

Aplikace jedlých polymerních povlaků na vybrané druhy zeleniny

Bc. Ondřej Krejčí

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. Ondřej KREJČÍ**

Studijní program: **N 2808 Chemie a technologie materiálů**

Studijní obor: **Inženýrství polymerů**

Téma práce: **Aplikace jedlých polymerních povlaků na vybrané druhy zeleniny**

Zásady pro vypracování:

1. Materiálová základna pro přípravu jedlých polymerních povlaků a filmů na potraviny, složení a vlastnosti filmů/povlaků
2. Zpracovatelské techniky přírodních polymerů, způsoby modifikace vlastností filmů/povlaků
3. Výhody aplikace jedlých povlaků na zeleninu a ovoce
4. V experimentální části příprava povlakovacího roztoku založeného na hydrolyzátu škrobu amarantové mouky (dle doporučené metodiky), modifikace povlakovacího roztoku
5. Tvorba povlaků na vybrané druhy zeleniny máčením
6. Ověření funkčnosti ochranného povlaku za definovaných podmínek
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. Ching, Ch. **Biodegradable Polymers and Packaging**. Lancaster: Technomic Publishing Company, Inc. 1993.
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



doc. Ing. Petr Hlaváček, CSc.
děkan



Ing. Roman Čermák, Ph.D.
ředitel ústavu

ABSTRAKT

V teoretické části diplomové práce je popsáno složení jedlých polymerních filmů, jejich vlastnosti, modifikace a způsoby přípravy. Dále je zde uvedeno použití jedlých polymerních filmů na ovoce a zeleninu. Cílem praktické části diplomové práce byla aplikace povlaků z 50% roztoku škrobovo-proteinového hydrolyzátu amarantové mouky na vzorky jahod, kedluben a mrkve. Bylo zvoleno 5 typů povlaků (s 10 a 30% přídavkem glycerolu, s 1 a 4% přídavkem dialdehydu škrobu a bez přídavku aditiva). Při testech na vzorcích jahod skladovaných při pokojové teplotě se jako nejlepší ukázal povlak z 50% roztoku hydrolyzátu, neboť s tímto povlakem byl nástup hnilobných procesů zpomalen o 122 hodin a ztráty hmotnosti vzorků jahod v důsledku ztrát vlhkosti byly cca o 16% nižší. Při skladování jahod v ledničce byl pak nejlepší povlak s 30% přídavkem glycerolu, kde byl nástup hnilobných procesů zpomalen o 264 hodin a ztráty hmotnosti byly cca o 17% nižší. U vzorků mrkve a kedluben došlo aplikací povlaků v průměru ke 2 až 4% omezení ztrát vlhkosti v průběhu skladování.

Klíčová slova:

amarant, jedlé povlaky, škrob, protein, hydrolyzát, jahody, kedlubny, mrkev

ABSTRACT

Structure of edible polymer films, their properties, modifications and process of preparation are describe in a theoretical part of the master thesis. The master thesis discusses applications of edible polymer films on fruits and vegetables. The goal of experimental part was application of coatings from 50% starch-protein hydrolysate solution of amaranth flour on samples of strawberries, kohlrabies and carrots. Five types of coatings were choose (with 10 and 30% addition of glycerol, with 1 and 4% addition of starch dialdehyde and without additives). The best coating during tests with samples of strawberries stored in room temperature was from 50% hydrolysate solution. This coating on strawberries slowed down decay process for 122 hours and weight decrease as a result of water evaporation was lower about approx 16%. The best coating for strawberries stored in a fridge was coating with 30% addition of glycerol. This coating slowed down decay process for 264 hours and weight decrease was lower about approx 17%. In the case of kohlrabies and carrots 2–4% reduction of weight loss after application of coatings was monitored.

Keywords:

amaranth, edible coatings, starch, protein, hydrolysate, strawberries, kohlrabi, carrot

Na tomto místě bych rád poděkoval Ing. Pavlu Mokrejšovi, Ph.D. za odborný dohled nad touto prací, poskytnuté konzultace a cenné rady při měření i zpracování výsledků. Dále bych rád poděkoval laborantkám Věře Kymlové, Renatě Zelinové a Miroslavě Žaludkové za jejich pomoc při práci v laboratořích.

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 16.5.2008

.....
Podpis diplomanta

Obsah

Úvod a cíle práce	8
TEORETICKÁ ČÁST	9
1. Jedlé polymerní povlaky	10
2. Vlastnosti jedlých povlaků	12
3. Modifikace vlastností biopolymerů	14
3.1 Modifikace proteinů	14
3.2 Modifikace škrobu	15
4. Zpracovatelské techniky biopolymerů	17
4.1 Rozpouštědlový způsob přípravy filmů	18
4.2 Příprava filmů termoplastifikací	18
5. Fysiologické změny na ovoci a zelenině po sklizni	19
PRAKTICKÁ ČÁST	24
6. Přístroje a chemikálie	25
7. Postup práce	25
7.1 Příprava vzorků ovoce a zeleniny	25
7.2 Příprava škrobovo-proteinového hydrolyzátu amarantové mouky	27
7.3 Příprava povlakovacích roztoků	28
7.4 Tvorba ochranných povlaků a testování jejich funkčnosti při skladování	30
8. Výsledky a diskuze	32
8.1 Povlaky z 50% roztoku hydrolyzátu	32
8.1.1 Povlaky aplikované na jahody	32
8.1.2 Povlaky aplikované na kedlubny	36
8.1.3 Povlaky aplikované na mrkev	38
8.2 Povlaky z 50% roztoku hydrolyzátu + 10% GLY	41
8.2.1 Povlaky aplikované na jahody	41
8.2.2 Povlaky aplikované na kedlubny	44
8.2.3 Povlaky aplikované na mrkev	47
8.3 Povlaky z 50% roztoku hydrolyzátu + 30% GLY	49
8.3.1 Povlaky aplikované na jahody	49

8.3.2	Povlaky aplikované na kedlubny	52
8.3.3	Povlaky aplikované na mrkev	55
8.4	Povlaky z 50% roztoku hydrolyzátu + 1% DAS	57
8.4.1	Povlaky aplikované na jahody	57
8.4.2	Povlaky aplikované na kedlubny	60
8.4.3	Povlaky aplikované na mrkev	63
8.5	Povlaky z 50% roztoku hydrolyzátu + 4% DAS	65
8.5.1	Povlaky aplikované na jahody	65
8.5.2	Povlaky aplikované na kedlubny	68
8.5.3	Povlaky aplikované na mrkev	71
8.6	Srovnání účinnosti polymerních povlaků na vzorky jahod	73
8.7	Srovnání účinnosti polymerních povlaků na vzorky kedluben	74
8.8	Srovnání účinnosti polymerních povlaků na vzorky mrkve	76
8.9	Hodnocení vlastností filmů	77
8.9.1	Tepelné vlastnosti	77
8.9.2	Zkoušky rozpustnosti	87
	Závěr	89
	Použitá literatura	90
	Seznam obrázků	92
	Seznam tabulek	95
	Seznam symbolů a zkratk	96

Úvod a cíle práce

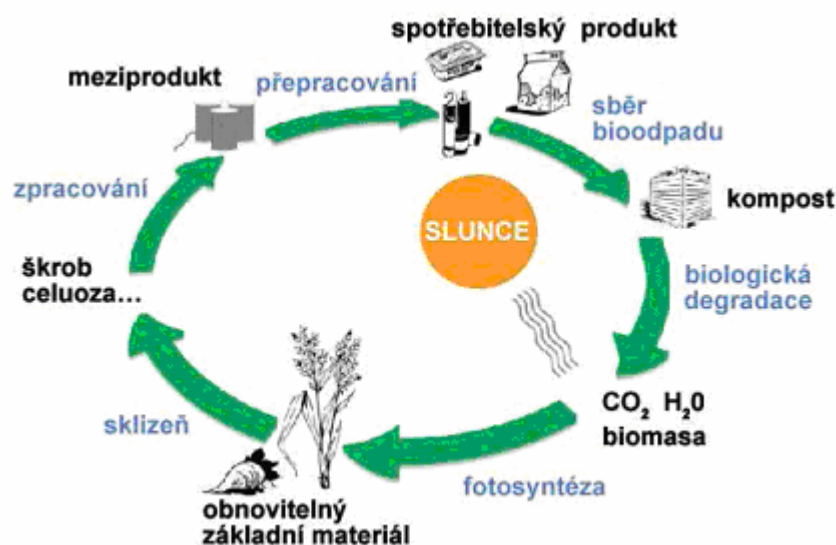
Ovoce a zelenina jsou stále biologicky aktivní i po sklizni. Jejich hlavním biologickým pochodem je dýchání a odpařování vlhkosti, které vede ke ztrátám hmotnosti, osychání a změnám vzhledu. Chceme-li uchovat ovoce a zeleninu déle čerstvé musíme tyto změny minimalizovat. Jedním ze způsobů ošetření produktů je aplikace vhodného obalu. Takovými obaly mohou být také jedlé polymerní povlaky připravené z některého ze zdrojů biopolymerů. Tyto obaly mohou mít podobné bariérové vlastnosti jako syntetické polymery, ale mají oproti nim velkou výhodu v tom, že jsou zcela rozložitelné v přírodě (biodegradabilní). Jedlé polymerní povlaky se aplikují na ovoce a zeleninu především kvůli zvýšení odolnosti proti ztrátám vlhkosti a také pro vylepšení jejich vzhledu. Tím, že se zabrání ztrátám vlhkosti a tím i hmotnosti, můžou být produkty déle skladovány a také déle nabízeny spotřebiteli. Zabránit vysychání ovoce a zeleniny a tím prodloužit dobu jeho skladovatelnosti je výhodné především u produktů, které se dovážejí ze vzdálenějších zemí. Jedlé polymerní povlaky také zlepšují vzhled produktů, především jejich lesk. Jsou také zcela zdravotně nezávadné. Tyto jejich vlastnosti jim dávají do budoucna velkou šanci se více prosadit v praktických aplikacích.

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

I. TEORETICKÁ ČÁST

1. Jedlé polymerní povlaky

Biopolymery z obnovitelných zdrojů jsou novou generací plastů schopné významně omezit environmentální dopad ve vztahu ke spotřebě energie a skleníkovému efektu ve specifických aplikacích. Biopolymery účinkují jako tradiční plasty, které používáme, ale jsou plně biodegradabilní během kompostovacího cyklu. Tisíce předmětů denní potřeby se vyrábějí z plastů, jejichž původní surovinou je ropa. Ropa se stává stále vzácnější a dražší surovinou. Tento problém vyřešili chemici neobvyklým způsobem tak, že místo ropy použili rostlinný materiál a také bakterie. Touto tichou revolucí vznikly ekvivalentní syntetické hmoty mající předponu bio, které jsou odbouratelné v rekordním čase a neobsahují žádný ropný produkt. Toto alternativní řešení je významné tím, že neohrožuje životní prostředí, jako je tomu u ropy a výrobků z ní. Tento počín ukazuje na to, že bioplasty zahajují novou obchodní éru jako polymery s předponou bio [1, 2].



Obr. 1 - Životní cyklus bioobalů

Obalové materiály na bázi přírodních zdrojů musí splňovat stejná kritéria, která se aplikují na konvenční obalové materiály pro potraviny včetně legislativních požadavků. Obaly musí být voleny tak, aby neobsahovaly zdraví škodlivé látky, které by se z nich mohly uvolňovat, ani látky, se kterými by mohl potravinářský výrobek jakýmkoliv způsobem reagovat. Tradiční obalové materiály pro potraviny se vyráběly (kromě papíru a lepenky) z neobnovitelných materiálů. Od 90. let minulého století se začal zvyšovat zájem o využití obnovitelných zdrojů pro výrobu obalových materiálů. Materiály na bázi

přírodních obnovitelných zdrojů se odbourávají na složky, které se nacházející v přírodě, a tak se přirozeně recyklují. Vzhledem k nepřítomnosti syntetických chemických sloučenin se obaly na bázi přírodních obnovitelných zdrojů považují za přijatelnější z hlediska zdraví spotřebitele než řada konvenčních materiálů a také z hlediska jejich likvidace, neboť se biologicky rozkládají na kompost bez uvolňování škodlivých chemikálií vznikajících spalováním konvenčních obalů [3, 4].

První generace biodegradovatelných polymerů byla obvykle tvořena škrobovými granulemi, které se přidávaly k polymerům na bázi ropy. Současný vývoj je zaměřen na polymery odvozené téměř výhradně od zrnin a dalších obnovitelných biologických zdrojů, a to z mnoha různých důvodů:

- hrozící nedostatek ropy
- environmentální a ekonomické dopady ropných polymerů
- využití obnovitelné energie při syntéze polymerů
- moderní mikrobiologické a genové technologie
- požadavky spotřebitelů
- zákonné požadavky (kupř. německý zákon o obalech)
- mezinárodní standardy ISO 14000, které prosazují používání plastů ohleduplných k životnímu prostředí
- stimulace průmyslového výzkumu a vývoje ze strany vládních orgánů

Suroviny pro výrobu biodegradovatelných polymerů jsou biologické polymery a monomery, jako jsou proteiny, škroby, celulóza, pektiny, neškrobové polysacharidy, chitin, vosky a gumy se mohou získávat z různých zdrojů – obilovin, brambor, luštěnin, ovoce, ořechů, mořských řas, vajec, mléka, masa, vlny, peří a ryb. V současné době se řada výzkumů zaměřuje na použití cereálií jako výchozí suroviny pro výrobu nových biomateriálů [5].

Jedlé fólie a potahy se tradičně používají ke zlepšení vzhledu a k prodloužení uchovatelnosti potravin. Nejběžnějšími příklady jsou potahy z vosku na ovoce, čokoládové potahy pro cukrovinky, lipidové fólie k ochraně masných výrobků, lipoproteinové fólie na bázi “sójového mléka”, které se používají ke zlepšení vzhledu a uchování určitých potravin v Asii. V ovoci a zelenině dobíhají životní pochody dozrávání a dýchání. Proto je nutné, aby jejich obaly měly určitou propustnost pro kyslík, oxid uhličitý a vodní páry, jinak by mohlo docházet k zadušení plodů, které by se tím staly nekonzumovatelnými. Naproti

tomu vysoká propustnost pro vodní páry by vedla ke ztrátě hmotnosti. Jedlé povlaky použité na ovoce a zeleninu prodlužují skladovatelnost a zlepšují vzhled [4, 6, 7].

Zájem o jedlé fólie se značně zvýšil, neboť jsou příznivé pro životní prostředí (jsou biodegradovatelné) a jejich uplatnění v potravinářském průmyslu může být značné. Jedlé fólie a potahy jsou přirozené polymery, které se získávají ze zemědělské produkce. Obecně jsou na bázi živočišných a rostlinných proteinů, polysacharidů a lipidů. Testovalo se mnoho bílkovinných materiálů: kolagen, kukuřičný zein, pšeničný lepek, sójový bílkovinný izolát, rybí protein, ovalbumin, izolát syrovátkové bílkoviny, kasein aj. [6].

Syntetické polymery budou stále častěji nahrazovány biodegradabilními materiály, protože ty jsou vytvořeny z přírodních zdrojů. Více než původní chemická struktura biopolymerů bude rozhodovat jejich biodegradabilita. Používání takových obalů z biopolymerů otevírá potenciální ekonomický prospěch pro farmáře a zemědělské zpracovatele [8].

2. Vlastnosti jedlých povlaků

Filmy na povrchu potravin jsou často ochranou před oxidací vzdušným kyslíkem, zpomalují další reakce probíhající v potravinách, zabraňují odpařování vody nebo naopak vlhnutí, usnadňují rozpouštění výrobků, lesklé povlaky zabezpečují atraktivnější vzhled potravin. V některých případech jsou tyto filmy a povlaky bariérou před invazí mikroorganismů. Jedlé polymerní povlaky se vyznačují řadou vlastností, které se využívají při balení a skladování potravin. Mezi tyto vlastnosti patří především bariérové vlastnosti povlaků proti pronikání vlhkosti, plynů a proti ztrátě aroma. Jedlé polymerní povlaky musí být také bez zápachu, bez příchutě a musí být transparentní. Jedlé potahy se používají za účelem minimalizování kažení minimálně oprašovaného ovoce a zeleniny. Poskytují částečnou bariéru pro vlhkost a výměnu plynů (CO_2 a O_2). Odhaduje se, že by mohly snižovat kažení ovoce a zeleniny o 25–80%. Prospěšný efekt povlaků zahrnuje také zlepšení vzhledu a redukci hmotnostních ztrát. Amylosové povlaky redukují ztráty vlhkosti, udržují pevnost a snižují rozklad mražených jahod. Důležitý je také způsob vytvoření povlaku na potravině. Natírané filmy mají lepší bariérové vlastnosti proti pronikání vodní páry a mechanické vlastnosti než filmy nanášené sprejováním. Celkově použití povlaků prodlužuje skladovatelnost, způsobuje pomalejší dozrávání a měknutí, a

také redukuje úbytky hmotnosti. Kvalitativní kritéria jedlých polymerních filmů musí být posuzovány pečlivě a kvalitativní parametry musí být monitorovány po celou dobu skladování [6, 7, 9, 10, 11, 12].

Jedlé polymerní filmy mají mnohem vyšší propustnost pro vodní páru než filmy ze syntetických plastů. Nejlepší bariérové vlastnosti z jedlých filmů prokázal film vyrobený z SPE (Sucrose Polyester). Výzkum naznačuje, že jedlé potahy vyrobené z mléčné bílkoviny a derivátů rostlinného oleje by mohly výrazně snížit úbytek vlhkosti a zamezit oxidačnímu hnědnutí jablečných plátků. Emulzní potahy kaseinátu sodného a stearové kyseliny zvyšují stabilitu během skladování a snižují ztráty vody u odslupkované mrkve. Použití esterů sacharózy a mastných kyselin, mono- a diglyceridů, zvyšuje odolnost vůči vodní páře (až do 75 %) u cukety. Fólie zesíťovaného kaseinátu vyrobená pomocí gama-záření značně snižuje ztrátu vody u jahod během skladování a oddaluje hnědnutí brambor a jablek. Testovala se řada typů potahových materiálů pro udržení kvality zmrazených potravin, např. karagenany, algináty, acetylované monoglyceridy, avšak s omezeným úspěchem a přijatelností pro spotřebitele. Přídavkem lipidových látek do proteinů se vytvářejí emulzní fólie, které představují účinnou ochranu před ztrátou vlhkosti. Emulzní potahy na bázi kaseinu a acetylovaných monoglyceridů byly použity na kousky zmrazeného lososa, který byl skladován při teplotě -10°C . Ve srovnání s lososem, který nebyl ošetřen, došlo ke snížení ztrát vlhkosti [6, 10, 13].

