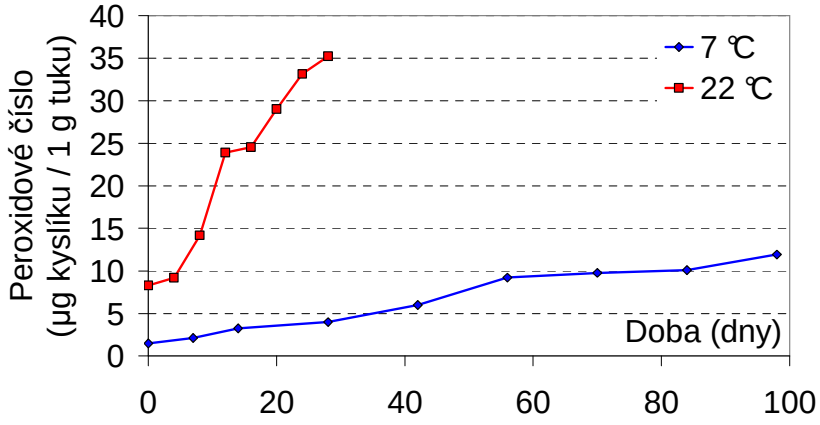
Obr. 22. Srovnání průběhu peroxidového čísla u referenčních vzorků



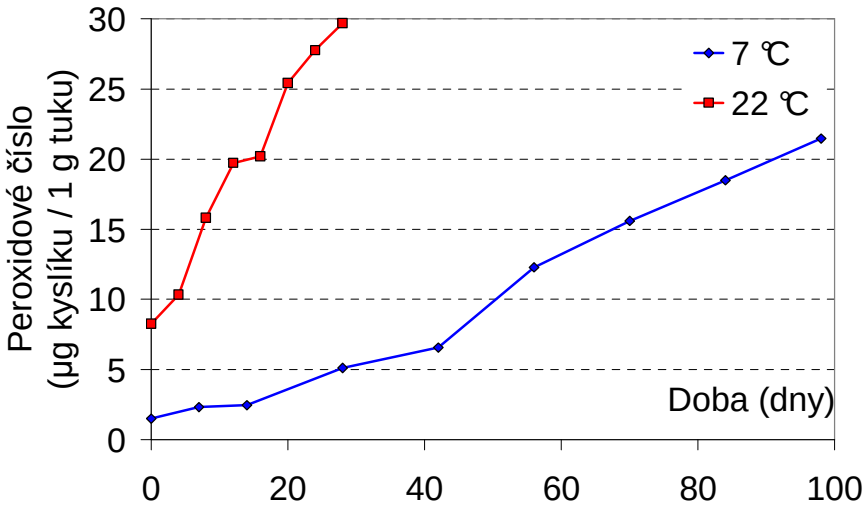
Obr. 23. Srovnání průběhu peroxidového čísla u vzorků v původním obalu



Obr. 24. Srovnání průběhu peroxidového čísla u povlaku s 30 % GLY + 3 % LEC

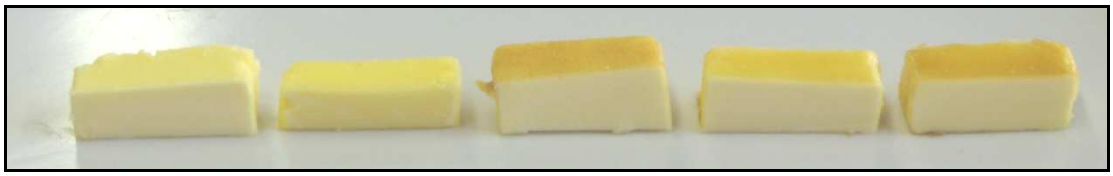


Obr. 25. Srovnání průběhu peroxidového čísla u povlaku s 30 % GLY + 3 % LEC + 2 % C



Obr. 26. Srovnání průběhu peroxidového čísla u povlaku s 30 % GLY + 3 % LEC + 2 % C + DAS

Podle srovnání peroxidových čícel při různých teplotách je zřejmé že k nejrychlejšímu nárůstu oxidačních procesů došlo u teploty 7 °C po 40 dnech, kdy začala křivka peroxidového čísla prudce stoupat. U pokojové teploty 22 °C průběh oxidace byl patrný už po 8 dnech, kdy křivky peroxidového čísla začaly prudce stoupat. Během dalších měření již bylo pozorováno žluknutí i vizuálně a vzorky již taky začaly při pokojové teplotě zapáchat (referenční). Vzorky s ochranným povlakem vykazovaly změnu barvu na řezu těsně pod povlakem, zapáchat začaly až po dalších 8 dnech.