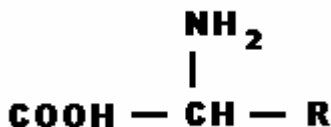
Zjistilo se, že při nízké a střední relativní vlhkosti jsou mléčné bílkoviny dobrou bariérou vůči plynům. Jedlé potahy na ovoci by mohly sloužit jako bariéry vůči vlhkosti a plynu. Mohly by napomoci snižovat ztráty vody a nebo snižovat příjem kyslíku z vnějšího prostředí a tím zpomalit respiraci. Při porovnávání dvou biopolymerních filmů použitých na mango bylo zjištěno, že polysacharidové filmy měly nižší propustnost pro kyslík než filmy z vosku karnaubové palmy pod podmínkou zachování nízké relativní vlhkosti. [6, 7].

Kromě toho, že chrání před ztrátou aroma, mohou se jedlé fólie použít také jako nosiče aroma. Sorpční schopnosti jedlých potahů dovolují začlenit chuť a vůni do potahu za účelem oddálení jeho uvolňování. Chuť a vůně se mohou uvolňovat až v ústech žvýkáním nebo během přípravy potraviny (působením tepla, rehydratací). Jedlé fólie na bázi mléčné bílkoviny by mohly pojmout zvýrazňovače chuti a vůně, a také nutriční látky. Fólie získané z ozářených roztoků kaseinátu vápenatého by se mohly používat jako prostředek k mikroenkapsulaci aroma u potahů ovoce, zeleniny a sýru, ale i v potravinářských obalech. Byla vyvinuta metoda výroby kaseinové biodegradovatelné

fólie – dvojrozměrné i ve formě trubice, která má dobré obalové vlastnosti pro aromatické výrobky v suchém stavu, např. čaj, kávu a koření [6].

3. Modifikace vlastností biopolymerů

Proteiny jsou velmi citlivé na chemické a fyzikální vlivy, což přináší problémy při jejich zpracování, stabilizaci a skladování. Fyzikální nestabilita proteinů se týká změn na úrovni sekundární, terciární a kvartérní struktury proteinu. Chemická nestabilita proteinů se týká úpravy kovalentních vazeb proteinů (např. hydrolýza, deaminace či oxidace). Vzhledem k tomu, že proteiny obsahují mnoho reaktivních skupin, je možné upravit jejich vlastnosti a vyhovět tak požadavkům souvisejících s jejich aplikací. Tato vysoká funkčnost odlišuje bílkoviny od ostatních biopolymerů. Modifikují se následující vlastnosti proteinů: rozpustnost, reologické vlastnosti, adheze na různé substráty, mechanické vlastnosti, bariérové vlastnosti, citlivost vůči vodě [14].



Obr. 2 - Struktura proteinové molekuly

Škrob je polysacharid složený z lineární amylosy a rozvětveného amylopektinu. Obě frakce mohou tvořit filmy, ale amylosové filmy mají lepší mechanické a bariérové vlastnosti. Modifikace škrobu se provádí za účelem změny struktury škrobu, modifikace vodíkových vazeb. Tyto změny jsou vedeny za účelem rozšíření aplikačních možností škrobu. Všechny změny se odehrávají na molekulární úrovni, takže botanický původ škrobu je možné i po těchto změnách identifikovat mikroskopicky [14, 15].

3.1 Modifikace proteinů

Fyzikální modifikace proteinů zahrnuje působení teploty, tlaku, použití plastifikátorů, plniv a dalších aditiv. Plastifikátory (změkčovadla) jsou obecně malé molekuly, např. polyoly (glycerol, sorbitol, polyethylenglykol atd.), které pronikají do

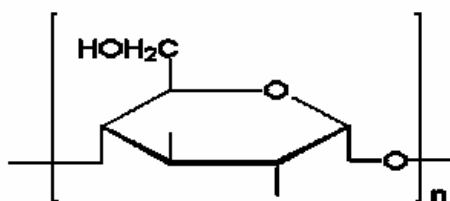
prostorů mezi polymerními řetězci, rozrušují mezimolekulární síly (vodíkové vazby), čímž oddalují polymerní řetězce, zvyšující tak flexibilitu polymerních řetězců a rovněž permeabilitu proteinu. Plastifikátory jsou všeobecně nejpotřebnější pro přípravu proteinových materiálů. Použití plastifikátorů jako je glycerin, ethylenglykol, sorbitol atd. ve filmech vyjadřujeme jako kompozity s výhodnou propůjčenou ohebností a flexibilitou, které usnadňují manipulaci. Použití plastifikátorů snižuje křehkost filmů. Zvýšením obsahu plastifikátoru zvýšíme rozpustnost proteinových filmů ve vodě a snížíme tím mechanickou odolnost (Youngův modul, T_g) proteinového filmu [8, 14, 16, 18].

Chemická modifikace je kovalentní vazba chemického činidla na protein (např. síťování). Zvýšení hydrofility proteinu – začlenění polárních skupin do struktury proteinu, např. $-\text{COOH}$, $-\text{NH}_2$, $-\text{OH}$, $-\text{PO}_2^{2-}$, $-\text{SO}_4^{2-}$. Zvýšení hydrofobity proteinu zahrnuje začlenění nepolárních skupin do struktury proteinu, např. aromatické nebo alkyl skupiny. Síťování je vytvoření kovalentní vazby mezi proteinovými molekulami. Začlenění formaldehydu jako síťovadla do proteinu zvýší mechanické vlastnosti a nerozpustnost proteinového filmu a také zvýší T_g filmu. Síťování se často používá pro úpravu odolnosti proti vodě, koheze, pevnosti, mechanické odolnosti a bariérových vlastností materiálů [14, 16, 18].

Při **enzymatické modifikaci** se používají hydrolyzující nebo síťující enzymy [14].

3.2 Modifikace škrobu

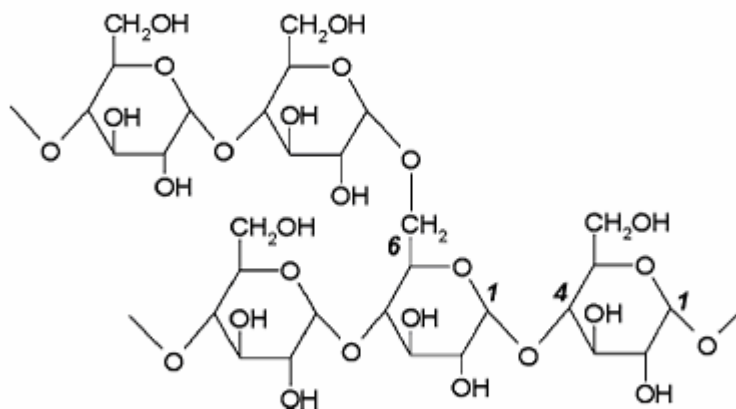
Škrobové molekuly můžeme modifikovat stejnými způsoby jako proteiny. Mezi nejčastější formy modifikace patří **přídavek plastifikátorů** a síťování. Změkčovadla jsou látky ovlivňující mechanické vlastnosti. Používají se monoacylglyceroly, oleje, vosky a pryskyřice. Přídavkem glycerolu jako plastifikátoru do škrobového filmu se sníží křehkost filmu a zvýší se jeho rozpustnost. Koncentrace glycerolu ve škrobovém filmu významně ovlivňuje propustnost pro vodní páru. Již při nízkých koncentracích glycerolu se zvyšuje propustnost pro vodní páru. Přídavek plastifikátoru je nezbytný při zpracování škrobu pomocí termoplastifikace [12, 17].



Obr. 3 - Struktura amylosové molekuly

Sít'ování je jedna z nejvýznamnějších chemických modifikací škrobu, při němž se nahrazují vodíkové vazby mezi řetězci škrobu silnějšími kovalentními vazbami. Sít'ování zpomaluje botnání škrobových zrn při želatinaci, a dává škrobu vyšší stabilitu proti kyselinám, působení tepla a smykovým silám. Obvykle stačí jedna příčná vazba na 100 – 3000 glukosových jednotek škrobu. S rostoucím počtem příčného zesít'ování se škrob stává resistantní k želatinaci [14, 18].

Stabilizace je další velmi významná chemická modifikace škrobu, která se často provádí společně se sít'ováním. Stabilizovaný škrob je takový, který byl upraven pomocí chemikálií tak, že některé hydroxylové skupiny byly nahrazeny například esterovými nebo éterovými skupinami. Hlavním účelem je zabránit retrogradaci škrobu a zvýšit dobu trvanlivosti při teplotních změnách (zmrazení/tání). Nahrazují se objemné skupiny škrobu: karboxylové (-COOH) a karbonylové (-CO). Připravují se např. tak, že se -OH skupiny esterifikují acetanhydridem (vznikají acetáty škrobu) nebo H_3PO_4 (vznikají fosfáty škrobu). Nebo se eterifikují, např. hydroxyl-alkyletery [14, 18].



Obr. 4 - Struktura amylopektinu

Konverze zahrnuje štěpné reakce řetězců škrobu. Modifikované škroby se získávají z nativních škrobů některým z níže uvedených způsobů.

Kyselá hydrolyza: vede se ve vodném prostředí, napadají se a depolymerisují se amorfní oblasti škrobu, získají se menší a lineární molekuly. Vzniká rozpustný škrob, protože poškozená zrna škrobu bobtnají ve studené vodě a při zahřátí na určitou teplotu se rozpadají.

Enzymová hydrolyza: v závislosti na stupni hydrolyzy se dají získat řetězce polysacharidů, oligosacharidů či glukosy. Používají se amylasy, které atakují 1,4-vazby.

Oxidace: zavádějí se karboxylové (-COOH) a karbonylové (-CO) skupiny. Získají se bělené a oxidované škroby.

Dextrinace (záhřev): proces se skládá z depolymerisace (hydrolyzy) a rekombinace vzniklých fragmentů. Zahříváním nativních suchých škrobů okyselených malým množstvím minerální kyseliny (0,2% HCl, H₂SO₄ nebo H₃PO₄) se v závislosti na podmínkách (100-200°C), době (minuty až hodiny) a druhu škrobu získávají 3 základní druhy produktů:

- Bílé dextriny – používá se více kyselé prostředí, krátká doba záhřevu a nižší teploty
- Žluté dextriny – používají se střední podmínky
- Britské gummy – používají se nejméně kyselé prostředí

Předželatinace: jedná se o fyzikální metodu modifikace, která se provádí proto, aby se zajistily funkční vlastnosti škrobu za nižších teplot bez nutnosti ohřevu. Provádí se např. sprejovým sušením škrobu (škrobová suspenze) či sušením škrobu v bubnu (škrobové pasty) [14].

4. Zpracovatelské techniky biopolymerů

Běžný škrob obsahuje asi 25% amylosy a 75% amylopektinu. Filmotvorný škrob vzniká hlavně z amylosy. Připravuje se vodný roztok škrobu s přídavkem plastifikátoru (glycerol, sorbitol) a síťovale (např. HCHO), který se zahřeje (125–150°C) a nalévá se na podložku. Odpařením vody se vytvoří transparentní film, který je křehký a málo odolný proti vodě. Odolnost proti vodě je poměrně malá a závisí na složení filmu. Možnosti zlepšení jsou např.:

- náhrada vody méně hydrofilním plastifikátorem
- chemicky upravit škrob tak, aby se snížila jeho hydrofilita
- laminovat fólii škrobu vrstvou biodegradabilního a vodě odolávajícího polymeru [14]

Proteiny mohou být zpracovávány v přítomnosti vysokého množství vody (např. filmy, povlaky, adhesiva, povrchově-aktivní látky) nebo s nízkým množstvím vody (extruze).

Obecně se příprava filmů, povlaků a dalších forem z proteinů skládá ze tří kroků:

1. přerušování intermolekulárních vazeb = rozpad nativní formy
2. uspořádání polymerních řetězců do požadovaného tvaru = formování tvaru
3. tvorba nových intermolekulárních vazeb a interakcí stabilizujících 3D-síť = stabilizace tvaru [14]

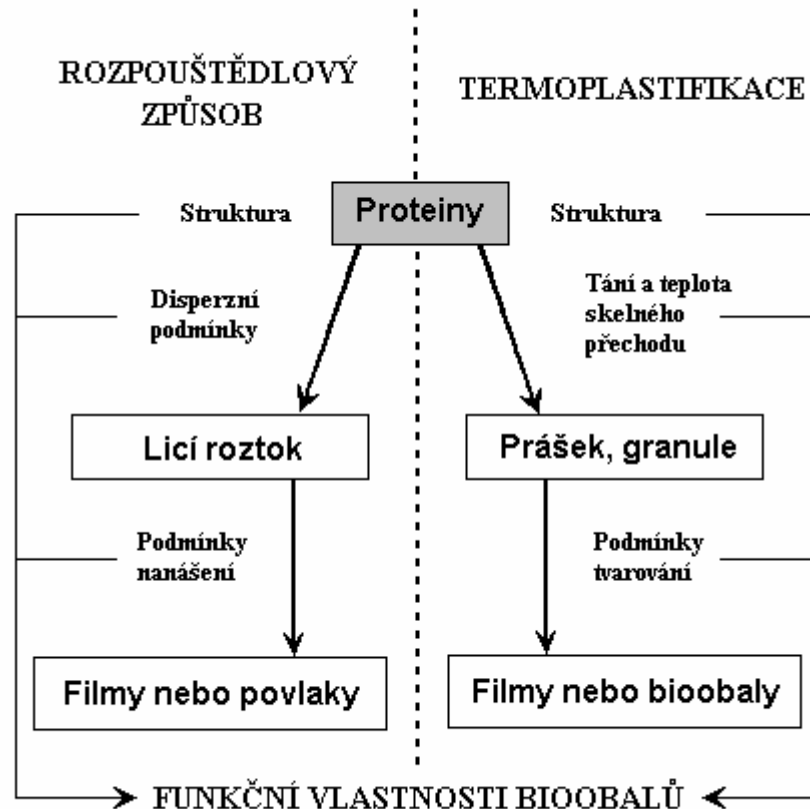
4.1 Rozpouštědlový způsob přípravy filmů

Principem je, že se protein rozpustí nebo disperguje v rozpouštědle a požadovaná forma výrobku vznikne litím roztoku, sprejováním roztoku nebo máčením a následným odpařením rozpouštědla. Filmy se prakticky připravují tak, že se nejdříve rozpustí v rozpouštědle protein za zvýšené teploty a úpravy pH. Poté se přidají další složky (lipidy, síťovata, povrchově aktivní látky atd.). Následně se směs zahřeje nad teplotu tání lipidů a homogenizuje se. Vylitím roztoku na desku (sklo, silikon, ušlechtilá ocel) vznikne po odpaření rozpouštědla film. Vytváření povlaků máčením se používá především pro povlakování ovoce, zeleniny a masných produktů. Produkt se přímo ponoří do vodného roztoku, vyjmutím a vysušením teplým vzduchem vznikne tenký film [8, 14].

4.2 Příprava filmů termoplastifikací

Na rozdíl od rozpouštědlového systému se při tomto způsobu vyhneme odpařování rozpouštědla sušením. Princip spočívá v tom, že se protein s použitím plastifikátorů zpracovává plastikářskými technikami nad T_g a ze vzniklé kaučukovité hmoty se formuje požadovaný výrobek, který následným ochlazením získává stabilní tvar. Nativní škrob, upravený tepelně nebo působením mechanické síly, případně působením obojího, je

s přísadou plastifikátoru (např. voda nebo glycerol) možno zpracovávat vytlačováním. Vytlačované jedlé filmy založené na hydroxypropylované amylose jsou komerčně k dostání od konce 60. let [11, 14, 19].



Obr. 5 - Schématická prezentace dvou technologických procesů použitých pro přípravu bioobalů založených na proteinech

5. Fysiologické změny na ovoci a zelenině po sklizni

Ovoce a zelenina jsou žijící organismy které dýchají (respirace) a odpařují (transpirace) vodu i po sklizni. Ovoce a zelenina jsou charakteristické vysokou rychlostí respirace, tj. spotřebovává se kyslík a je produkován CO_2 a jiné produkty primárního metabolismu (např. ethylen). Ovoce a zelenina jsou nepostradatelné pro naši výživu [4, 20, 21].

Hlavní složkou ovoce bývá voda (75-90 hm.%), která spolu s rozpustnými látkami tvoří ovocnou šťávu. Dále jsou obsaženy organické kyseliny (jablečná, citronová, vinná, méně jantarová, šřavelová, mléčná, atd.) buď volné nebo ve formě solí. Jejich obsah silně

kolísá s druhem a stupněm zralosti a dodávají zralému ovoci osvěžující chuť. Silně zastoupeny jsou sacharidy – glukosa a fruktosa, sacharosa je zastoupena řidčeji. Naproti tomu je značně zastoupena celuloza a hemicelulosy, které tvoří stavební materiál buněčných stěn. V potravě je tato složka označována jako vláknina. Dusíkaté látky (bílkoviny) jsou zastoupeny v nepatrných množstvích. Dále jsou obsaženy pektiny, minerální látky (K, P, Mg, Fe, Na, Mn), vitamíny (C, B, A) a aromatické a chuťové látky [4, 20, 21].

Zelenina obsahuje silice schopné ničit mikroorganismy. V průměru obsahuje 25-95% vody, 4% bílkovin (neplnohodnotných), 2-25% sacharidů, minerální látky (Fe, Ca, K, Mg, P, Cu, F, I) a vitamíny (hlavně C a A). Méně významnými složkami jsou enzymy, barviva, organické kyseliny a třísloviny. Energetická hodnota je různá, obvykle nízká a je dána obsahem cukrů. Nestrávitelná celuloza a pektiny poskytují pocit nasycenosti. Čerstvé ovoce a zelenina se zařazují podle smyslových a fyzikálních požadavků do tříd jakosti, které jsou stanoveny předpisy Evropských společenství nebo technickou normou [4, 20].