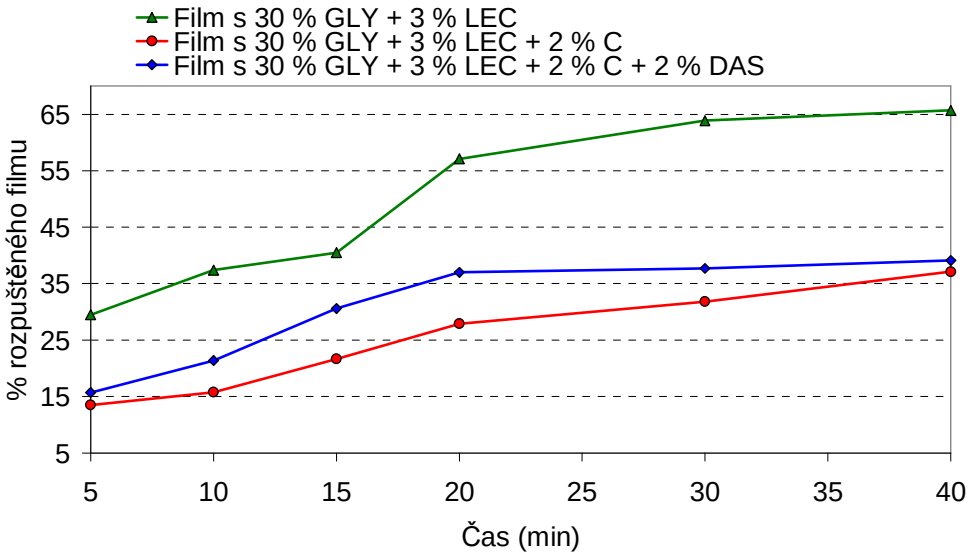
Obr. 27. Srovnání vzorků másla po 40 dnech při teplotě 7 °C

6.4 Charakteristika filmů připravených z povlakovacích roztoků

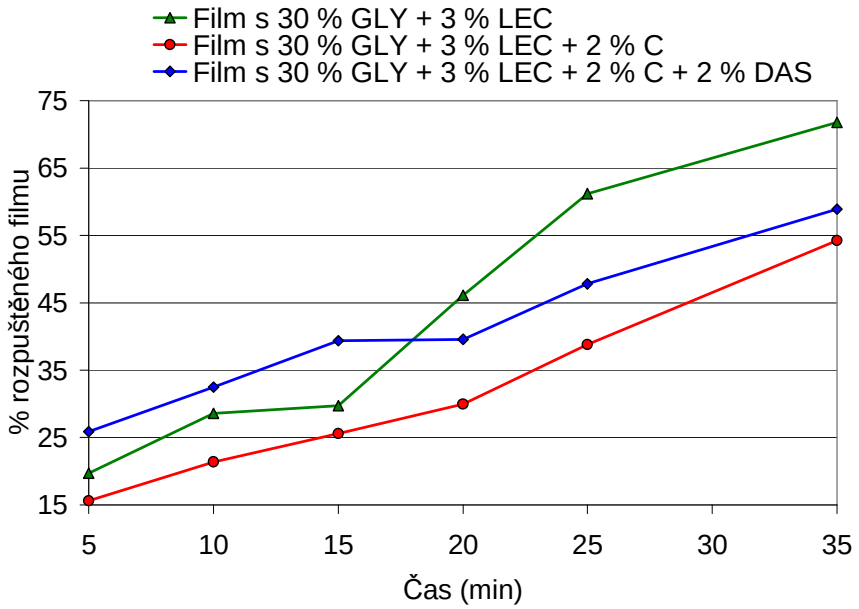
Příprava filmů: Z každého zahuštěného hydrolyzátu se odebralo 10 ml a v kádince se k tomuto množství přidalo 10 ml vody. Po důkladném rozmíchání se takto připravený roztok lil na silikonové desky o rozměrech 123x70x1 mm. Odpařením vody při pokojové teplotě 22 °C se získaly filmy. Filmy s glycerinem a lecitinem byly poměrně křehké a snadno se lámaly. Filmy s kyselinou askorbovou byly poměrně ohebné. Filmy obsahující dialdehyd škrobu byly velmi dobře ohebné. Filmy byly žluté až žlutohnědé barvy o průměrné tloušťce 0,3 mm.

6.4.1 Zkouška rozpustnosti:

Připravené filmy se rozstříhaly na vzorky přibližně 1x1 cm, umístily se do skleněných váženek, byly zváženy a zality 20 ml vody. Zkoušky se prováděly při teplotě 7 °C a 22 °C. Po uplynutí zvolených časových intervalů byl nerozpuštěný podíl vzorku filmu separován filtrací. Nerozpuštěný vzorek se na filtračním papíře v koželužské misce vysušil při teplotě 103±2 °C do konstantní hmotnosti. Každé stanovení se provedlo jednou a výsledky rozpustností filmů jsou zaznamenány v následujících grafech.



Obr. 28. Rozpustnost filmů při 7 °C



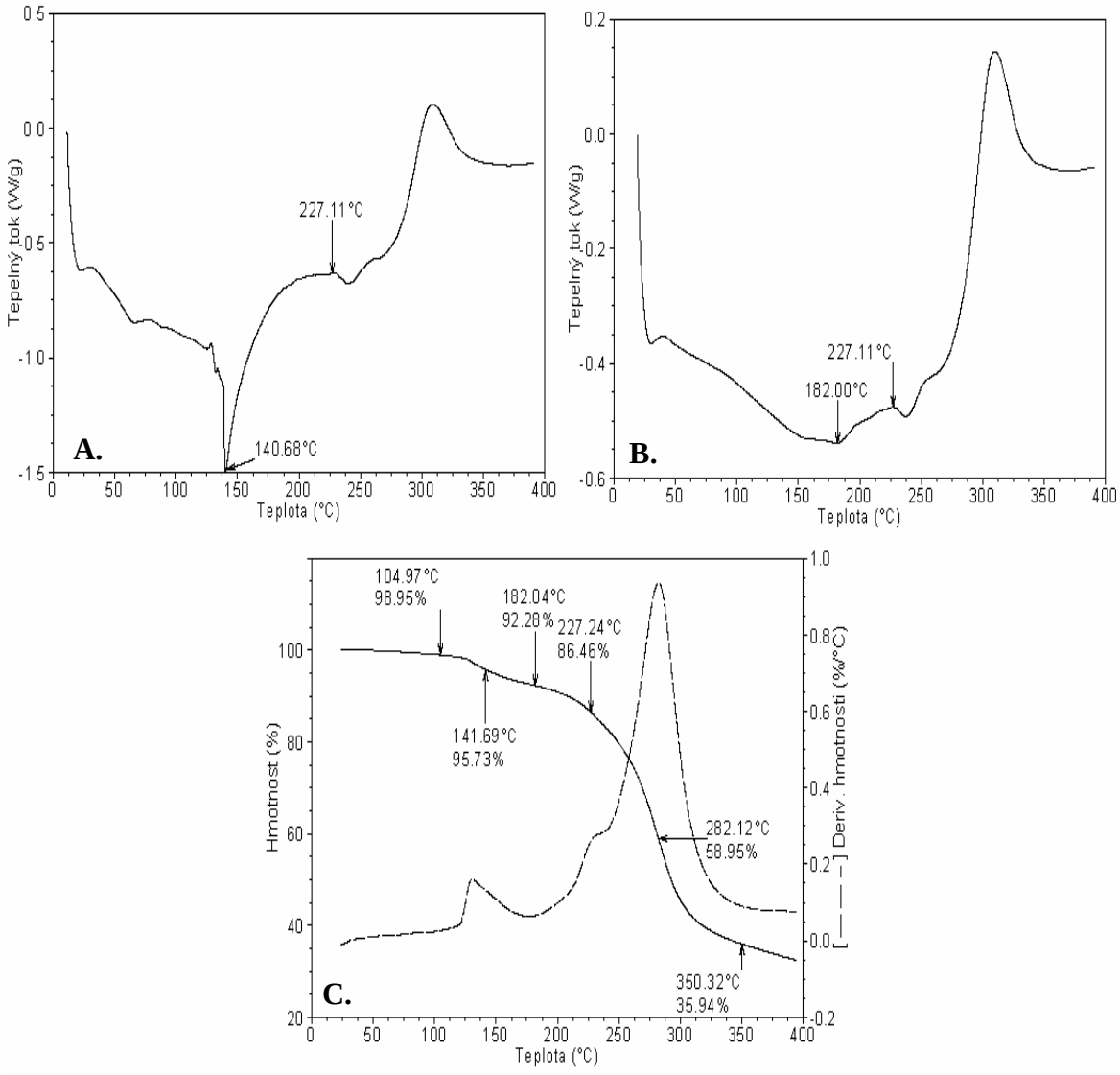
Obr. 29. Rozpustnost filmů při 22 °C

Z kinetiky rozpouštění je zřejmé, že nejpomaleji se rozpouštěly filmy při teplotě 7 °C a naopak nejrychleji filmy při 22 °C. Při obou zvolených teplotách se nejrychleji rozpouštěly filmy s glycerinem a lecitinem. Přídavkem síťovala se zpomalilo rozpouštění u teploty 7 °C a překvapivě se při teplotě 22 °C na nejnižší hranici rozpustnosti dostal film s přídavkem kyseliny askorbové bez síťovala viz. Obr. 29. Největšího rozdíl v % rozpuštěného filmu zaznamenal film se síťovadlem (DAS), kdy při teplotě 22 °C se rozpustil téměř ze 60-ti % ale zato při teplotě 7 °C se jej rozpustilo 38 %. Mů-

žeme tedy říci, že teplota výrazně ovlivňuje kinetiku rozpouštění filmů ze škrobovo-proteinových hydrolyzátů.