Suroviny rostlinného původu se mohou před zpracováním nebo uložením nacházet v různých stavech, které se liší intenzitou a úplností životních pochodů. Stav života je charakterizován jako eubioza tj. plná životní činnost, hemibioza (zpomalená a neúplná životní činnost), mezibioza (mezistav) a anabioza (úplný stav neživota). Optimálním stavem života ovoce a zeleniny je pro skladování stav hemibiozy. Přirozená odolnost je podmíněna minimálním průběhem metabolismu. Naruší-li se průběh metabolismu, odolnost zaniká, surovina přechází do stavu rozkladného a je rychle napadána mikroorganismy. Abychom dosáhli optimálního stavu a co nejdéle udrželi suroviny v optimálním stavu je třeba:

- utlumit životní pochody co nejrychleji a současně tak, aby přirozené ztráty byly co nejmenší
- řídit utlumení životních pochodů tak, aby nedošlo k fyziologickým ani patologickým poruchám a k oslabení přirozené odolnosti
- omezovat a potlačovat činnost mikroorganismů jak úpravou prostředí tak případnými dezinfekčními zásahy



Obr. 6 - Ovoce napadené plísní při nesprávném skladování

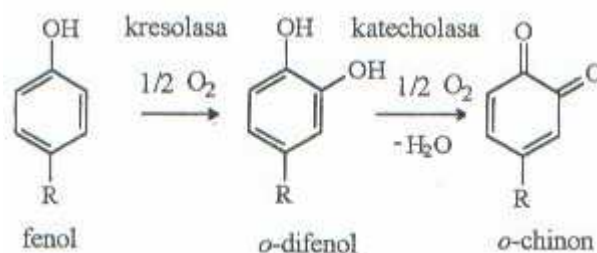
Životní pochody se po sklizni omezují na disimilaci a transpiraci. Intenzita disimilace závisí na stupni zralosti plodů, zdravotním stavu, složení atmosféry a teplotě okolního prostředí. Transpiraci tj. odpařování vody je nutno omezit na nejmenší míru, neboť optimální množství vody umožňuje optimální metabolismus. Při přílišné transpiraci dochází k vadnutí, zrychlují se disimilační pochody a snižuje se nutriční hodnota. Respirační a transpirační rychlosti čerstvého ovoce a zeleniny jsou často dobrým indikátorem jejich skladovacího života. Vysoká rychlost značí krátkou skladovatelnost [20, 21].

Při skladování působí na potraviny vlivy klimatické, biologické, hygienické a mechanické. Klimatické vlivy zahrnují vliv teploty vzduchu, která je dominantní pro uchování nutriční hodnoty potravin. Teplota podmiňuje rychlost průběhu chemických i biologických procesů, stejně jako činnost mikroorganismů atd. v tom smyslu, že zvýšení teploty značně urychluje jejich průběh. Kolísání teploty se projevuje ještě negativněji a proto je vhodné se pokud možno vyhnout především takovému kolísání. Naopak nižší skladovací teplota zpomaluje jak průběh chemických reakcí (např. oxidační děje), tak intenzitu životních pochodů mikroorganismů, rychlost postmortálních biochemických procesů (zrání, dýchání plodů) i odpařování vody a s tím související ztrátu hmotnosti. Snížení rychlosti všech typů rozkladných reakcí není rovnoměrné. Např. činnost proteás se potlačuje teplotami pod -18°C , naproti tomu lipolytické enzymy působí i při -30°C . Obecně lze říci, že činnost enzymového systému v potravinách se zásadně omezuje až při teplotách -18°C až -30°C . O spolehlivém zastavení rozmnožování a životních projevů mikroorganismů je možno mluvit až při poklesu teploty pod -5°C až -10°C , pro plísně se dokonce udává až -12°C . Chlazením je možno prodloužit trvanlivost potravin jen na poměrně krátkou dobu, potraviny však nepodléhají zřetelně fyzikálně-chemickým

změnám. Proto se chladiřenství využívá na prodloužení skladovatelnosti. Teploty pod bodem mrazu nejsou příliš výhodné pro ovoce a zeleninu, protože vyvolávají deformaci plodů, porušení obalů, atd. Při mrazení se mohou potraviny znehodnotit následkem změny skupenství vody. Pro každý druh potravin se proto uvádí optimální doba skladovací stability [4].

Vlhkost vzduchu se charakterizuje relativní vlhkostí. Nízká relativní vlhkost vede k vysychání potravin, vysoká relativní vlhkost (nad 85%) vede k jejich vlhnutí a je příznivá pro rozvoj mikroorganismů, zvláště je-li spojena s vyšší teplotou. Vyšší intenzita záření má nepříznivý vliv na skladované potraviny. Viditelné záření podporuje jednoznačně rozvoj a růst mikroorganismů a spolupůsobí při rozkladných procesech v potravinách [4].

Biologické vlivy probíhají v potravinách s narušenou tkáňovou strukturou samovolně a jsou projevem postvitálních pochodů. Ve skladovaných potravinách se projevují lokálně zvýšenou teplotou a vlhkostí. Mezi samovolné vlivy lze zařadit např. dýchání ovoce při skladování, kterým se spotřebovává kyslík a naopak vzniká oxid uhličitý. Zvýšení jeho koncentrace stimuluje kvašení (provázené zhnědnutím plodů). Reakce enzymového hnědnutí známé téměř 100 let jsou komplexní reakce spočívající v enzymové oxidaci fenolových sloučenin některými oxidoreduktasami za přítomnosti vzdušného kyslíku. Produkty oxidace jsou příslušné chinony, které následnými enzymovými a neenzymovými reakcemi poskytují barevné pigmenty. Bývají zpravidla nežádoucími reakcemi v případech, kdy vedou k hnědnutí a diskoloracím při zpracování potravin a skladování (hnědnutí jablek, brambor nebo hub). Enzymové hnědnutí představuje zejména v případě následného mrazírenského nebo chladiřenského zpracování významný technologický problém, a proto je značná pozornost věnována možnostem jeho prevence. Tendence k hnědnutí je dána buď aktivitou přítomné polyfenoloxidasy nebo obsahem a složením fenolů. Ke snížení nebo zastavení aktivity polyfenoloxidas se používají fyzikální nebo chemické metody [4, 12].



Obr. 7 - Reakce katalyzované polyfenoloxidasami

Nejvýznamnější fyzikální metodou inhibice polyfenoloxidas je vystavení materiálu účinkům vyšší teploty. Polyfenoloxidas jsou inhibovány teplotami nad 70°C, nejstabilnější jsou kolem pH 6,0, oběma směry od této hodnoty se jejich odolnost proti záhřevu poměrně prudce snižuje. Jinou možností jak zabránit nebo omezit reakce enzymového hnědnutí je použití chemických činidel. Je známo mnoho látek schopných inhibovat polyfenoloxidas (např. citronová kyselina, NaCl, SO₂, chlornan sodný) [12].

II. PRAKTICKÁ ČÁST

6. Přístroje a chemikálie

- Elektronické analytické váhy KERN 770
- Elektronické předvážky KERN 440-33
- Vodní lázeň GFL 1003
- Hřídlové 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
- TA Instruments Differential Scanning Calorimeter DSC 2010
- TA Instruments TGA Q 500

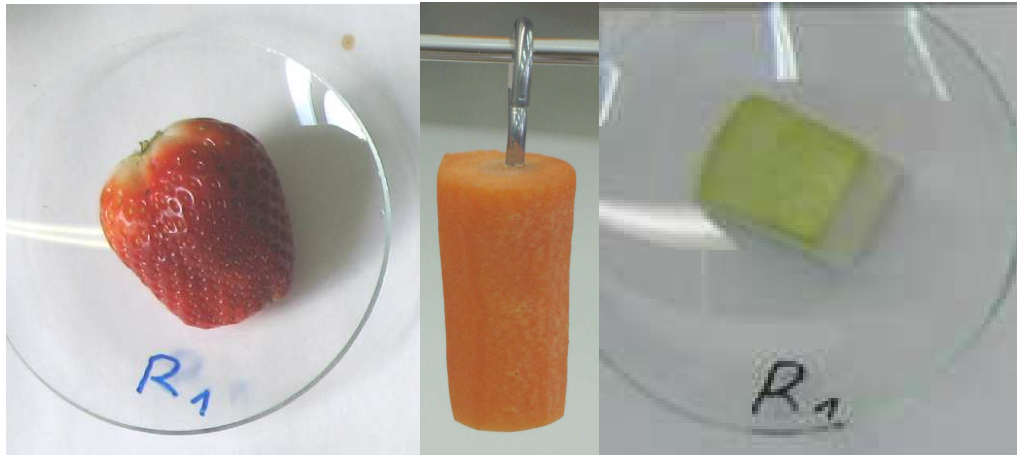
- Enzym BAN 480 L (α -amylása) (Novozymes A/S, Dánsko)
- Enzym AMG 300 L (glukoamylása) (Novozymes A/S, Dánsko)
- Enzym CELLUCLAST 1,51 FG (celulása) (Novozymes A/S, Dánsko)
- 5N NaOH
- Glycerol (p.a. bezvodý)
- Dialdehyd škrobu (Sigma-Aldrich, USA)

7. Postup práce

7.1 Příprava vzorků ovoce a zeleniny

Jako vzorky pro aplikaci povlaků ze škrobovo-proteinového hydrolyzátu amarantové mouky byly vybrány mrkev, kedlubny a jahody. Vzorky mrkve a jahod byly zakoupeny v obchodním řetězci Kaufland. Kedlubny byly zakoupeny v prodejně ovoce a zeleniny na Januštici ve Zlíně. Všechny vzorky byly prodávány v I. třídě jakosti. Vzorky jahod byly vypěstovány v Maroku, vzorky mrkve pocházely ze Španělska a vzorky kedluben byly vypěstovány v České republice.

Vzorky jahod byly vybrány podle velikosti a vzhledu. Na každý vzorek povlakovacího roztoku bylo vybráno 24 jahod přibližně stejné velikosti. Před povlakováním byly vzorky jahod omyty čistou vodou a osušeny papírovým ubrouskem. Tím z nich byl odstraněn potenciální ochranný povlak aplikovaný výrobcem. Na takto připravené vzorky jahod byl poté aplikován povlakovací roztok.



Obr. 8 - Vzorky jahod, mrkve a kedlubny připravené na povlakování

Vzorky mrkve byly vybírány z čerstvé zeleniny podle velikosti. Mrkev byla zbavena natě a očištěna. Povrchová vrstva mrkve byla odkrojena a z mrkve byly nařezány vzorky ve tvaru válečků o průměru mezi 2 až 3,5 cm a délkou 5 cm. Do těchto vzorků byly našroubovány kovové háčky. Takto připravené vzorky mrkve byly před povlakováním osušeny papírovým ubrouskem. Poté byl na vzorky aplikován povlakovací roztok.

Vzorky kedluben byly připraveny tak, že kedlubny o průměru cca 12 cm byly zbaveny slupky, která byla odkrojena. Takto očištěné kedlubny byly rozkrájeny na 12 částí přibližně stejné velikosti. Před aplikací povlakovacího roztoku byly vzorky kedluben osušeny papírovým ubrouskem. Tyto osušené vzorky byly připraveny na povlakování.

7.2 Příprava škrobovo-proteinového hydrolyzátu amarantové mouky

Škrobovo-proteinový hydrolyzát byl připraven z amarantové mouky od firmy AMR AMARANTH a.s. z České republiky. Složení amarantové mouky je uvedeno v tabulce 1.

Tab. 1 - Složení amarantové mouky

Parametr	Hodnota (%)
Sušina	86,91
Popel v sušině	1,75
Celkový dusík v sušině (podle Kjeldahla)	2,82
Hrubé bílkoviny v sušině (dusík x 5,70)	16,07
Tuk v sušině	9,81
Škrob v sušině (podle Ewerse)	65,79
Vláknina v sušině	4,85

Hydrolyzát amarantové mouky se připravil enzymovým odbouráním polysacharidů (Obr. 9). Ke ztekucení škrobů na rozpustné sacharidy byly použity enzymy BAN 480 L, AMG 300 L a CELLUCLAST 1,51 FG. Enzymy byly smíchány v poměru 4:3:3. Zásobní roztok enzymů byl připraven tak, že z koncentrovaných roztoků enzymů bylo do 50 ml odměrné baňky odpipetováno 2 ml BAN + 1,5 ml AMG + 1,5 ml CELLUCLAST a doplněno destilovanou vodou po značku. Při enzymovém odbourání polysacharidů se roztok enzymů dávákuje v množství 5 l na 1000 kg sušiny mouky, tzn. že na 65 g mouky dávkujeme 325 μ l enzymů.



Obr. 9 – Enzymové odbourání, filtrace a hydrolyzát amarantové mouky

Příprava škrobovo-proteinového hydrolyzátu byla provedena podle následujícího postupu. Do 2000 ml varné baňky bylo naváženo 65 g sušiny amarantové mouky. Amarantová mouka byla smíchána s vodou v poměru 1:20, tzn. že k navážce amarantové mouky bylo přidáno 1300 ml destilované vody. Tato směs byla za stálého míchání

zahřívána na vodní lázni na 80°C. Toto zahřívání trvalo mezi 53 – 56 minutami. Poté co směs dosáhla požadované teploty bylo k ní přidáno 3,25 ml zásobního roztoku enzymů. Směs se potom ještě 5 minut míchala při 80°C. Po enzymovém ztekucení škrobů se kapalná fáze (hydrolyzát, H) a tuhá fáze (TF) od sebe oddělí filtrací. Nejprve se směs přefiltruje přes 4x složenou bílou tkaninu do připravených kádinek. Poté se hydrolyzát ještě jednou přefiltruje přes 8x složenou bílou tkaninu. Po této filtraci by v hydrolyzátu již neměly být stopy nerozloženého podílu (Obr. 9). Tuhá fáze zachycená na filtru se vysuší při 103°C. Z hydrolyzátu se poté připraví povlakovací roztok. Složení tuhé a hydrolyzátu je uvedeno v tabulce 2:

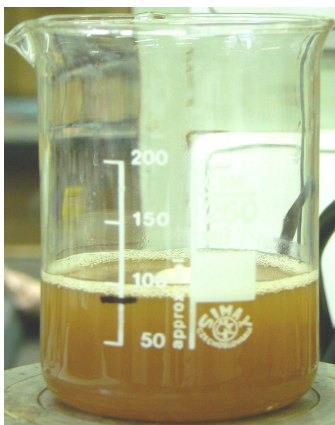
Tab. 2 - Složení tuhé a kapalně fáze hydrolyzátu

Parametr	Obsah v TF	Obsah v H
Sušina	23 g	42 g
Škrob (podle Ewerse)	7,36 (32%)	35,4 (84,3%)
Dusík (podle Kjeldahla)	1,24 (5,37%)	0,59 (1,4%)
Popel	1,04 (4,53%)	0

Při přípravě škrobovo-proteinového hydrolyzátu amarantové mouky enzymovým ztekucením škrobů přešlo do kapalně fáze 35,4 g škrobu z původních 42,8 g což je 82,8%. Za uvedených podmínek přípravy dochází také k 32,2% konverzi bílkovin amarantové mouky.

7.3 Příprava povlakovacích roztoků

Z kapalně fáze škrobovo-proteinového hydrolyzátu amarantové mouky připravíme povlakovací roztoky. Nejprve je potřeba hydrolyzát zahustit na koncentraci sušiny 50%. Přefiltrovaná kapalně fáze měla objem mezi 1200 – 1250 ml. Tento objem je potřeba odpařit na 84 ml (Obr. 10). Odpaření bylo provedeno na míchadlech s ohřevem při 80°C. Zahuštěný roztok je před povlakováním nutné nechat zchladnout na pokojovou teplotu. Takto bylo připraveno 5 povlakovacích roztoků, ke 4 byla poté přidána aditiva upravující jejich vlastnosti. Tyto povlakovací roztoky byly poté aplikovány na připravené vzorky.



Obr. 10 - Zahuštěný povlakovací roztok

1. První povlakovací roztok byl připraven výše uvedeným způsobem a po zahuštění k němu nebylo přidáno žádné aditivum.
2. Druhý povlakovací roztok byl připraven podle uvedeného postupu a jako aditivum k němu bylo po zahuštění přidáno 10% (na sušinu hydrolyzátu) plastifikátoru – glycerolu (GLY). Do zahuštěného roztoku bylo přidáno 4,2 g GLY. Roztok se poté nechal míchat při pokojové teplotě 30 minut, aby došlo k dobrému zamíchání plastifikátoru v povlakovací roztoku.
3. Ke třetímu roztoku bylo jako aditivum přidáno 30% glycerolu, tzn. že k zahuštěnému roztoku bylo přidáno 12,6 g GLY. Tento roztok byl kvůli dobrému zamíchání plastifikátoru 30 minut míchán při pokojové teplotě.
4. Ke čtvrtému povlakovacímu roztoku připravenému podle uvedeného postupu bylo po zahuštění přidáno 1% síťovadla (na sušinu hydrolyzátu) – dialdehyd škrobu (DAS). 0,42 g DAS ve formě prášku bylo po malých dávkách přidáno za stálého míchání do zahuštěného roztoku. Roztok se poté ještě 30 minut míchal, aby došlo k rozpuštění DAS v roztoku. Takto připravený roztok se ihned aplikoval na vzorky dřívě než proběhlo jeho zesíťování.
5. Pátý povlakovací roztok byl připraven podle uvedeného postupu. Jako aditivum k němu bylo přidáno 4% síťovadla DAS. Před přidáním DAS se upravilo pH roztoku na 12 pro lepší rozpouštění síťovadla. Toto bylo provedeno přidáním 2,5 ml 5N NaOH. Do upraveného roztoku bylo poté, za stálého míchání, po malých dávkách přidáno 1,68 g DAS. Roztok byl míchán ještě dalších 30 minut.

7.4 *Tvorba ochranných povlaků a testování jejich funkčnosti při skladování*

Připravené povlaky škrobovo-proteinového hydrolyzátu amarantové mouky byly aplikovány na předem připravené vzorky jahod, mrkve a kedlubny máčením. Vzorky mrkve byly povlakovány ponořením do roztoku na dobu 30 sekund. Po vytažení byly vzorky ponechány na okapání přibližně jednu minutu. Poté byly zavěšeny za háčky na připravené místo. Vzorky jahod a kedluben byly povlakovány za pomoci vyrobeného přípravku (Obr. 11). Na tomto přípravku byly ponořeny do roztoku na 30 sekund a po vytažení byly ponechány asi jednu minutu na okapání. Poté byly vzorky umístěny na hodinové sklíčka. Fixace povlaku na vzorky byla provedena při teplotách 23, 30 a 40°C.



Obr. 11 - Přípravek na povlakování

Ke každému povlakovacímu roztoku bylo použito 24 kusů vzorků od každého druhu ovoce a zeleniny. Těchto 24 kusů bylo rozděleno na poloviny. Prvních 12 vzorků bylo poté skladováno při pokojové teplotě ($24\pm 1^\circ\text{C}$) a zbylých 12 vzorků bylo skladováno v lednici ($7\pm 1^\circ\text{C}$). Každých 12 vzorků bylo rozděleno na čtyři skupiny po třech vzorcích. Tři vzorky byly ponechány bez povlaku jako referenční (R_1 , R_2 , R_3). Další tři vzorky byly po povlakování a odkapání nechány 30 minut při pokojové teplotě (23°C), aby došlo k fixaci povlaku (1, 2, 3). Následující tři vzorky byly po povlakování umístěny na 5 minut do sušárny s cirkulací vzduchu vyhřáté na 30°C , kde došlo k fixaci vzorku (A, B, C). Poté byly vytaženy a ponechány ještě 30 minut při pokojové teplotě. Poslední tři vzorky byly po povlakování umístěny na 5 minut do sušárny vyhřáté na 40°C (I, II, III). Tyto vzorky byly po vytažení také ponechány ještě 30 minut při pokojové teplotě.