6.4.2 Tepelné vlastnosti

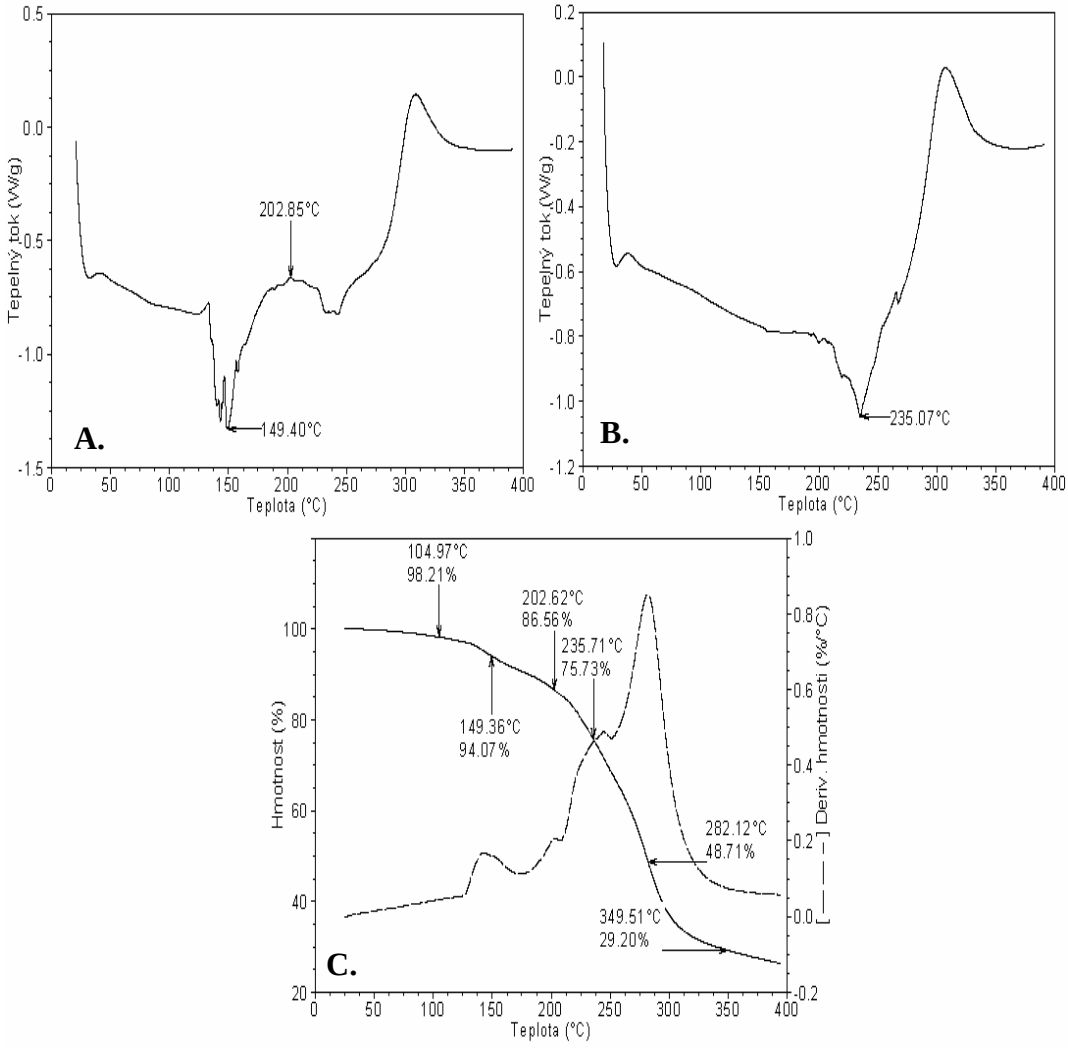
Termické vlastnosti hydrolyzátů se hodnotili pomocí DSC 2010 (TA Instruments, New Castle, DE 1970, USA). Navážka vzorku byla 5 mg, průtok N_2 byl 150 ml.min^{-1}. Teplotní interval měření byl od 20 °C do 400 °C a rychlost 15 °C. min^{-1}.



Obr. 30. Termická analýza filmu obsahujícího 30 % GLY + 3 % LEC

Na DSC křivce (obr. 30-A) vidíme endotermní pík, který má minimum ve 140,68 °C a s největší pravděpodobností souvisí s uvolněním zbylé sorbované vody a vody částečně vázané. Voda byla při dalším měření odstraněna jelikož se provedlo zahřátí na 150 °C. Poté se vzorek ochladil a provedlo se nové měření, kde byl patrný

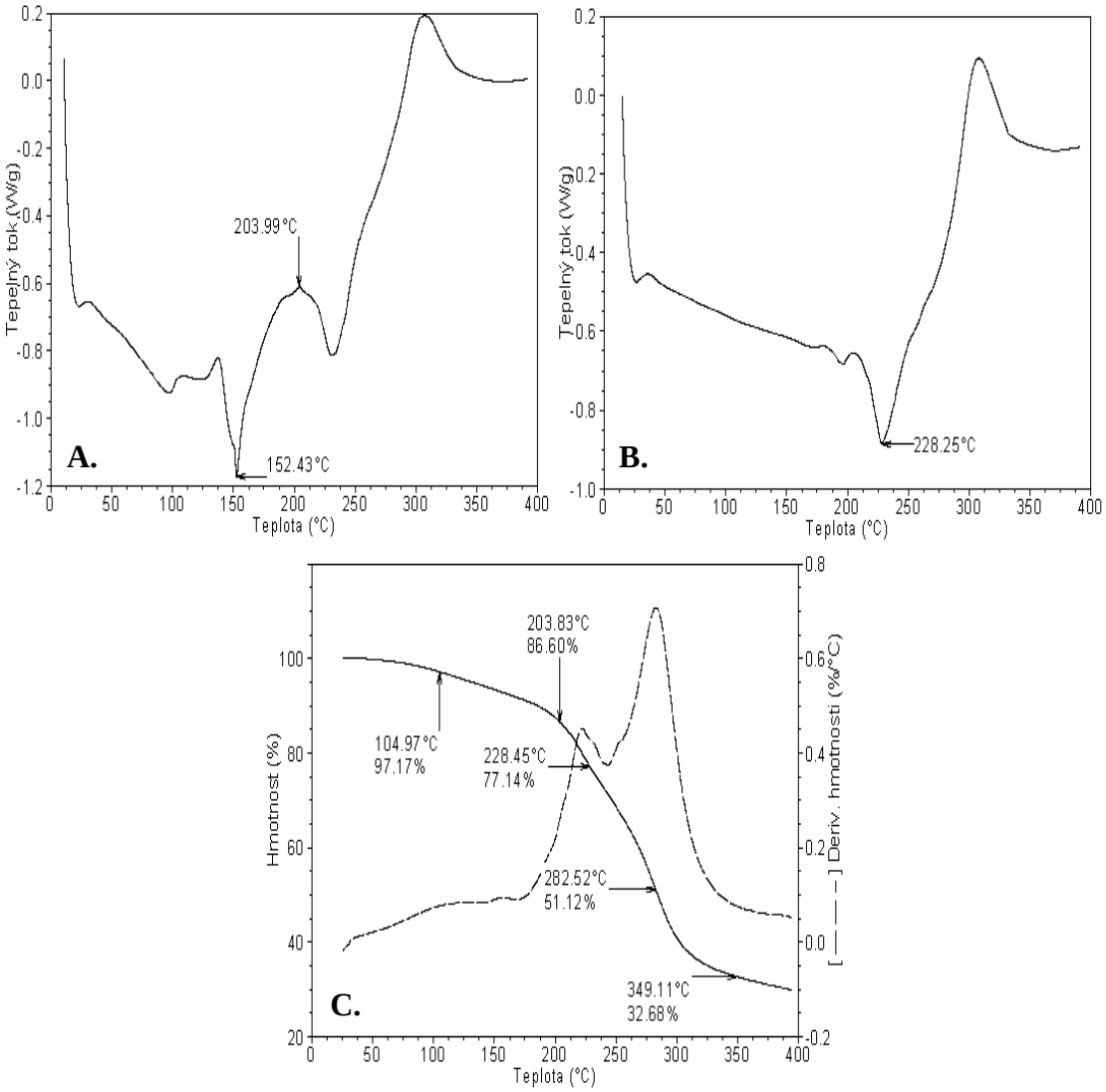
endotermní pík s minimem 182 °C který je spjatý s táním vzorku (obr. 30-B). Na TGA křivce (obr. 30-C) potom vidíme při teplotě 104,97 °C pokles hmotnosti o 1,05 % což představuje odstranění sorbované vody ze vzorku. Při 141,69 °C byl pokles hmotnosti vzorku 4,27 % což s největší pravděpodobností představuje odstranění vázané vody. Tání vzorku začíná při teplotě 182,04 °C a pokles hmotnosti vykazuje 7,72 %. Počátek termické degradace je při 227,24 °C a zde dochází již k úbytku vzorku o 13,54 %.



Obr. 31. Termická analýza filmu obsahujícího 30 % GLY + 3 % LEC + 2 % C

Na DSC křivce (obr. 31-A) je patrný endotermní pík s minimem 149,4 °C, který je pravděpodobně spjatý s uvolněním zbylé vázané vody. Voda byla při dalším měření odstraněna jelikož se provedlo zahřátí na 150 °C. Poté se vzorek ochladil a provedlo se nové měření. Na zcela nové křivce (obr. 31-B) byl patrný endotermní pík s minimem při 235,07 °C a s největší pravděpodobností souvisí se začátkem termické degradace.

Z TGA (obr. 31-C) křivky můžeme usoudit že při 104,97 °C došlo k hmotnostnímu poklesu o 1,79 % což představuje ztrátu sorbované vody. Při teplotě 149,36 °C dochází k tání vzorku a hmotnostní úbytek je zde 5,93 %.



Obr. 32. Termické analýzy filmu obsahujícího 30 % GLY + 3 % LEC + 2 % C + 2 % DAS

Na křivce DSC (obr. 32-A) vidíme endotermní pík s minimem při 152,43 °C a je s největší pravděpodobností spjatý s uvolněním vázané vody. Voda byla při dalším měření odstraněna jelikož se provedlo zahřátí na 150 °C, vzorek ochladil a provedlo se nové měření. Na TGA křivce (obr. 32-C) vidíme při teplotě 104,97 °C hmotnostní úbytek 2,83 % což představuje ztrátu sorbované vody. Při teplotě 203,83 °C a hmotnostní ztrátě 13,4 % dochází k počátku termické degradace vzorku.

ZÁVĚR

V teoretické části diplomové práce jsem se zabýval problematikou balení potravin. Zaměřil jsem se na obalové materiály v potravinářství a především na materiály z kterých se vyrábějí. Největší význam jsem věnoval obalům založených na přírodních polymerech, zejména na proteinech a na škrobu.

V experimentální části diplomové práce jsem se zabýval výrobou, modifikací a aplikací povlaků ze škrobovo-proteinových hydrolyzátů amarantové mouky o koncentraci 50 % (w/v), které jsem aplikoval na vzorek másla. Byly vyzkoušeny 3 typy povlaků: povlak s 30 % glycerinu + 3 %lecitinu, povlak s 30 % glycerinu + 3 % lecitinu + 2 % kyseliny askorbové a povlak s 30 % glycerinu + 3 % lecitinu + 2 % kyseliny askorbové + 2 % dialdehydu škrobu. U takto ošetřených másel jsem sledoval oxidační pochody při teplotách 7 a 22 °C stanovením peroxidového čísla, čísla kyselosti a anisidinového číslo. Dále jsem z připravených hydrolyzátů vyrobil filmy, které jsem podrobil zkoušce rozpustnosti a termické analýze.