Funkčnost povlaku byla na vzorcích testována měřením úbytků hmotnosti v závislosti na čase a posuzováním senzoryckých vlastností vzorků. Po fixaci povlaku byly vzorky zváženy na elektronických analytických váhách. Tento čas byl zaznamenán jako start (0 hodin). Každý den bylo poté prováděno měření hmotnosti až dokud nebyly vzorky zkažené. Vzorky, které byly skladovány v lednici byly před vážením ponechány 30 minut při pokojové teplotě. Každé stanovení bylo provedeno 3x a byl vypočten aritmetický průměr. Každý den byly také všechny vzorky vyfotografovány. Z naměřených hodnot hmotnostních úbytků byly vytvořeny závislosti těchto úbytků na čase.

Ze zbylých povlakovacích roztoků byly vytvořeny filmy. Filmy byly připraveny tak, že k 5 ml zahuštěného roztoku hydrolyzátu bylo přidáno 15 ml destilované vody. Tato směs byla míchána na vodní lázni při 30°C po dobu 15 minut. Roztok byl poté vylit na připravenou silikonovou desku o rozměrech 102 x 75 x 1 mm a ponechán při pokojové teplotě 3 dny (Obr. 12). Připravené filmy byly poté separovány z desky. Byly u nich provedena termická analýza a zkoušky rozpustnosti (viz kapitola 8.9). Tloušťka připravených filmů se pohybovala mezi 0,2 až 0,4 mm.



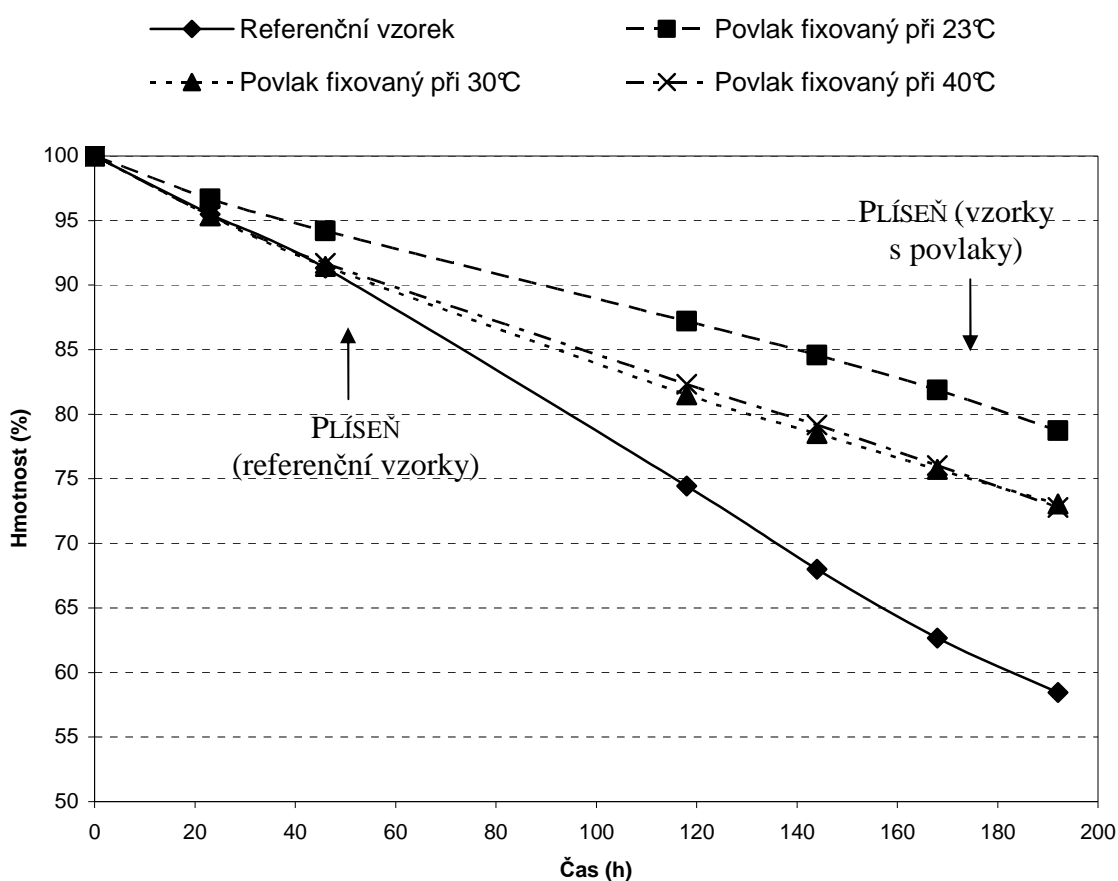
Obr. 12 - Filmy v silikonových formách

8. Výsledky a diskuze

8.1 Povlaky z 50% roztoku hydrolyzátu

Tento povlak byl připraven ze zahuštěného škrobovo-proteinového hydrolyzátu amarantové mouky a nebylo k němu přidáno žádné aditivum. Povlak byl aplikován na vzorky jahod, mrkve a kedluben. Povlakovány byly vždy tři vzorky fixované při 23°C, tři vzorky fixované při 30°C a tři vzorky fixované při 40°C. Tři vzorky zůstaly bez povlaku jako referenční. V tabulce 3 a na obrázcích 13, 14, 17, 18, 21 a 22 jsou uvedeny časové závislosti úbytků hmotností vzorků..

8.1.1 Povlaky aplikované na jahody

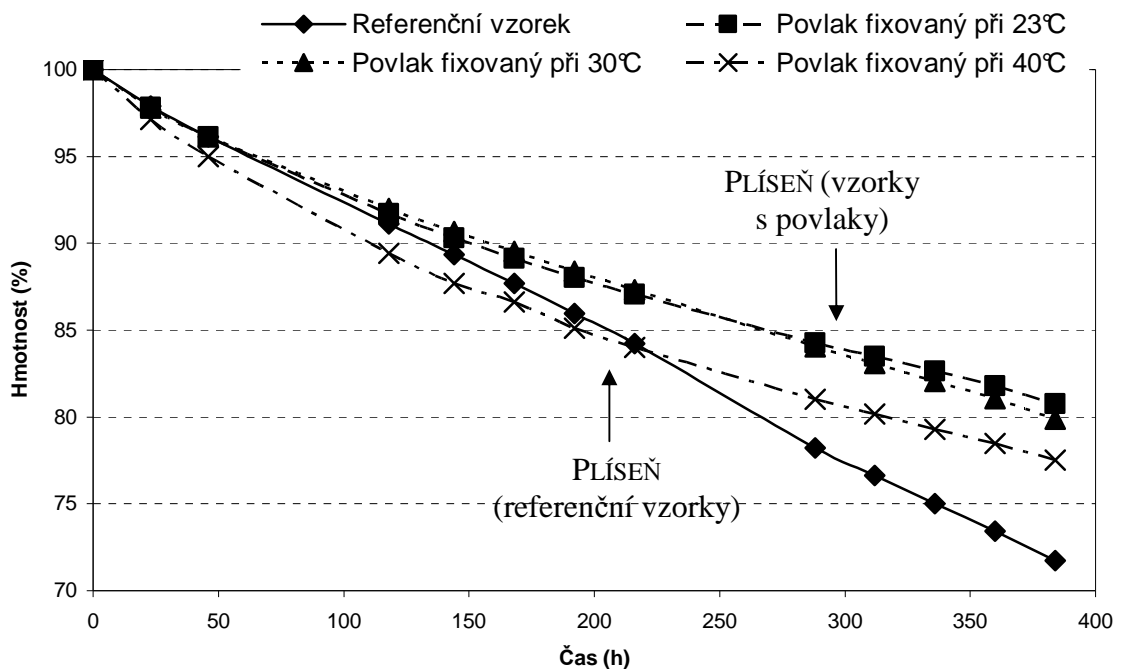


Obr. 13 - Časová závislost úbytků hmotnosti vzorků jahod skladovaných při pokojové teplotě

Tab. 3 - Hodnoty hmotnostních úbytků vzorků ošetřených povlakovacím roztokem z hydrolyzátu

Jahody, skladováno při pokojové teplotě		Čas (h)	0	23	46	118	144	168	192						
	Referenční vzorky	Úbytky hmotností vzorků (%)	0	4,5	8,7	25,6	32,0	37,3	41,5						
	Povlak, fixace při 23°C		0	3,3	5,8	12,8	15,4	18,1	21,3						
	Povlak, fixace při 30°C		0	4,6	8,5	18,5	21,5	24,3	26,9						
	Povlak, fixace při 40°C		0	4,6	8,3	17,7	20,8	24,0	27,2						
Jahody, skladováno v lednici		Čas (h)	0	23	46	118	144	168	192	216	288	312	336	360	384
	Referenční vzorky	Úbytky hmotností vzorků (%)	0	2,1	3,9	8,9	10,6	12,3	14,0	15,8	21,8	23,4	25,0	26,6	28,3
	Povlak, fixace při 23°C		0	2,2	3,9	8,3	9,7	10,9	12,0	12,9	15,7	16,5	17,3	18,2	19,2
	Povlak, fixace při 30°C		0	2,2	3,9	8,0	9,3	10,5	11,6	12,7	16,0	16,9	18,0	19,0	20,1
	Povlak, fixace při 40°C		0	2,9	5,0	10,6	12,3	13,4	14,9	16,0	19,0	19,8	20,7	21,5	22,5
Kedlubny, skladováno při pokojové teplotě		Čas (h)	0	4	7	20	28	45	52	69					
	Referenční vzorky	Úbytky hmotností vzorků (%)	0	3,1	4,7	12,6	17,0	23,2	25,4	28,5					
	Povlak, fixace při 23°C		0	3,0	4,7	12,2	15,5	19,7	21,2	23,7					
	Povlak, fixace při 30°C		0	3,1	4,9	12,7	16,0	20,2	21,7	24,2					
	Povlak, fixace při 40°C		0	3,4	5,2	13,0	16,4	20,5	21,8	23,9					
Kedlubny, skladováno v lednici		Čas (h)	0	4	20	28	45	52	69	93	167	189			
	Referenční vzorky	Úbytky hmotností vzorků (%)	0	1,8	6,7	9,6	13,6	15,9	19,7	24,1	32,2	33,8			
	Povlak, fixace při 23°C		0	1,9	6,9	9,9	14,0	16,2	19,7	23,8	32,1	34,0			
	Povlak, fixace při 30°C		0	1,6	6,1	8,8	12,5	14,5	17,9	21,7	29,3	30,8			
	Povlak, fixace při 40°C		0	1,7	6,4	9,2	13,0	15,1	18,5	22,3	29,6	31,1			
Mrkev, skladováno při pokojové teplotě		Čas (h)	0	2,5	18	19	25	27	44	51	90				
	Referenční vzorky	Úbytky hmotností vzorků (%)	0		39,0		46,9				65,7				
	Povlak, fixace při 23°C		0	8,9	33,2	38,6	41,3	45,8	52,7	54,2	67,3				
	Povlak, fixace při 30°C		0	8,7	34,6	35,5	43,3	42,8	51,2	53,6	65,4				
	Povlak, fixace při 40°C		0	7,7	32,0	35,8	41,0	43,7	53,0	55,7	66,4				
Mrkev, skladováno v lednici		Čas (h)	0	18	25	51	90	97	113	121	138	145	162	186	
	Referenční vzorky	Úbytky hmotností vzorků (%)	0	9,2	13,5	23,2	34,8	37,5	41,8	44,6	48,0	49,9	52,6	55,5	
	Povlak, fixace při 23°C		0	8,5	12,6	20,9	31,7	34,4	38,8	41,6	45,3	47,4	50,7	54,3	
	Povlak, fixace při 30°C		0	9,2	13,5	22,0	33,2	35,6	39,9	42,5	46,0	47,8	50,6	53,6	
	Povlak, fixace při 40°C		0	8,8	12,9	21,4	33,1	35,6	39,8	42,3	45,7	47,6	50,5	53,5	

U vzorků jahod ošetřených povlakem z hydrolyzátu amarantové mouky, které byly skladovány při pokojové teplotě je nejlepší povlak fixovaný při 23°C (Obr. 13), neboť vzorky jahod ošetřené tímto povlakem měly po 144 hodinách nejmenší úbytek hmotnosti – 15,4%. Referenční vzorky (bez povlaku) měly po stejné době úbytek hmotnosti 32%. U vzorků skladovaných v lednici se jako nejlepší povlak projevil povlak s fixací při 23°C (Obr. 14), protože po 288 hodinách měly vzorky jahod ošetřených tímto povlakem úbytek hmotnosti 15,7%. Podobné hodnoty měl také povlak fixovaný při 30°C. Vzorky a tímto povlakem měly po 288 hodinách úbytek hmotnosti 16%. Referenční vzorky měly po stejné době úbytek hmotnosti 21,8%.



Obr. 14 - Časová závislost úbytků hmotnosti vzorků jahod skladovaných v lednici

V tabulce 4 je uvedeno sensorické zhodnocení vzorků jahod, na které byl aplikován ochranný povlak.

Tab. 4 - Sensorické hodnocení vzorků jahod s povlakem z hydrolyzátu amarantové mouky

Čas (h)	Skladováno při pokojové teplotě				Skladováno v lednici			
	Referenční vzorek	Povlak, fixace při 23°C	Povlak, fixace při 30°C	Povlak, fixace při 40°C	Referenční vzorek	Povlak, fixace při 23°C	Povlak, fixace při 30°C	Povlak, fixace při 40°C
0	žádné							
23	změny	žádné	žádné	žádné				
46	oschlé	změny	změny	změny	žádné změny			
118	plíseň							
144			měkké			žádné změny	žádné změny	žádné změny
168		měkké	oschlé	měkké				
192	měkké	oschlé	plíseň	oschlé	oschlé			
216					měkké			
288						měkké	měkké	měkké
312						oschlé	oschlé	oschlé
336					výrazně		výrazně	
360					seschlé	výrazně	seschlé	výrazně
384					plíseň	seschlé	plíseň	seschlé

U vzorků jahod skladovaných při pokojové teplotě se na referenčních vzorcích objevila plíseň po 46 hodinách. U povlakovaných vzorků se objevila plíseň pouze u povlaku fixovaného při 30°C, a to až po 168 hodinách. Na vzorcích jahod skladovaných v lednici se projevila plíseň nejdříve na referenčních vzorcích po 216 hodinách. U povlakovaných vzorků se objevila plíseň opět pouze u povlaku fixovaného při 30°C, a to až po 312 hodinách. Na obrázku 15 a 16 jsou vzorky jahod na počátku a na konci testu.

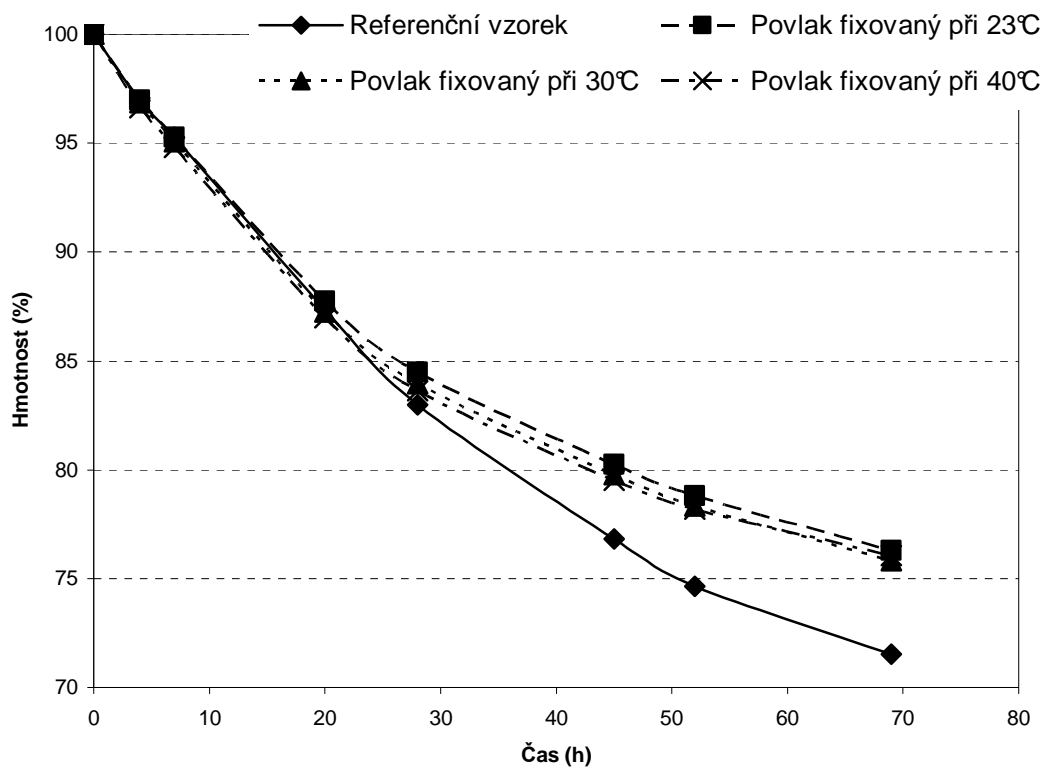


Obr. 15 - Vzorky jahod skladovaných při pokojové teplotě na začátku testu a v řezu na konci testu (R₁ – referenční vzorek, 3 – povlak s fixací při 23°C)



Obr. 16 - Vzorčky jahod skladovaných v lednici na začátku testu a v řezu na konci testu (R₁ – referenční vzorek, 3 – povlak s fixací při 23°C)

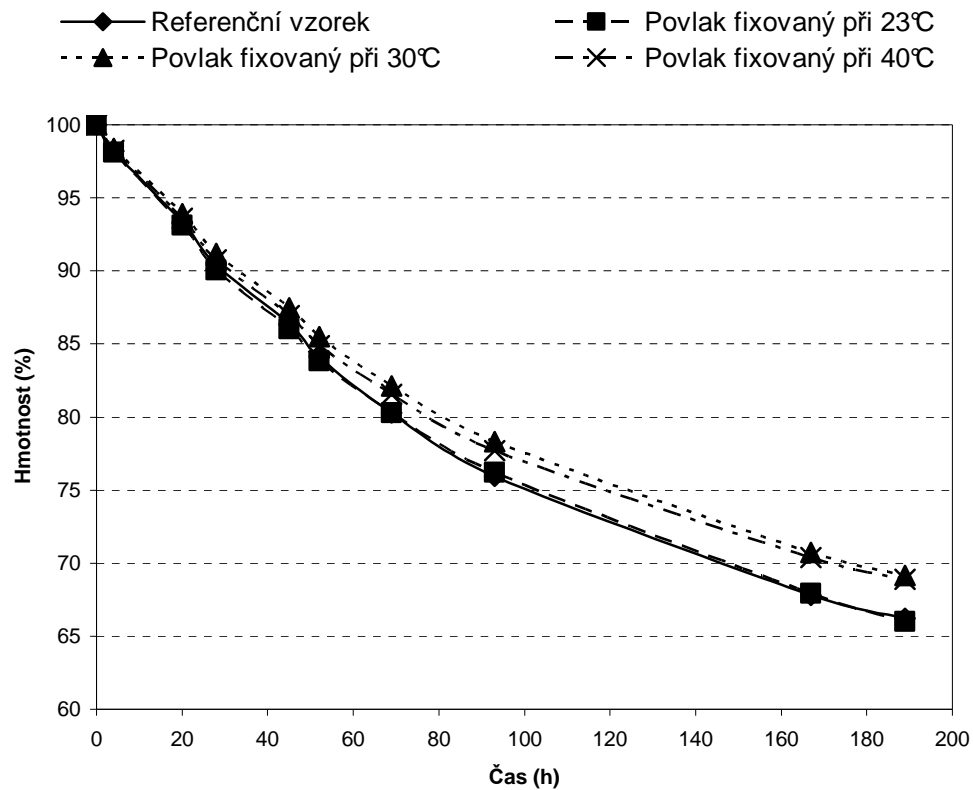
8.1.2 Povlaky aplikované na kedlubny



Obr. 17 - Časová závislost úbytků hmotnosti vzorků kedluben skladovaných při pokojové teplotě

Nejlepším povlakem pro aplikaci na vzorky kedluben skladovaných při pokojové teplotě byl povlak fixovaný při 23°C, protože vzorky ošetřené tímto povlakem po 69 hodinách měly nejnížší ztrátu hmotnosti, a to 23,7%. Zbylé vzorky však vykazovaly jen nepatrný rozdíl v hmotnostním úbytku od nejlepšího povlaku. Referenční vzorky po 69 hodinách ztratily 28,5% hmotnosti. U vzorků skladovaných v lednici se jako nejlepší

povlak jevíl povlak fixovaný při 30°C, neboť vzorky s tímto povlakem ztratily po 189 hodinách 30,8% své hmotnosti. Zbylé vzorky ztratily oproti vzorkům s povlakem fixovaným při 30°C jen o velmi malé množství hmotnosti více.



Obr. 18 - Časová závislost úbytků hmotnosti vzorků kedluben skladovaných v lednici

V tabulce 5 je uvedeno sensorické vyhodnocení vzorků kedluben s aplikovaným povlakem z hydrolyzátu amarantové mouky.

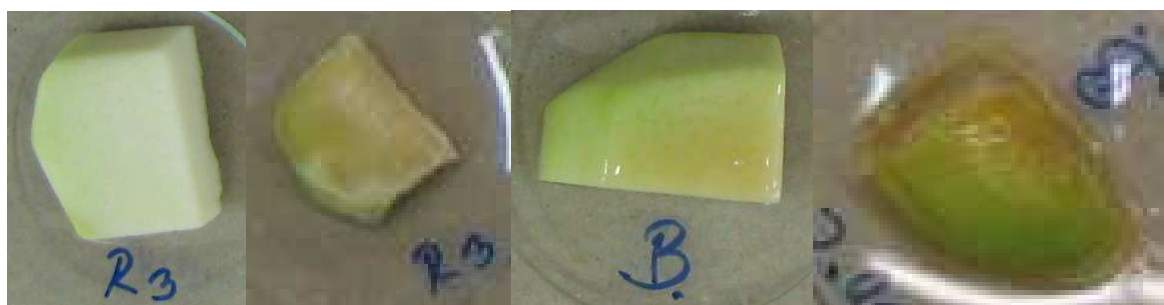
Tab. 5 - Sensorické vyhodnocení vzorků kedluben s povlakem z hydrolyzátu

Čas (h)	Skladováno při pokojové teplotě				Skladováno v lednici			
	Referenční vzorek	Povlak, fixace při 23°C	Povlak, fixace při 30°C	Povlak, fixace při 40°C	Referenční vzorek	Povlak, fixace při 23°C	Povlak, fixace při 30°C	Povlak, fixace při 40°C
0								
4	žádné změny	žádné změny	žádné změny	žádné změny	žádné změny	žádné změny	žádné změny	žádné změny
20								
28								
45								
52	seschlé	seschlé	seschlé	seschlé	měkké	měkké	měkké	měkké
69	měkké	měkké	měkké	měkké				
93								
167								
189					oschlé	oschlé	oschlé	oschlé

Vzorky kedluben s povlakem z hydrolyzátu amarantové mouky skladované při pokojové teplotě začaly měnit svůj vzhled po 20 hodinách, kdy již bylo vidět, že vysychají a na dotek byly vzorky na povrchu měkké. Vzorky skladované v lednici začaly měknout po 28 hodinách a na pohled byly oschlé po 52 hodinách. Na obrázku 19 a 20 jsou vzorky kedluben na počátku a na konci testu.



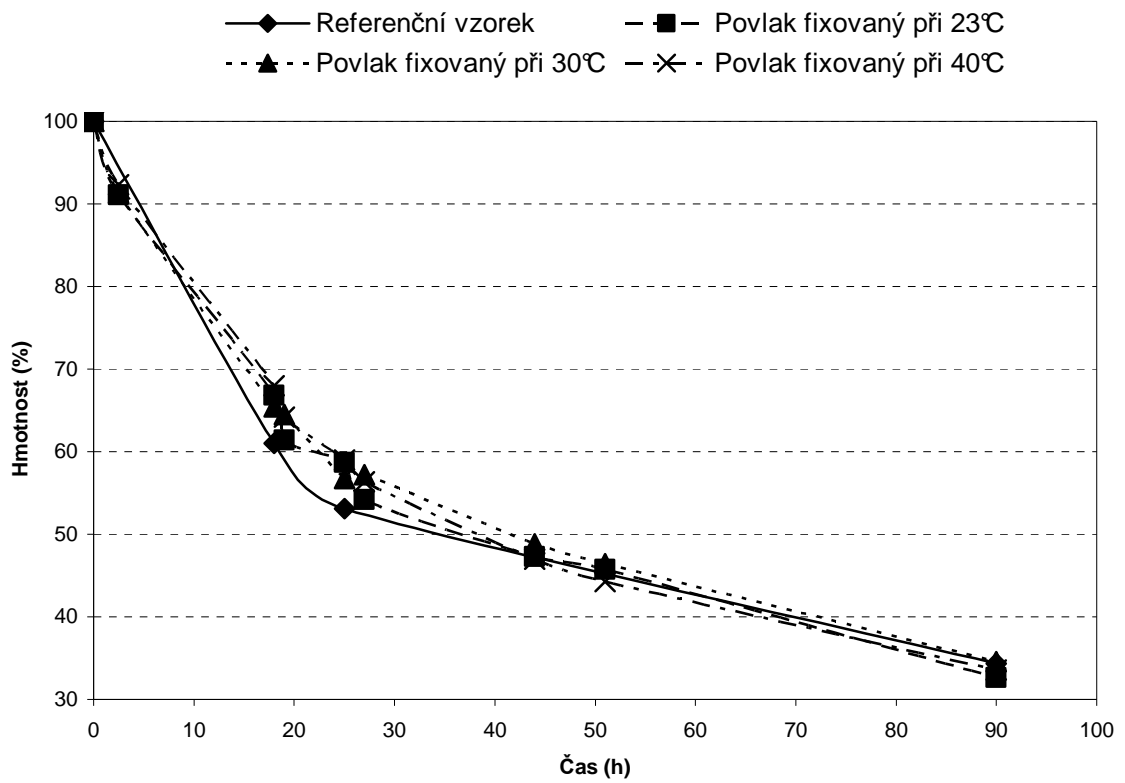
Obr. 19 - Vzorky kedluben skladovaných při pokojové teplotě na začátku testu a na konci testu (R₃ – referenční vzorek, 1 – povlak s fixací při 23°C)



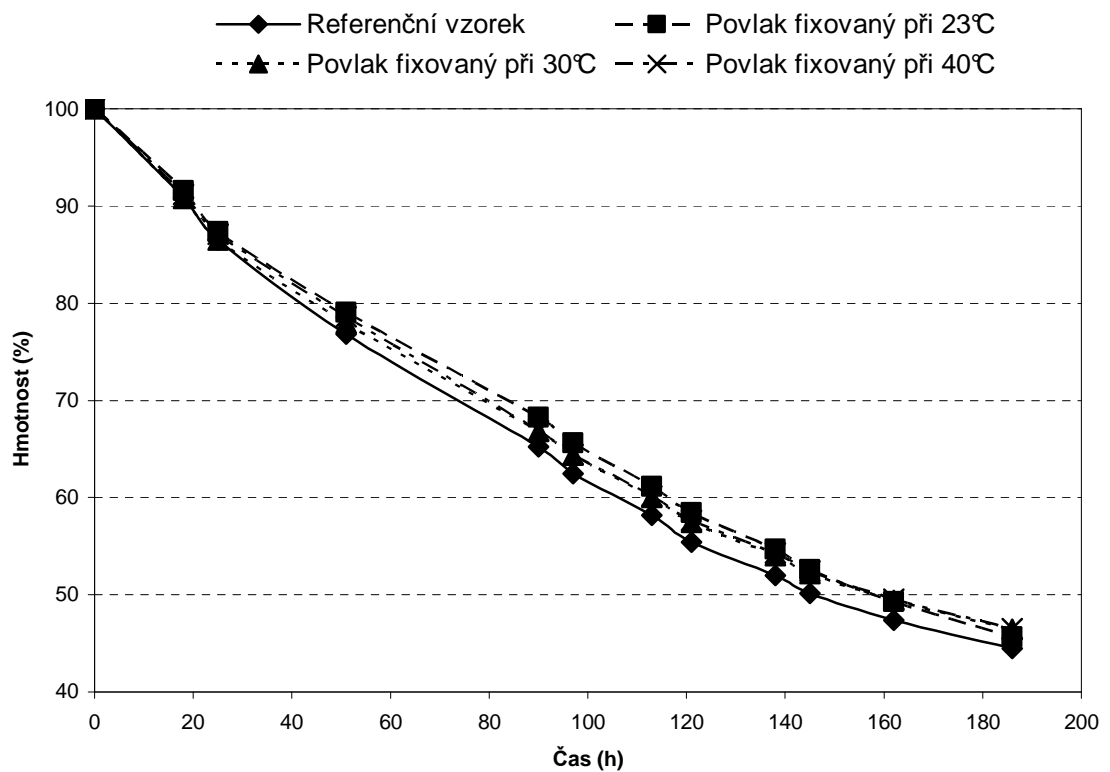
Obr. 20 - Vzorky kedluben skladovaných v lednici na začátku testu a na konci testu (R₃ – referenční vzorek, B – povlak s fixací při 30°C)

8.1.3 Povlaky aplikované na mrkev

U vzorků mrkve byly rozdíly v hmotnostním úbytku mezi povlaky s různou fixací a také mezi referenčními vzorky jen velmi malé. Nejlepším povlakem pro vzorky při pokojové teplotě byl povlak s fixací při 30°C. Vzorky s tímto povlakem měly po 90 hodinách úbytek hmotnosti 65,4%. Referenční vzorky měly po stejné době úbytek hmotnosti 65,7%. U vzorků skladovaných v lednici se jako nejlepší projevil povlak s fixací při 40°C, neboť vzorky ošetřené tímto povlakem měly po 186 hodinách 53,5% úbytek hmotnosti. Referenční vzorky po stejné době měly 55,5% úbytek hmotnosti.



Obr. 21 - Časová závislost úbytků hmotnosti vzorků mrkve skladovaných při pokojové teplotě

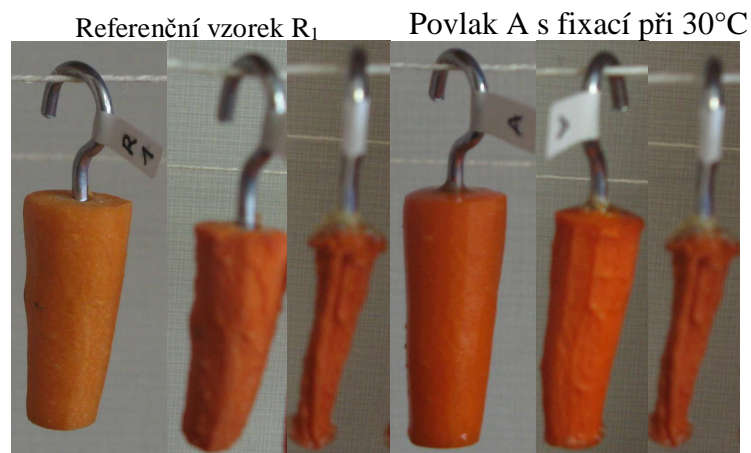


Obr. 22 - Časová závislost úbytků hmotnosti vzorků mrkve skladovaných v lednici

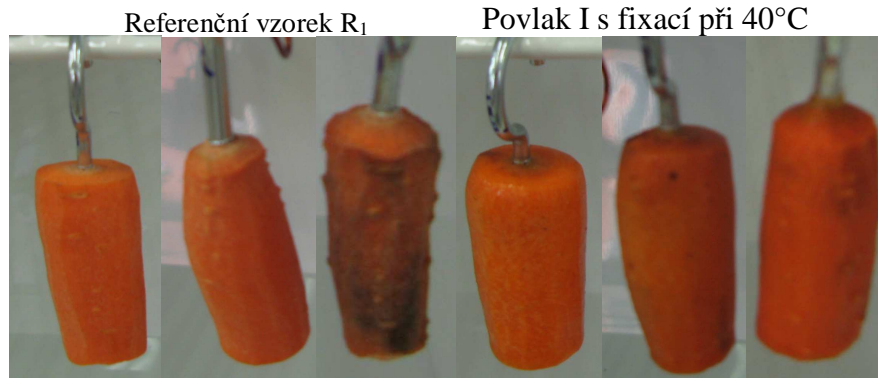
Tab. 6 - Sensorické vyhodnocení vzorků mrkve s povlakem z hydrolyzátu

Čas (h)	Skladováno při pokojové teplotě				Skladováno v lednici			
	Referenční vzorky	Povlak, fixace při 23°C	Povlak, fixace při 30°C	Povlak, fixace při 40°C	Referenční vzorky	Povlak, fixace při 23°C	Povlak, fixace při 30°C	Povlak, fixace při 40°C
0	žádné	změny	žádné	změny				
18	měkké	měkké	měkké	měkké				
25	oschlé	oschlé	oschlé	oschlé				
51					žádné			žádné
90	seschlé	seschlé	seschlé	seschlé	změny			změny
97						žádné	žádné	
113					měkké	změny	změny	
121					černají			černají
145						měkké	měkké	
162						oschlé	oschlé	měkké
186					oschlé	černají	černají	oschlé

V tabulce 6 je uvedeno sensorické hodnocení vzorků mrkve, které byly ošetřeny povlakem z hydrolyzátu amarantové mouky. Vzorky mrkve skladované při pokojové teplotě velmi rychle vysychaly a měkly. Viditelně oschlé byly již po 18 hodinách. U vzorků skladovaných v lednici se změny vzhledu projeví po 90 hodinách, kdy referenční vzorky byly měkké a některé vzorky začínaly černat. Na obrázku 23 a 24 jsou vzorky mrkve na počátku a na konci testu.



Obr. 23 - Vzorky mrkve skladované při pokojové teplotě na začátku testu, po 18 hodinách a na konci testu (R₁ – referenční vzorek, A – povlak s fixací při 30°C)

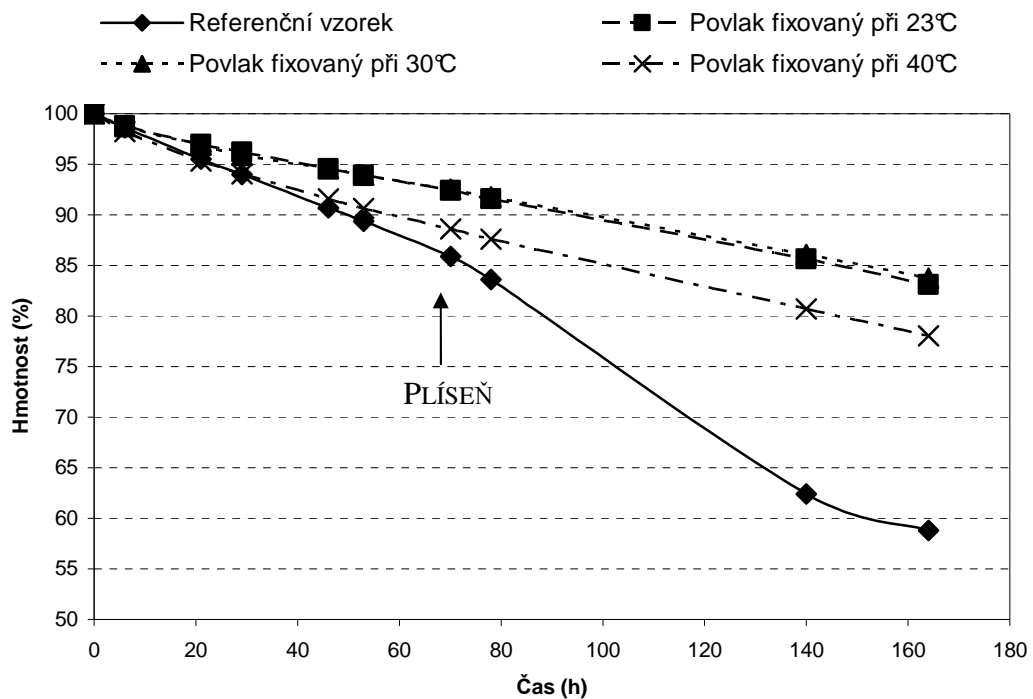


Obr. 24 - Vzorky mrkve skladované v lednici na začátku testu, po 90 hodinách a na konci testu (R₁ – referenční vzorek, I – povlak s fixací při 40°C)

8.2 Pvlaky z 50% roztoku hydrolyzátu + 10% GLY

Povlakovací roztok byl připraven z hydrolyzátu amarantové mouky a bylo k němu přidáno 10% (na sušinu hydrolyzátu) změkčovadla – glycerolu. Aplikován byl na vzorky jahod, kedluben a mrkve. V tabulce 7 a na obrázcích 25, 26, 29, 30, 33 a 34 jsou uvedeny hodnoty úbytků hmotností vzorků.