Při pozorování oxidace bylo zjištěno že rychlost oxidačních procesů je závislá na teplotě prostředí. U vzorků másla skladovaných při teplotě 7 °C došlo po 40 dni k nárůstu rychlosti oxidačních procesů a u vzorku másla skladovaných při teplotě 22 °C to bylo již od počátku testu. Při posuzování stupně oxidace másla sledováním peroxidového čísla, čísla kyselosti a anisidinového čísla ošetřeného ochranným povlakem došlo ke zpomalení oxidačních procesů v porovnání se vzorkem másla bez povlaku asi o 1/3. Během dlouhodobého skladování másla při teplotě 7 °C vzorky másla ošetřené ochranným povlakem s obsahem 30 % glycerinu + 3 % lecitinu + 2 % kyseliny askorbové vykazovaly byl zjištěn přibližně stejný stupeň oxidace jako u vzorků másla uchovávaných v původním obalu.

Při posuzování rozpustnosti filmů připravených z povlakovacích roztoků ve vodném prostředí při 22 °C se tyto rozpouštěly poměrně rychle – za 30 min se rozpustilo cca 50 % filmu. Rozpouštění při 7 °C vykazovalo pomalejší průběh.

Výsledky testů oxidačních změn na másle ošetřeného povlakem ze škrobovo-proteinového hydrolyzátu mohou posloužit jako podklad pro potenciální využití těchto povlaků v praxi.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

[1] KAČEŇÁK I., *Obaly a obalová technika*. 1. vyd. Praha: Vysoká škola technická v Bratislavě, 1990. 179 s. ISBN 80-227-0301.

[2] DUCHÁČEK V., *Polymery - výroba, vlastnosti, zpracování, použití*, 2. vyd. Praha: VŠCHT, 2006. 64 s. ISBN 80-7080-617-6.

[3] SUOMINEN I., SUIHKO L. M., SALKINOJA-SALONEN M., Microscopic study of migration of microbes in food-packaging paper and board. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*, 1996, vol. 19, no. 2, p. 104-113. ISSN 1367-5435.

[4] FRANZ R., HUBER M., Testing and Evaluation of Recycled Plastics for Food Packaging Use Possible Migration Through a Functional Barrier, *Fraunhofer Institute of Food Technology and Packaging*, 1994, vol. 11, no. 4, p. 479-96.

[5] LEE J. W., SON S. M., S. I. HONG, Characterization of Protein-Coated Polypropylene Films as a Novel Composite Structure for Active Food Packaging Application, *Journal of Food Engineering*, 2008, vol. 86, no. 4, p. 484-493.

[6] ROBERTSON G. L., *Food Packaging: Principles and Practice*, Boca Raton: CRC Press 2005. p. 29, ISBN 0849337755.

[7] MONARCA S., De FUSCO R. et al., Studies of Migration of Potentially Genotoxic Compounds into Water Stored in PET Bottles, *Food and Chemical Toxicology*, 1994, vol. 32, no 9, p. 783-788.

[8] AHMAD M., BAJAHLAN A. S., Leaching of Styrene and Other Aromatic Compounds in Drinking Water from PS Bottles, *Journal of Environmental Science*, 2007, vol. 19, no. 4 , p. 426-426.

[9] HAN J., CASTELL-PEREZ M. E., MOREIRA R.G., The Influence of Electron Beam Irradiation of Antimicrobial-Coated LDPE/Polyamide Films on Antimicrobial Activity and Film Properties, *Food Science and Technology*, 2007, vol. 40, no. 9, p. 1545-1554.

[10] DEMIRGÖZ D., Chemical modification of starch based biodegradable polymeric blends: effects of water uptake, degradation behavior and mechanical properties. *Polymer Degradation and Stability*, 2000, vol. 70, no. 2, p. 161-170, ISSN 0141-3910.

[11] SALVATOR A., SANZ T., FISZMAN S. M, Performance of Methyl Cellulose in Coating Batters for Fried Products, *Food Hydrocolloids*, 2008, vol. 22, no. 6., p. 1062-1067.

[12] WAKERLY Z., FELL J. T., ATTWOOD D., PARKINS D., Studies on drug release from pectin/ethylcellulose film-coated tablets: a potential colonic delivery system, *International Journal of Pharmaceutics*, 1997, vol. 153, no. 2, p. 219-224.

[13] SHUJUN W., JIUGAO Y., JINGLIN Y., Preparation and characterization of compatible thermoplastic starch/polyethylene blends, *Polymer Degradation and Stability*, 2005 , vol. 87, no. 3, p. 395-401.

[14] Internetová encyklopedie Wikipedie: Biopolymer [online]. [cit. 2008-3-29]. Dostupný z WWW: http://cs.wikipedia.org/wiki/Biopolymer

[15] Internetová encyklopedie Wikipedie: Polysacharidy [online]. [cit. 2008-3-29]. Dostupný z WWW: http://cs.wikipedia.org/wiki/Polysacharidy

[16] ELIASSON A. CH., *Starch in food, Structure, function and applications*, Boca Raton: CRC Press, 2004, p. 605, ISBN 0-8493-2555-2.

[17] Celulóza [online]. [cit. 2008-3-29]. Dostupný z WWW: http://www-biol.paisley.ac.uk/Courses/stfunmac/glossary/cellulose.html

[18] HOOD L. L., *Collagen in Sausage Casings*, in PEARSON A. M., DUSTON T. R., BAILEY A. J., eds., *Advances in Meat Research*, vol. 4, New York, Van Nostrand Reinhold, , 1987, p. 109-129.