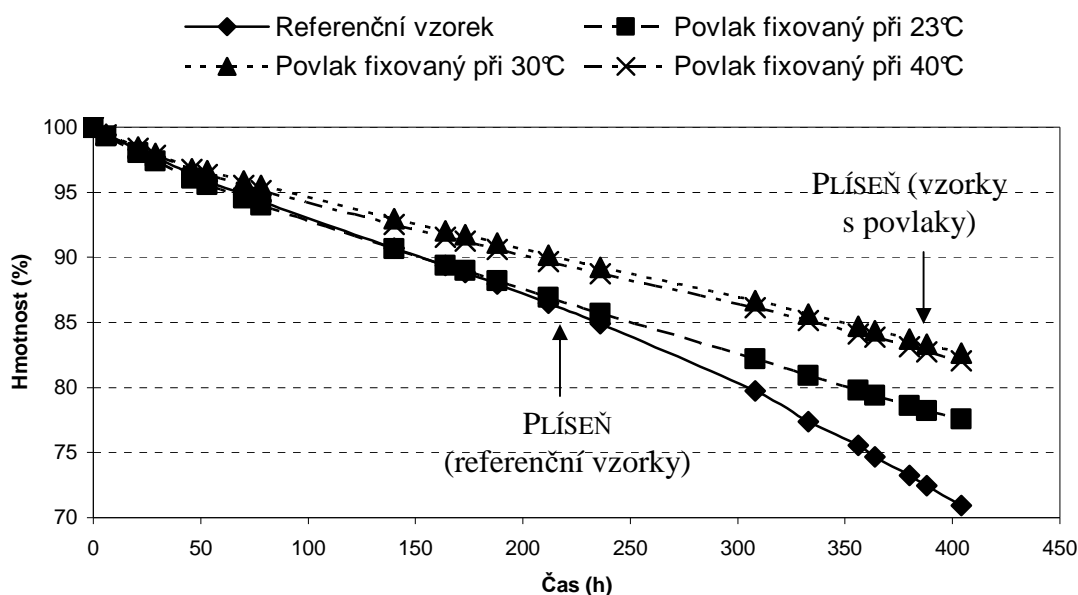
8.2.1 Pvlaky aplikované na jahody



Obr. 25 - Časová závislost úbytků hmotnosti vzorků jahod skladovaných při pokojové teplotě

Tab. 7 - Hodnoty hmotnostních úbytků vzorků ošetřených povlakovacím roztokem z hydrolyzátu + 10% GLY

Jahody, skladováno při pokojové teplotě		Čas (h)	0	6	21	29	46	53	70	78	140	164							
	Referenční vzorky	Úbytky hmotností vzorků (%)	0	1,4	4,5	6,0	9,3	10,6	14,1	16,4	37,6	41,2							
	Povlak, fixace při 23°C		0	1,2	3,0	3,8	5,4	6,1	7,6	8,4	14,4	16,9							
	Povlak, fixace při 30°C		0	1,3	3,1	4,1	5,5	6,1	7,5	8,2	13,9	16,3							
	Povlak, fixace při 40°C		0	1,7	4,7	6,0	8,4	9,4	11,4	12,4	19,3	21,9							
Jahody, skladováno v lednici		Čas (h)	0	6	21	46	70	140	164	173	188	212	236	308	333	364	380	388	404
	Referenční vzorky	Úbytky hmotností vzorků (%)	0	0,6	1,7	3,6	5,2	9,3	10,6	11,2	12,1	13,5	15,1	20,3	22,6	25,3	26,7	27,5	29,0
	Povlak, fixace při 23°C		0	0,7	2,0	3,9	5,5	9,4	10,6	11,0	11,8	13,1	14,3	17,8	19,1	20,6	21,4	21,8	22,4
	Povlak, fixace při 30°C		0	0,5	1,5	3,2	4,1	7,0	8,0	8,3	8,9	9,8	10,8	13,4	14,3	15,6	16,3	16,7	17,4
	Povlak, fixace při 40°C		0	0,6	1,6	3,3	4,5	7,5	8,4	8,8	9,4	10,3	11,3	13,9	14,8	16,1	16,9	17,3	17,9
Kedlubny, skladováno při pokojové teplotě		Čas (h)	0	5	20	28	44	51	115										
	Referenční vzorky	Úbytky hmotností vzorků (%)	0	3,1	11,5	15,7	22,2	24,7	32,0										
	Povlak, fixace při 23°C		0	3,0	10,8	14,3	18,6	19,9	24,6										
	Povlak, fixace při 30°C		0	3,0	10,4	13,8	18,0	19,4	24,5										
	Povlak, fixace při 40°C		0	3,2	11,5	15,0	19,4	20,8	25,7										
Kedlubny, skladováno v lednici		Čas (h)	0	5	20	28	44	51	115	139	147	162	170	187	194	212			
	Referenční vzorky	Úbytky hmotností vzorků (%)	0	1,7	6,2	9,3	13,1	14,7	26,3	30,1	31,7	34,0	35,2	37,5	38,3	39,8			
	Povlak, fixace při 23°C		0	1,8	6,6	9,6	13,6	15,2	27,1	31,2	32,7	34,9	36,0	38,1	38,7	39,9			
	Povlak, fixace při 30°C		0	1,8	6,8	9,9	13,9	15,5	27,0	30,4	31,7	33,7	34,7	36,6	37,4	38,8			
	Povlak, fixace při 40°C		0	1,7	6,3	9,1	12,8	14,2	25,0	28,6	30,0	32,1	33,1	35,2	35,9	37,3			
Mrkev, skladováno při pokojové teplotě		Čas (h)	0	4	20	28	44	52	68										
	Referenční vzorky	Úbytky hmotností vzorků (%)	0	8,7	33,5	41,5	50,4	53,8	58,1										
	Povlak, fixace při 23°C		0	8,7	31,0	38,1	48,3	52,6	57,7										
	Povlak, fixace při 30°C		0	8,0	31,7	39,3	48,1	52,7	58,3										
	Povlak, fixace při 40°C		0	7,9	27,2	33,9	43,8	48,2	54,7										
Mrkev, skladováno v lednici		Čas (h)	0	4	20	28	44	52	68	75	140								
	Referenční vzorky	Úbytky hmotností vzorků (%)	0	2,5	10,6	16,1	23,6	28,7	35,8	38,7	54,8								
	Povlak, fixace při 23°C		0	2,9	10,9	16,2	23,1	28,0	34,5	37,4	53,8								
	Povlak, fixace při 30°C		0	2,9	10,6	15,6	22,1	26,8	33,2	36,2	51,9								
	Povlak, fixace při 40°C		0	3,2	11,6	17,0	24,2	28,7	35,4	38,3	54,0								



Obr. 26 - Časová závislost úbytků hmotnosti vzorků jahod skladovaných v lednici

U vzorků jahod, které byly skladované při pokojové teplotě a ošetřené povlakem z hydrolyzátu s 10% přídavkem glycerolu, byl nejlepší povlak fixovaný při 30°C. Skoro stejně dobrý byl i povlak fixovaný při 23°C. Vzorky ošetřené těmito povlaky vykazovaly nejnižší úbytky hmotnosti, a to 7,5% a 7,6% po 70 hodinách. Oproti nim měly referenční vzorky po stejné době 14,1% úbytek hmotnosti. Na vzorcích skladovaných v lednici se jako nejlepší projeví povlaky fixované při 30°C a při 40°C. Vzorky s těmito povlaky měly po 364 hodinách 15,6% a 16,1% úbytek hmotnosti. Referenční vzorky měly po 364 hodinách 25,3% úbytek hmotnosti.

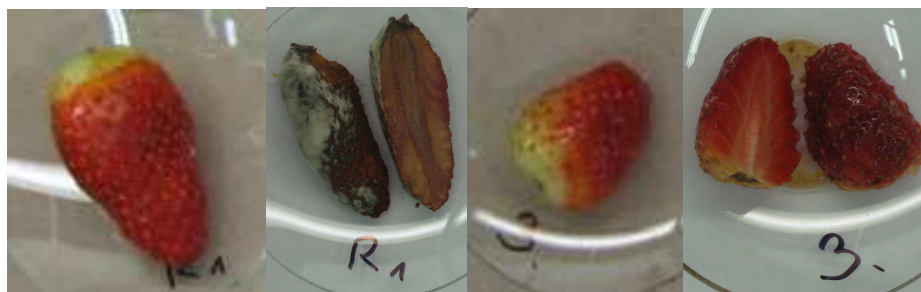
Tab. 8 - Sensorické vyhodnocení vzorků jahod s povlakem z hydrolyzátu + 10% GLY

Čas (h)	Skladováno při pokojové teplotě				Skladováno v lednici			
	Referenční vzorky	Povlak, fixace při 23°C	Povlak, fixace při 30°C	Povlak, fixace při 40°C	Referenční vzorky	Povlak, fixace při 23°C	Povlak, fixace při 30°C	Povlak, fixace při 40°C
0								
21	žádné							
46	změny	žádné	žádné	žádné	žádné			
70	oschlé	změny	změny	změny	změny	žádné	žádné	žádné
140	měkké	měkké	měkké	měkké		změny	změny	změny
164	plíseň	plíseň	plíseň	plíseň				
188					oschlé			
212					měkké	měknou	měknou	měknou
236								
308								
356						měkké	měkké	měkké
380					plíseň	tmavnou	tmavnou	tmavnou
404					seschlé	plíseň	plíseň	plíseň

V tabulce 8 je vyhodnocení sensorických vlastností vzorků jahod. U vzorků skladovaných při pokojové teplotě se po 46 hodinách projevilo vysychání, po 70 hodinách se na vzorcích objevila plíseň. U vzorků skladovaných v lednici se na referenčních vzorcích projevilo vysychání po 70 hodinách a vzorky začaly měknout. U vzorků s povlakem se měknutí projevilo až po 212 hodinách, to se již na referenčních vzorcích objevila plíseň. U povlakovaných vzorků se plíseň objevila až po 380 hodinách. Na obrázku 27 a 28 jsou vzorky jahod na počátku a na konci testu.



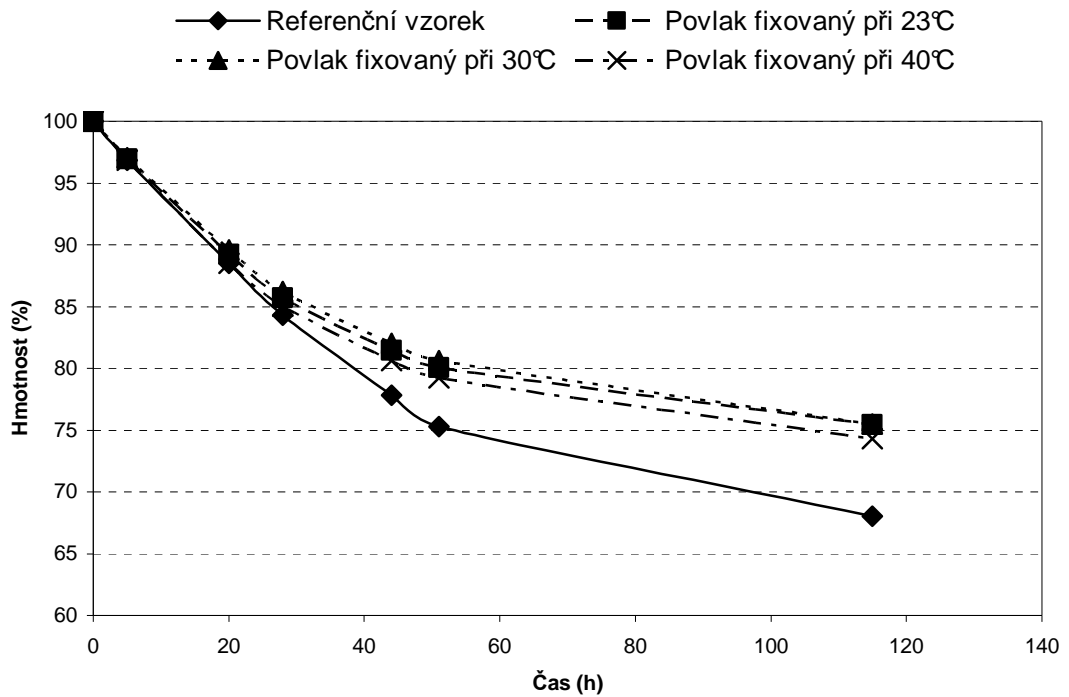
Obr. 27 - Vzorky jahod skladované při pokojové teplotě na začátku testu a na konci testu (R₂ – referenční vzorek, B – povlak s fixací při 30°C)



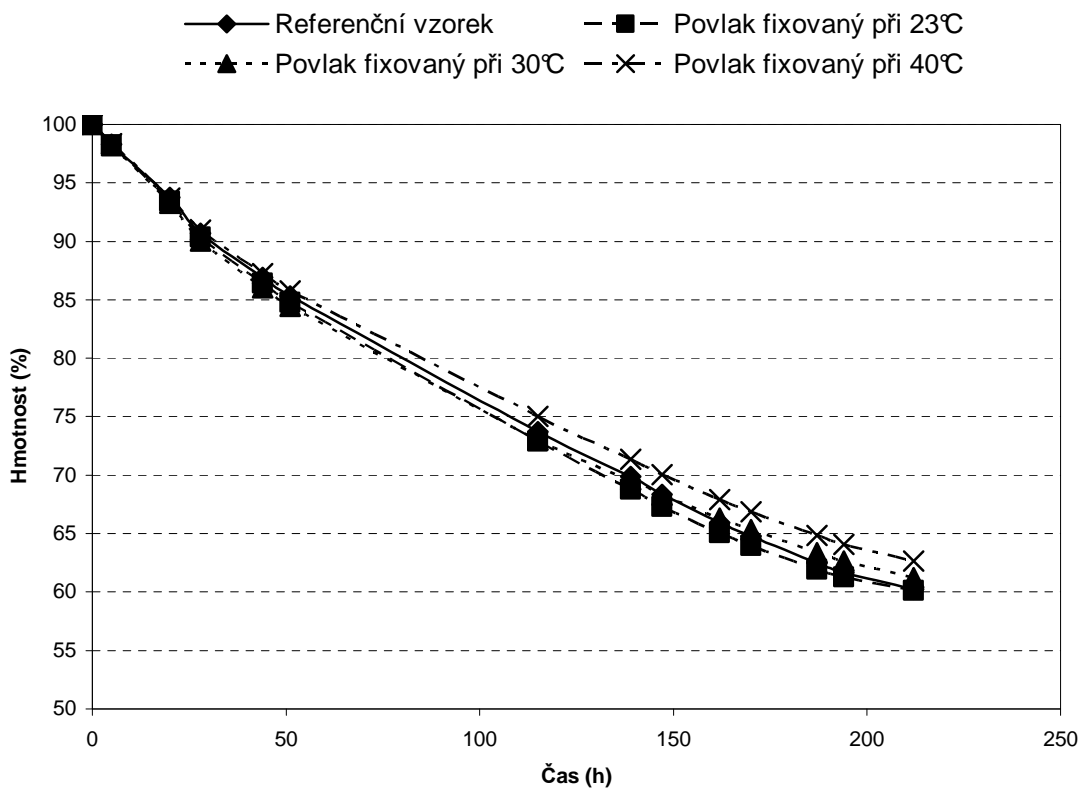
Obr. 28 - Vzorky jahod skladované v lednici na začátku testu a v řezu na konci testu (R₁ – referenční vzorek, 3 – povlak s fixací při 23°C)

8.2.2 Povlaky aplikované na kedlubny

Vzorky kedluben byly ošetřeny povlakem z hydrolyzátu s 10% glycerolu. Jako nejlepší povlaky u vzorků skladovaných při pokojové teplotě byly vyhodnoceny povlaky fixované při 23°C a při 30°C. Vzorky s těmito povlaky měly po 115 hodinách úbytek hmotnosti 24,6% a 24,5%. Referenční vzorky měly úbytek hmotnosti 32%. U vzorků skladovaných v lednici byl nejlepší povlak fixovaný při 40°C, vzorky s tímto povlakem měly hmotnostní úbytek 37,3% po 212 hodinách skladování. Referenční vzorky měly po stejné době hmotnostní úbytek 39,8%.



Obr. 29 - Časová závislost úbytků hmotnosti vzorků kedluben skladovaných při pokojové teplotě



Obr. 30 - Časová závislost úbytků hmotnosti vzorků kedluben skladovaných v lednici

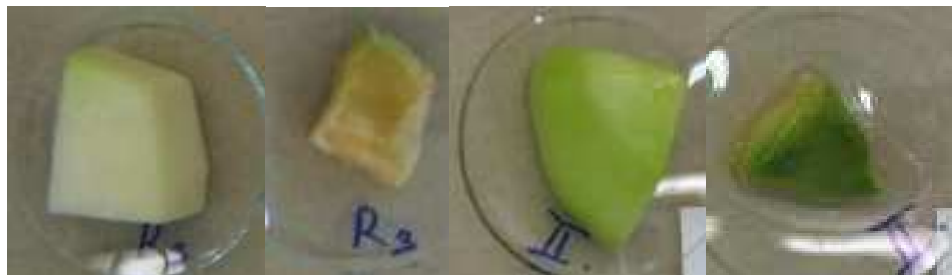
Tab. 9 - Sensorické vyhodnocení vzorků kedluben s povlakem z hydrolyzátu + 10% GLY

Čas (h)	Skladováno při pokojové teplotě				Skladováno v lednici			
	Referenční vzorky	Povlak, fixace při 23°C	Povlak, fixace při 30°C	Povlak, fixace při 40°C	Referenční vzorky	Povlak, fixace při 23°C	Povlak, fixace při 30°C	Povlak, fixace při 40°C
0	žádné změny	žádné změny	žádné změny	žádné změny				
5								
20								
28								
44					žádné změny	žádné změny	žádné změny	žádné změny
51	měkké oschlé	měkké oschlé	měkké oschlé	měkké oschlé				
115								
139					měkké oschlé	měkké oschlé	měkké oschlé	měkké oschlé
147								
162								
170								
187								
194								
212					seschlé	oschlé	oschlé	oschlé

Tabulce 9 je uvedeno sensorické vyhodnocení vzorků kedluben. U vzorků skladovaných při pokojové teplotě se vysychání projevilo po 20 hodinách, kdy také vzorky začaly měknout. U vzorků skladovaných v lednici se toto projevilo až po 51 hodinách. Na obrázku 31 a 32 jsou vzorky kedluben na počátku a na konci testu.

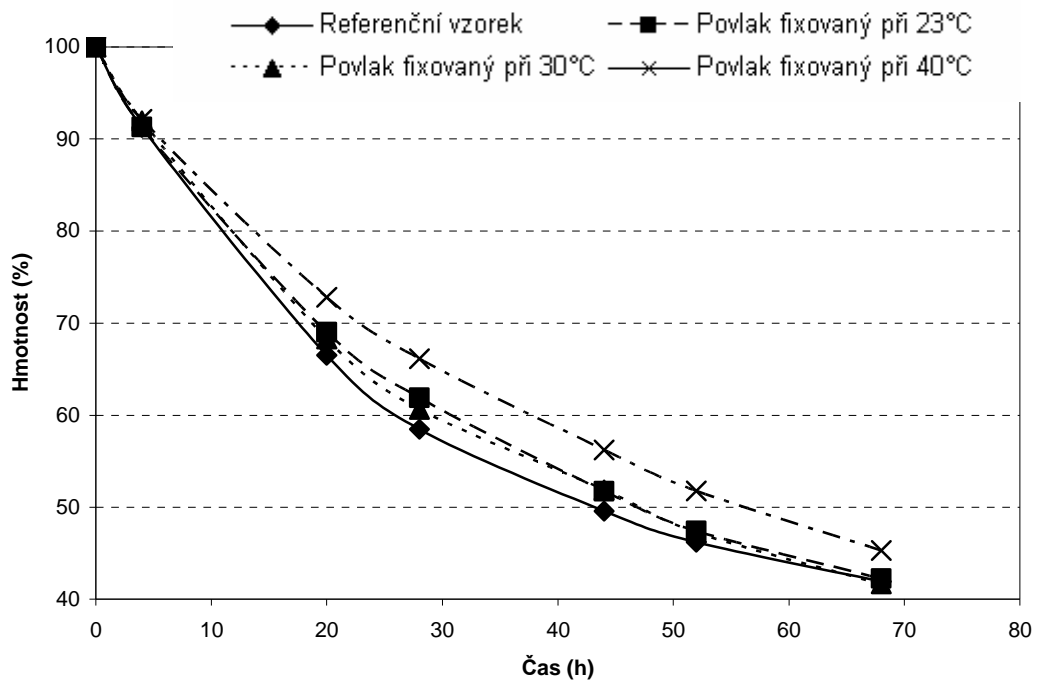


Obr. 31 - Vzorky kedluben skladované při pokojové teplotě na začátku testu a na konci testu (R₁ – referenční vzorek, A – povlak s fixací při 30°C)

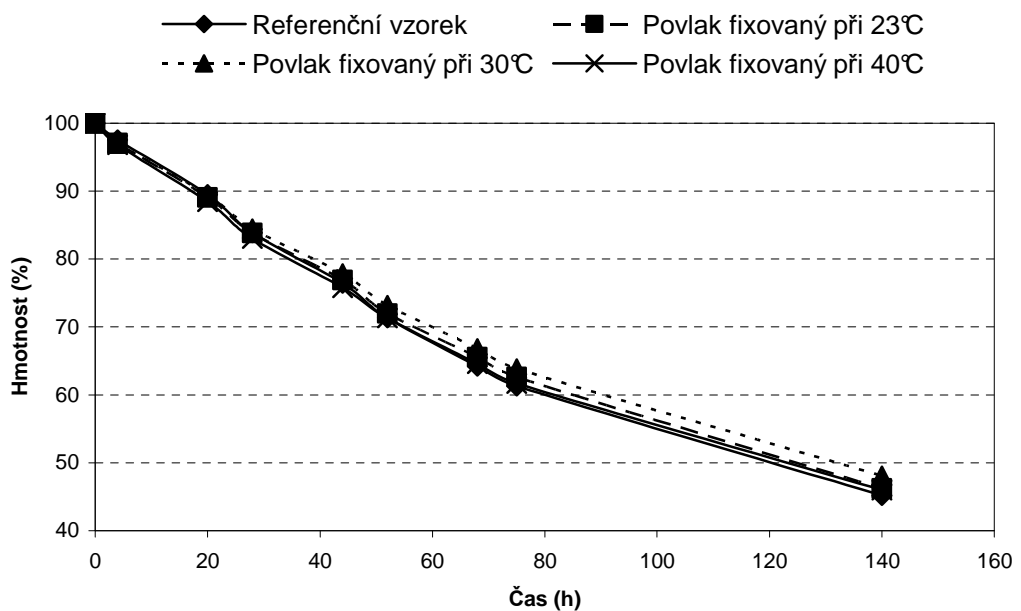


Obr. 32 - Vzorky kedluben skladované v lednici na začátku testu a na konci testu (R₃ – referenční vzorek, II – povlak s fixací při 40°C)

8.2.3 Povlaky aplikované na mrkev



Obr. 33 - Časová závislost úbytků hmotnosti vzorků mrkve skladovaných při pokojové teplotě



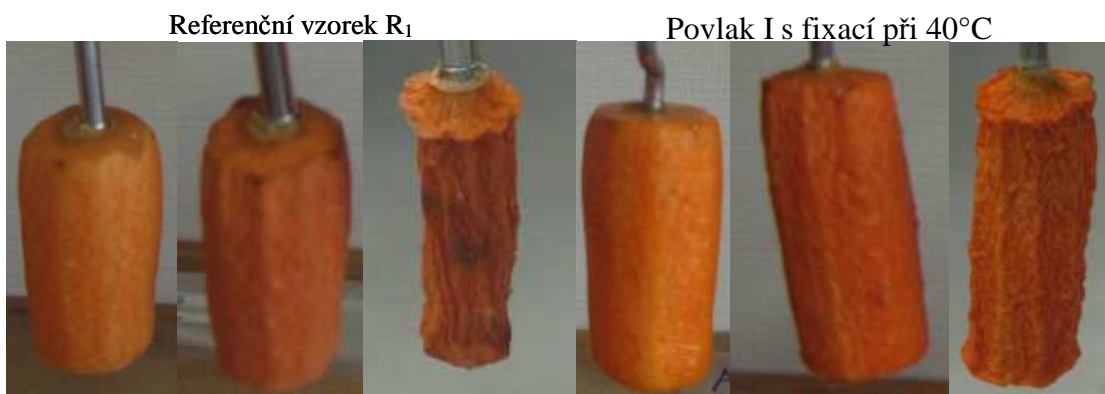
Obr. 34 - Časová závislost úbytků hmotnosti vzorků mrkve skladovaných v lednici

U vzorků mrkve ošetřených povlakem z hydrolyzátu s přidávkem 10% glycerolu skladovaných při pokojové teplotě byl nejlepší povlak s fixací při 40°C. Vzorky s tímto povlakem měly ztrátu hmotnosti po 68 hodinách 54,7%. Referenční vzorky za stejnou dobu ztratily 58,1% hmotnosti. U vzorků skladovaných v lednici měly nejnižší hmotnostní úbytek vzorky s povlakem fixovaným při 30°C, které po 140 hodinách ztratily 51,9% hmotnosti, zatímco referenční vzorky za stejnou dobu ztratily 54,8% hmotnosti.

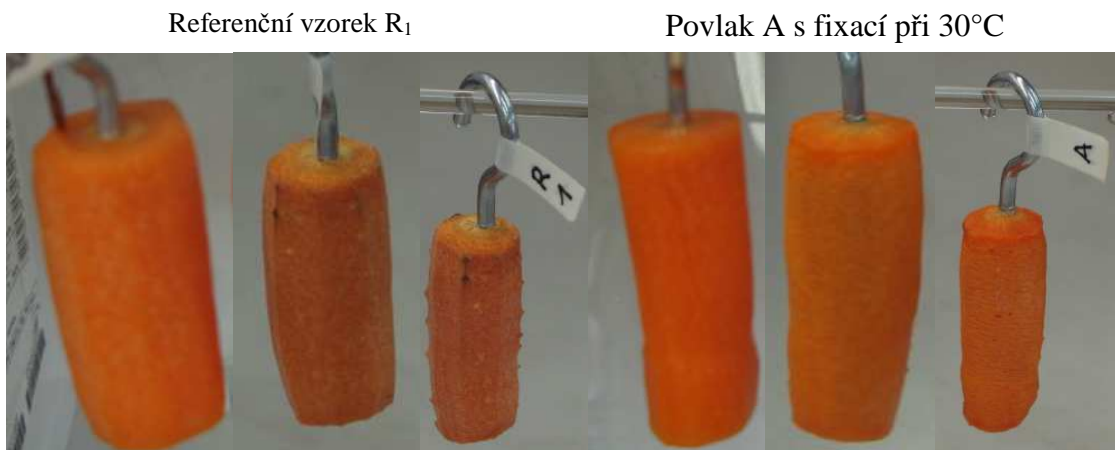
V tabulce 10 je uvedeno sensorické vyhodnocení vzorků mrkve. U vzorků skladovaných v laboratoři se projevily změny již po 20 hodinách kdy byly vzorky oschlé. Výrazně měknout začaly vzorky po 44 hodinách. U vzorků v lednici se změny projevily nejprve na referenčních vzorcích, které po 20 hodinách byly oschlé a začínaly měknout. Zbylé vzorky začaly po 44 hodinách černat. Na obrázku 35 a 36 jsou vzorky mrkve na počátku a na konci testu.

Tab. 10 - Sensorické vyhodnocení vzorků mrkve s povlakem z hydrolyzátu + 10% GLY

Čas (h)	Skladováno při pokojové teplotě				Skladováno v lednici			
	Referenční vzorky	Povlak, fixace při 23°C	Povlak, fixace při 30°C	Povlak, fixace při 40°C	Referenční vzorky	Povlak, fixace při 23°C	Povlak, fixace při 30°C	Povlak, fixace při 40°C
0	žádné změny	žádné změny	žádné změny	žádné změny	žádné změny	žádné změny	žádné změny	žádné změny
4								
20								
28	měknou	měknou	měknou	měknou		měknou	měknou	měknou
44	oschlé	oschlé	oschlé	oschlé				
52	měkké	měkké	měkké	měkké				
68	seschlé	seschlé	seschlé	seschlé	oschlé			
75					měkké			
140					černají	černají	černají	černají



Obr. 35 – Vzorky mrkve skladované při pokojové teplotě na začátku testu, po 20 hodinách a na konci testu (R₁ – referenční vzorek, I – povlak s fixací při 40°C)

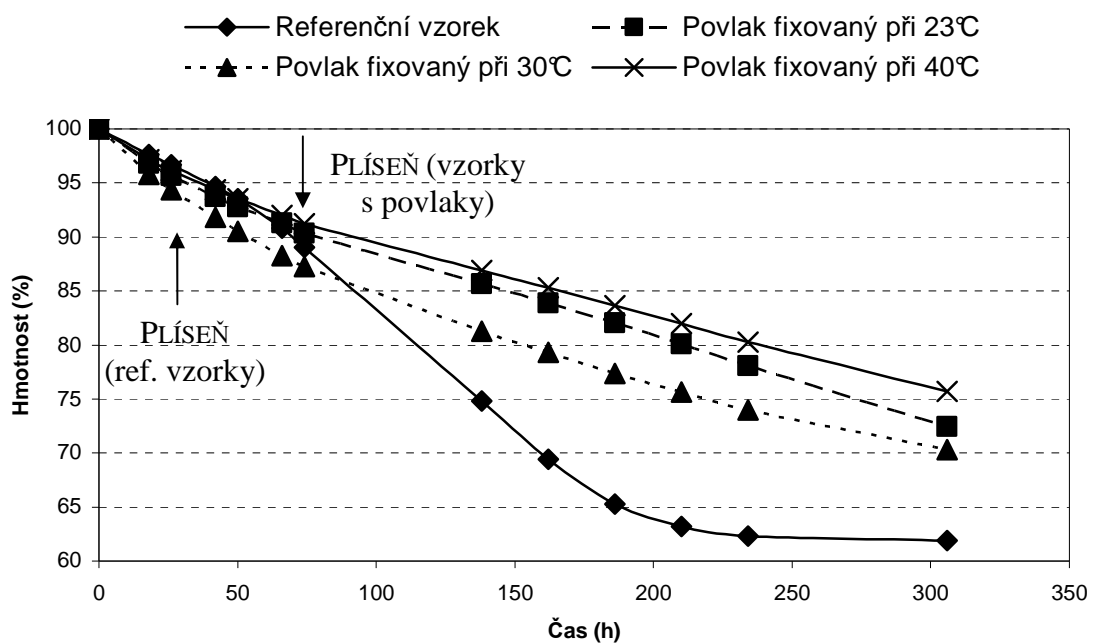


Obr. 36 - Vzorčky mrkve skladované v lednici na začátku testu, po 68 hodinách a na konci testu (R_1 – referenční vzorek, A – povlak s fixací při 30°C)

8.3 Povlaky z 50% roztoku hydrolyzátu + 30% GLY

Povlakovací roztok byl připraven ze škrobovo-proteinového hydrolyzátu amarantové mouky a bylo k němu přidáno 30% (na sušinu hydrolyzátu) změkčovadla – glycerolu. Aplikován byl na vzorky jahod, kedluben a mrkve. V tabulce 11 jsou uvedeny hodnoty úbytků hmotností vzorků ošetřených tímto povlakem.

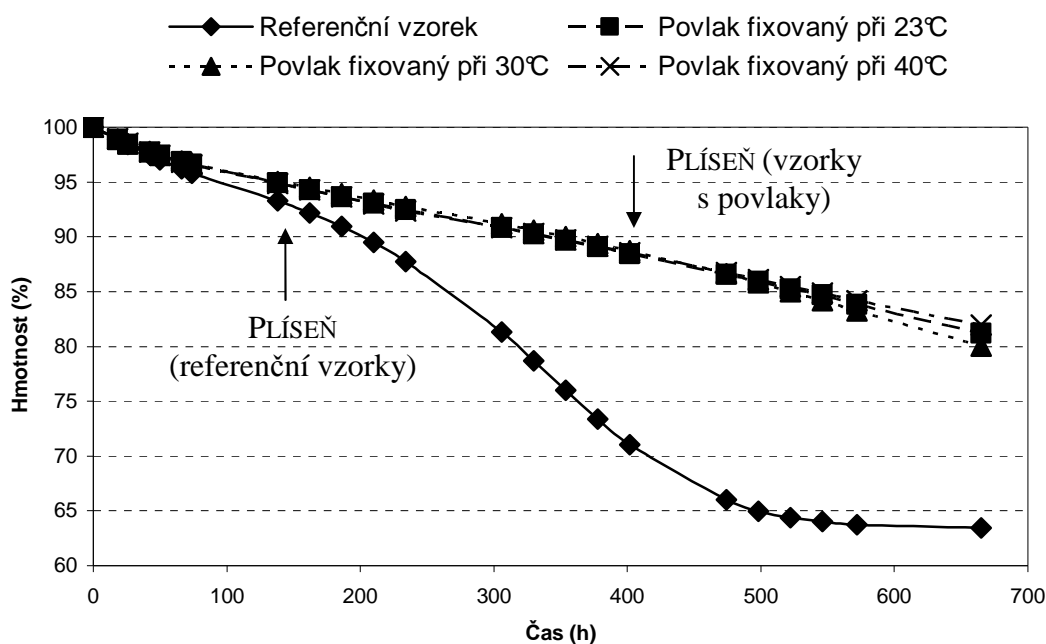
8.3.1 Povlaky aplikované na jahody



Obr. 37 - Časová závislost úbytků hmotnosti vzorků jahod skladovaných při pokojové teplotě

Tab. 11 - Hodnoty hmotnostních úbytků vzorků ošetřených povlakovacím roztokem z hydrolyzátu + 30% GLY

Jahody, skladováno při pokojové teplotě		Čas (h)	0	18	26	42	50	66	74	138	162	186	210	234	306			
	Referenční vzorky	Úbytky hmotností vzorků (%)	0	2,3	3,3	5,3	6,5	9,2	10,9	25,2	30,6	34,7	36,8	37,7	38,1			
	Povlak, fixace při 23°C		0	3,2	4,3	6,3	7,2	8,7	9,7	14,3	16,1	18,0	19,9	21,9	27,6			
	Povlak, fixace při 30°C		0	4,2	5,7	8,2	9,5	11,7	12,8	18,7	20,7	22,6	24,4	26,0	29,7			
	Povlak, fixace při 40°C		0	2,8	3,8	5,6	6,5	8,0	8,8	13,1	14,7	16,4	18,0	19,7	24,3			
Jahody, skladováno v lednici		Čas (h)	0	18	42	66	138	162	186	234	306	330	378	402	474	522	572	665
	Referenční vzorky	Úbytky hmotností vzorků (%)	0	1,1	2,5	3,8	6,7	7,8	9,1	12,2	18,7	21,3	26,6	29,0	34,0	35,6	36,2	36,6
	Povlak, fixace při 23°C		0	1,1	2,3	3,2	5,1	5,7	6,4	7,5	9,2	9,7	10,9	11,5	13,4	14,8	16,2	18,8
	Povlak, fixace při 30°C		0	1,1	2,2	3,1	4,9	5,5	6,1	7,2	8,8	9,4	10,6	11,3	13,4	15,0	16,8	20,0
	Povlak, fixace při 40°C		0	1,1	2,2	3,2	5,1	5,7	6,4	7,6	9,2	9,7	10,8	11,5	13,3	14,6	15,8	18,1
Kedlubny, skladováno při pokojové teplotě		Čas (h)	0	18	26	42	50	66	74	138								
	Referenční vzorky	Úbytky hmotností vzorků (%)	0	11,4	15,6	22,5	25,7	30,3	32,0	36,5								
	Povlak, fixace při 23°C		0	11,3	15,1	20,7	22,8	25,4	26,2	29,5								
	Povlak, fixace při 30°C		0	12,0	16,1	21,7	23,8	26,5	27,5	31,4								
	Povlak, fixace při 40°C		0	10,8	14,4	19,3	21,0	23,3	24,2	27,4								
Kedlubny, skladováno v lednici		Čas (h)	0	18	26	42	50	66	74	138	162	186	210	234	306			
	Referenční vzorky	Úbytky hmotností vzorků (%)	0	7,0	10,2	15,9	18,8	23,6	25,7	36,8	40,2	42,9	44,5	46,1	48,5			
	Povlak, fixace při 23°C		0	7,2	10,3	15,3	17,7	21,5	23,1	30,5	32,7	34,5	35,8	37,1	39,7			
	Povlak, fixace při 30°C		0	8,1	11,5	16,9	19,5	23,5	25,2	33,4	35,7	37,6	39,0	40,3	43,1			
	Povlak, fixace při 40°C		0	7,3	10,5	15,0	17,3	20,9	22,5	29,9	31,8	33,1	34,1	34,9	36,7			
Mrkev, skladováno při pokojové teplotě		Čas (h)	0	19	27	43	51	67	75	139								
	Referenční vzorky	Úbytky hmotností vzorků (%)	0	29,9	36,8	45,9	49,4	54,5	56,5	62,7								
	Povlak, fixace při 23°C		0	28,0	34,2	42,8	46,4	51,7	53,9	61,8								
	Povlak, fixace při 30°C		0	27,7	34,2	43,8	47,7	53,3	55,4	62,9								
	Povlak, fixace při 40°C		0	30,1	37,0	46,3	49,8	54,9	56,8	63,3								
Mrkev, skladováno v lednici		Čas (h)	0	19	27	43	51	67	75	139	163	187						
	Referenční vzorky	Úbytky hmotností vzorků (%)	0	12,1	17,5	25,2	29,3	35,7	38,6	50,5	54,0	57,2						
	Povlak, fixace při 23°C		0	10,8	15,3	22,9	26,8	32,6	35,0	46,7	50,1	53,7						
	Povlak, fixace při 30°C		0	10,5	15,2	23,8	28,1	34,1	36,5	48,0	51,1	54,2						
	Povlak, fixace při 40°C		0	11,5	16,6	26,4	30,8	37,1	39,4	50,6	53,4	56,5						



Obr. 38 - Časová závislost úbytků hmotnosti vzorků jahod skladovaných lednici

Nejlepším povlakem aplikovaným na vzorky jahod skladovaných při pokojové teplotě byl povlak s fixací při 40°C (Obr. 37). Vzorky s tímto povlakem po 66 hodinách měly hmotnostní úbytek 8%. Referenční vzorky měly po stejné době hmotnostní úbytek 9,2%. U vzorků skladovaných v lednici byl nejlepší povlak s fixací při 40°C (Obr. 38), neboť u vzorků ošetřených tímto povlakem došlo po 402 hodinách k 11,3% úbytku hmotnosti. U referenčních vzorků byl po 402 hodinách 29% úbytek hmotnosti.