[19] ROSE P. I., *Gelatin*, in MARK H. F. et al. eds., *Encyclopedia of Polymer Science and Engineering*, vol. 7, 2nd ed., New York, John Wiley & Sons, 1987.

[20] MOKREJŠ P., LANGMAIER F., *Aplikace přírodních polymerů*, 1. vyd. Zlín:Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2008, 90 s, ISBN 978-80-7318-674-6.

[21] HERALD T. J., Corn Zein Packaging Materials for Cooked Turkey, *J. Food Sci*. 1996, no. 61, p. 415-417, 421.

[22] GONTARD N., GUILBERT S., CUQ J. L., Edible Wheat Gluten Films: Influence of the Main Process Variables on Film Properties Using Response Surface Metodology, *J. Food Sci*., 1992, no. 57, p. 190-195.

[23] OKAMOTO S., Factors Affecting Protein Film Formation, *Cereal Foods World*, 1978, no.23, p. 256-262.

[24] U.S. Pat. 5, 681, 517 (October 28, 1997), W. Metzger (to Doxa GmbH).

[25] MATÉ J. I., KROCHTA J. M., Whey Coating Effect on the Oxygen Uptake or Dry Roasted Peanuts, *J. Food Sci*., 1996, no. 61, p. 1202-1206.

[26] GENNADIOS A. et al., Mechanical and Barrier Properties of Egg Albumen Films, *J. Food Sci*.,1996, no. 61, p. 585-589.

[27] Citace článku, [online]. [cit. 2008-3-29]. Dostupný z WWW : http://www.agronavigator.cz/az/vis.aspx?id=76530

[28] WILLIAMS S. K., OBLINGER J. L., WEST R. L., Evaluation of a Calcium Alginate Film or Use on Beef Cuts, *J. Food Sci*., 1978, no. 43, p. 292-296.

[29] SIRAGUSA G. R., DICKSON J. S., Inhibition of Listeria monocytogenes on Beef Tissue by Application of Organic Acids Immobilized in a Calcium Gel, J. *Food Sci*., 1992, no. 57, p. 293-296.

[30] GARCÍA M. A., MARTINO M. N., ZARITZKY N. E., Starc-Based Coatings: Effect on Refrigerated Strawberry (Fragaria ananassa), *J. Sci. Food Agric*., 1998, no. 76, p. 411-420.

[31] SIMPSON B. K. et al. Utilization of Chitosan for Preservation of Raw Shrimp, *Food Biotechnol*., 1997, no. 11, p. 25-44.

[32] GENNADIOS A., HANNA M. A., KURTH L. B., Application of EdibleCoatings on Meats, Poultry and Seafoods: A Review, *Lebensm.-Wiss. Technol*., 1997, no. 30, p. 337-350.

[33] BALASUBRAMANIAM V. M. et al., The Effect of Edible Film on Oil Uptake and Moisture Retention of a Deep-Fat Fried Poultry Product, *J. Food Proc. Engr*., 1997, no. 20, p. 17-29.

[34] STUCHELL Y. M., KROCHTA J. M., Edible Coating on Frozen King Salomon: Effect of Whey Protein Isolate and Acetylated Monoglycerides on Moisture Loss and Lipid Oxidation, *J. Food Sci*., 1995, no.60, p. 28-31.

[35] NISPEROS M. O., BALDWIN E. A., Edible Coatings for Whole and Minimally Processed Fruits and Vegetables, *Food Aust*., 1996, no. 48, p. 27-31.

[36] E. HERNANDEZ, *Edible Coatings From Lipids and Resins*, in J. M. KROCHTA, E. A. BALDWIN, M. NISPEROS-CARRIEDO, ads., *Edible Coatings and Films To Improve Food Quality*, Lancaster, Technomic Publishing Co., 1994, pp. 279-303.

[37] Internetová encyklopedie Wikipedie: Laskavec [online]. [cit. 2008-4-24]. Dostupný z WWW: http://cs.wikipedia.org/wiki/Laskavec

[38] J. JAROŠOVÁ, *Pěstování a využití amarantu*, s. 10, Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací, 1997.

[39] FIDANTSI A., DOXASTAKIS G., Emulsifying and Foaming Properties of Amaranth Seed Protein Isolated, *Colloids and Surfaces*, 2001, vol. 21, p. 119-124.

[40] AVANZA M.V., PUPPO M. C., ANON M. C., Rheological characterization of Amaranth Protein Gels, *Food Hydrocolloids*, 2005, vol. 19, no 5, p. 889-898.

[41] RAVINDRAN V. et al., Nutritional evaluation of Grain Amaranth (Amaranthus hypochondriacus) in Broiler Diets, *Animal Feed Science Technology*, 1996, vol. 63, p. 323-331.

[42] ZAJÍC J., BAREŠ M., *Chemie a technologie tuků*, 1. vyd. Praha: VŠCHT, 1987, 224 s.

[43] HRABĚ J., BUŇKA F., HOZA I., BŘEZINA P., *Technologie výroby potravin živočišného původu*, 1. vyd., Zlín: UTB, 2007, 186 s., ISBN 978-80-7318-521-3.

[44] HRABĚ J., ROP O., HOZA I., *Technologie Výroby Potravin Rostlinného Původu*, 1. vyd., Zlín: UTB, 2006. 178 s., ISBN 80-7318-372-2.

[45] Internetová encyklopedie Wikipedie: Žluknutí [online]. [cit. 2008-4-20]. Dostupný z WWW: http://cs.wikipedia.org/wiki/%C5%BDluknut%C3%AD

[46] VAN DEN BERG G., Technical Guide for the Packaging of Milk and Milk Product, *Bulletin of the International Dairy Federation*, IDF Bulletin, Brussels, 1995, p. 101-110.

[47] Citace článku, [online]. [cit. 2008-3-27].

Dostupný z WWW :http://www.obalroku.cz/index.php?inc=200

[48] QUINTAVALLA S., VICINI L., Antimicrobial Food Packaging in Meat Industry, *Meat Science*, 2002, vol. 62, no 3, p. 373-380.

[49] GENIGEORGIS C. A., Microbial and Safety Implications of the Use of Modified Atmospheres to Extend the Storage Life of Fresh Meat and Fish, *International Journal of Food Microbiology*, 1985, vol. 1, no 5, p. 237-251.

[50] J. DAVÍDEK, *Laboratorní příručka analýzy potravin*, 2. vyd., Praha: SNTL, 1981.

[51] ČSN 56 0512-16: Metody zkoušení mlýnských výrobků. Část 16: Stanovení škrobu podle Ewerse.

[52] DRDÁK M. a kol., *Základy potravinářských technologií*, 1. vyd., Bratislava: Malé centrum, 1996.

[53] MOKREJŠ P. a kol., *Ztekucení škrobu amarantové mouky*. In: A*prochem 2008, 17. konference-Chemické technologie*, Milovy, Sborník přednášek 2, p. 2187, ISBN 80-02-01812-5.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

AČ Anisidinové číslo.

C Kyselina askorbová.

ČK Číslo kyselosti.

DAS Dialdehyd škrobu.

GLY Glycerin.

LEC Lecitin.

PČ Peroxidové číslo.

SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK

Obr. 1. Potravinářské obaly ze syntetických polymerů 12
Obr. 2. PE smršťovací a obalové fólie 13
Obr. 3. PA/PP folie na balení uzenina sýrů 15
Obr. 4. Část molekuly amylopektinu 17
Obr. 5. Celulóza 20
Obr. 6. Chitin 20
Obr. 7. Struktura proteinu 21
Obr. 8. Jedlá želatina 26
Obr. 9 Amarant, nebo taky laskavec 34
Obr. 10. Molekula cholesterolu 36
Obr. 11. Molekula triacylglycerolu, kde R představuje navázaný substituent 36
Obr. 12. Obal na máslo Engholm 39
Obr. 13. Schéma přípravy hydrolyzátu z amarantové mouky 45
Obr. 14. Zahuštěný škrobovo-proteinový hydrolyzát 46
Obr. 15. Vzorky másla bez povlaku (vlevo) a s povlakem (vpravo) 47
Obr. 16. Závislost peroxidového čísla na čase u másla skladovaného při 7 °C 54
Obr. 17. Závislost čísla kyselosti na čase u másla skladovaného při 7 °C 56
Obr. 18. . Závislost anisidinového čísla na čase u másla skladovaného při 7 °C 57
Obr. 19. Závislost peroxidového čísla na čase u másla skladovaného při 22 °C 58
Obr. 20. Závislost čísla kyselosti na čase u másla skladovaného při 22 °C 60
Obr. 21. Závislost anisidinového čísla na čase u másla skladovaného při 22 °C 61
Obr. 22. Srovnání průběhu peroxidového čísla u referenčních vzorků 62
Obr. 23. Srovnání průběhu peroxidového čísla u vzorků v původním obalu 62
Obr. 24. Srovnání průběhu peroxidového čísla u povlaku 63
Obr. 25. Srovnání průběhu peroxidového čísla u povlaku 63
Obr. 26. Srovnání průběhu peroxidového čísla u povlaku 63
Obr. 27. Srovnání vzorků másla po 40 dnech při teplotě 7 °C 64
Obr. 28. Rozpustnost filmů při 7 °C 65
Obr. 29. Rozpustnost filmů při 22 °C 65
Obr. 30. Termická analýza filmu obsahujícího 30 % GLY + 3 % LEC 66
Obr. 31. Termická analýza filmu obsahujícího 30 % GLY + 3 % LEC + 2 % C 67

Obr. 32. Termické analýzy filmu obsahujícího 30 % GLY + 3 % LEC + 2 % C + 2 % DAS 68

Tabulka 1.Přehled modifikací škrobu. 18
Tabulka 2. Podíl nasycených a nenasycených kyselin v jednotlivých druzích tuku. 37
Tabulka 3. Složení amarantové mouky 42
Tabulka 4. Vypočtené průměrné hodnoty peroxidového čísla při 7 °C 53
Tabulka 5. Vypočtené průměrné hodnoty čísla kyselosti 55
Tabulka 6. Vypočtené hodnoty anisidinového čísla při 7 °C 57
Tabulka 7. Vypočtené průměrné hodnoty peroxidového čísla při 22 °C 58
Tabulka 8. Vypočtené průměrné hodnoty čísla kyselosti 59
Tabulka 9. Vypočtené hodnoty anisidinového čísla při 22 °C 61