Tab. 12 - Sensorické vyhodnocení vzorků jahod s povlakem z hydrolyzátu + 30% GLY

Čas (h)	Skladováno při pokojové teplotě				Skladováno v lednici			
	Referenční vzorky	Povlak, fixace při 23°C	Povlak, fixace při 30°C	Povlak, fixace při 40°C	Referenční vzorky	Povlak, fixace při 23°C	Povlak, fixace při 30°C	Povlak, fixace při 40°C
0								
18	žádné změny	žádné změny	žádné změny	žádné změny				
26	žádné změny	žádné změny	žádné změny	žádné změny				
42	měkké plíseň	měknou	měknou	měknou	žádné změny	žádné změny	žádné změny	žádné změny
66								
138								
186								
234	hnědnou	plíseň	plíseň	plíseň				
306								
330					měkké plíseň	měkké	měkké	měkké
402								
546								
665					seschlé	plíseň	plíseň	plíseň

V tabulce 12 je popsáno sensorické vyhodnocení vzorků jahod. Na vzorcích skladovaných při pokojové teplotě se projeví změny po 26 hodinách u referenčních vzorků na kterých se již objevila plíseň. U povlakovaných vzorků se plíseň objevila až po 66 hodinách. U vzorků skladovaných v lednici se na referenčních vzorcích objevila plíseň po 138 hodinách, zatímco na vzorcích s povlakem až po 402 hodinách. Na obrázku 39 a 40 jsou vzorky jahod na počátku a na konci testu.



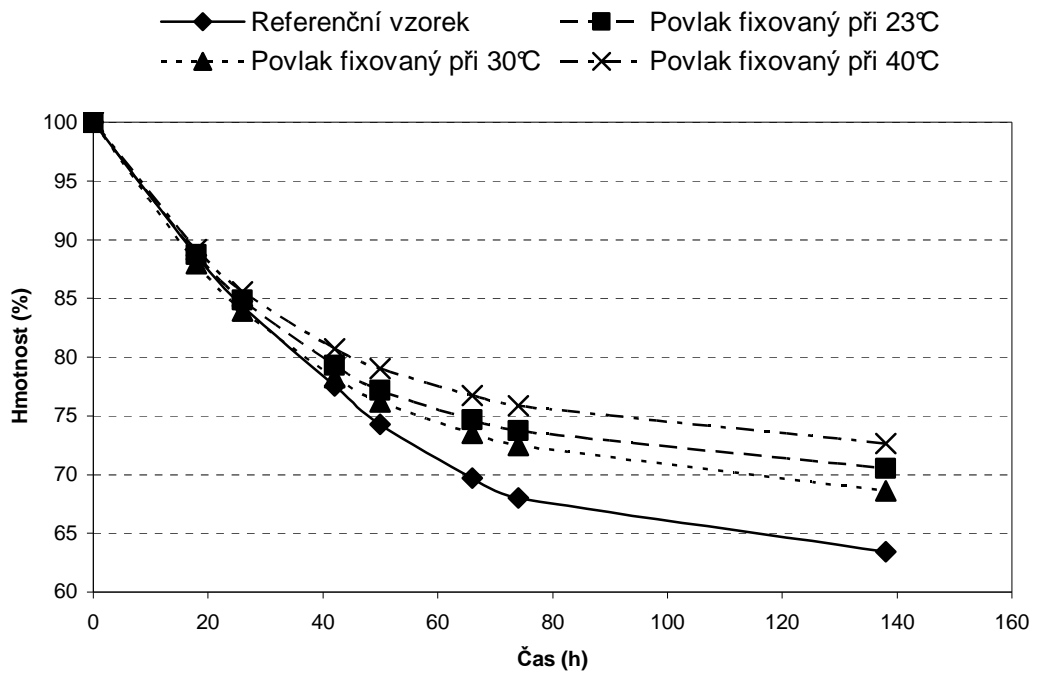
Obr. 39 - Vzorky jahod skladované při pokojové teplotě na začátku testu a v řezu na konci testu (R₃ – referenční vzorek, II – povlak s fixací při 40°C)



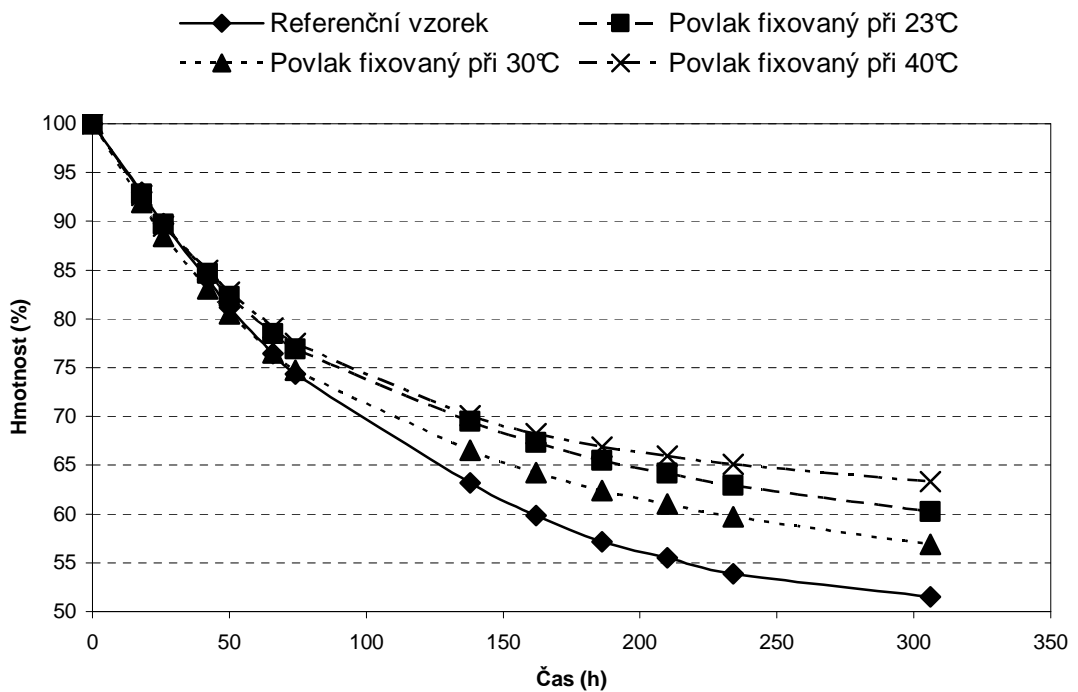
Obr. 40 - Vzorky jahod skladované v lednici na začátku testu a v řezu na konci testu (R₁ – referenční vzorek, 1 – povlak s fixací při 23°C)

8.3.2 Povlaky aplikované na kedlubny

Pro vzorky kedluben skladovaných při pokojové teplotě se ukázal jako nejlepší povlak s fixací při 40°C (Obr. 41), neboť vzorky s tímto povlakem měly po 138 hodinách úbytek hmotnosti 27,4%. Referenční vzorky měly po téže době 36,5% úbytek hmotnosti. Nejlepším povlakem pro vzorky kedluben skladovaných v lednici byl povlak s fixací při 40°C (Obr. 42). Vzorky s tímto povlakem měly po 306 hodinách 36,7% úbytek hmotnosti, zatímco referenční vzorky měly po stejném čase 48,5% úbytek hmotnosti.



Obr. 41 - Časová závislost úbytků hmotnosti vzorků kedluben skladovaných při pokojové teplotě

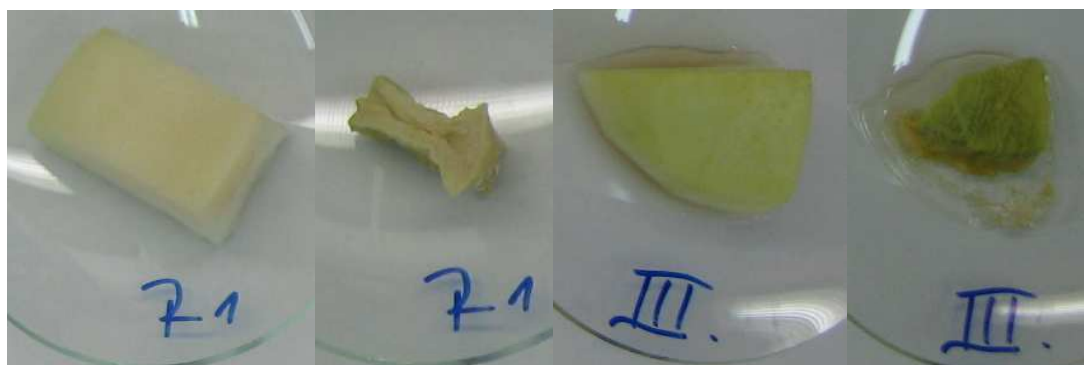
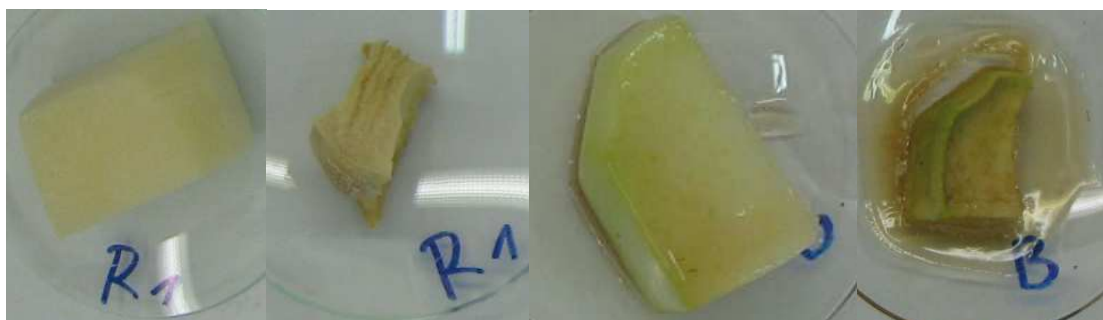


Obr. 42 - Časová závislost úbytků hmotnosti vzorků kedluben skladovaných v lednici

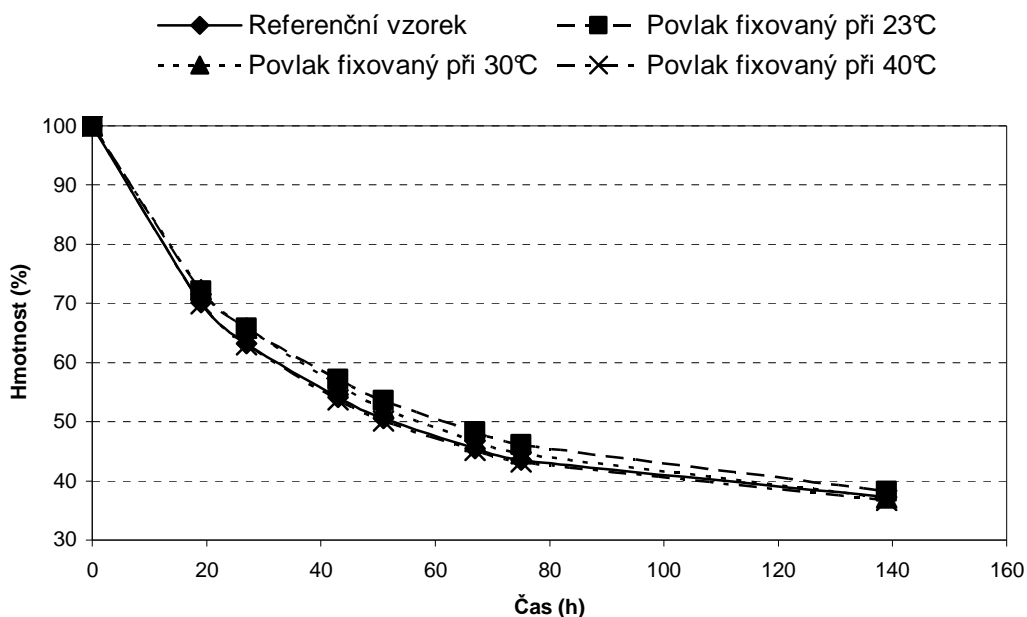
Tab. 13 - Sensorické vyhodnocení vzorků kedluben s povlakem z hydrolyzátu + 30% GLY

Čas (h)	Skladováno při pokojové teplotě				Skladováno v lednici			
	Referenční vzorky	Povlak, fixace při 23°C	Povlak, fixace při 30°C	Povlak, fixace při 40°C	Referenční vzorky	Povlak, fixace při 23°C	Povlak, fixace při 30°C	Povlak, fixace při 40°C
0								
18	žádné změny	žádné změny	žádné změny	žádné změny	žádné změny	žádné změny	žádné změny	žádné změny
26								
42								
50	měkké oschlé	měkké oschlé	měkké oschlé	měkké oschlé	žádné změny	měkké	měkké	měkké
66								
74								
138	seschlé	oschlé	oschlé	oschlé	seschlé	oschlé	oschlé	oschlé
162								
186								
210								
234								
306								

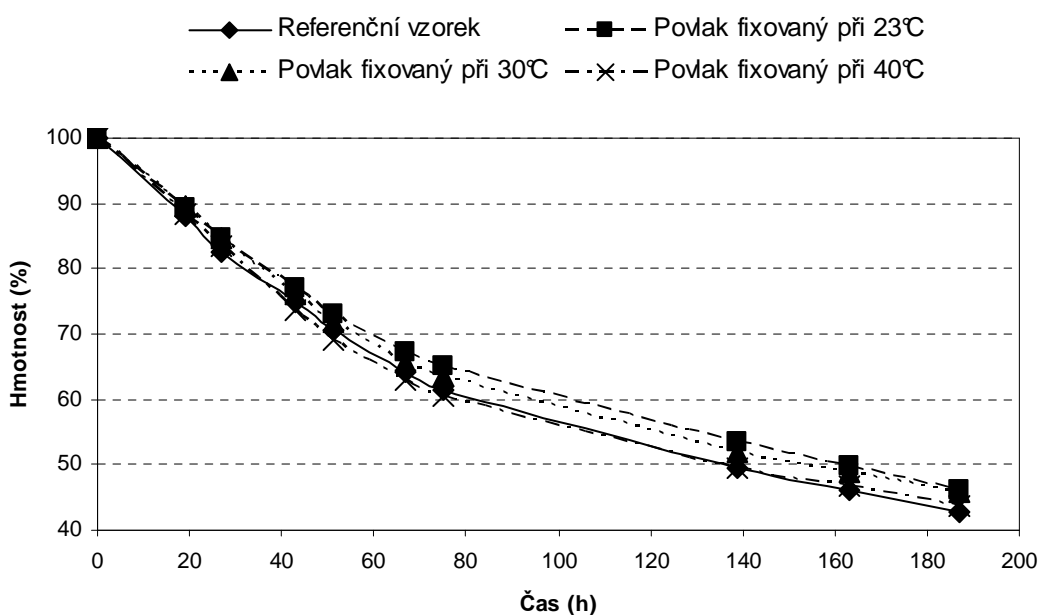
V tabulce 13 je uvedeno vyhodnocení sensorických vlastností vzorků kedluben. Vzorky skladované při pokojové teplotě začaly měnit vzhled po 26 hodinách kdy začaly měknout a osychat. U vzorků v lednici se tyto změny objevily po 50 hodinách. Na obrázku 43 a 44 jsou vzorky kedluben na počátku a na konci testu.

Obr. 43 - Vzorky kedluben skladované při pokojové teplotě na začátku testu a na konci testu (R₁ – referenční vzorek, III – povlak s fixací při 40°C)Obr. 44 - Vzorky kedluben skladované v lednici na začátku testu a na konci testu (R₁ – referenční vzorek, B – povlak s fixací při 30°C)

8.3.3 Povlaky aplikované na mrkev



Obr. 45 - Časová závislost úbytků hmotnosti vzorků mrkve skladovaných při pokojové teplotě



Obr. 46 - Časová závislost úbytků hmotnosti vzorků mrkve skladovaných v lednici

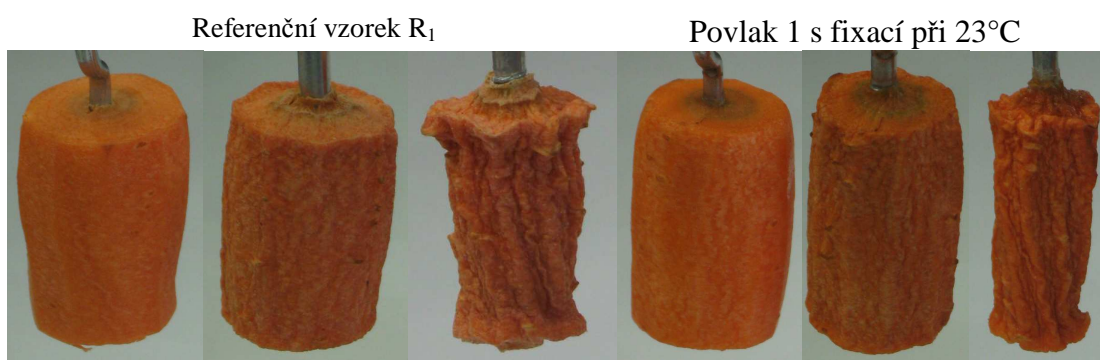
U vzorků mrkve skladovaných při pokojové teplotě byly mezi povlaky s různými fixacemi jen malé rozdíly. Jako nejlepší se projevil povlak s fixací při 23°C (Obr. 45). Vzorky ošetřené tímto povlakem měly po 139 hodinách 61,8% úbytek hmotnosti oproti referenčním vzorkům, které měly úbytek hmotnosti 62,7%. U vzorků skladovaných

v lednici byl jako nejlepší vybrán povlak s fixací při 23°C (Obr. 46), protože vzorky s tímto povlakem měly po 187 hodinách hmotnostní úbytek 53,7%. Referenční vzorky po stejném čase měly 57,2% úbytek hmotnosti.

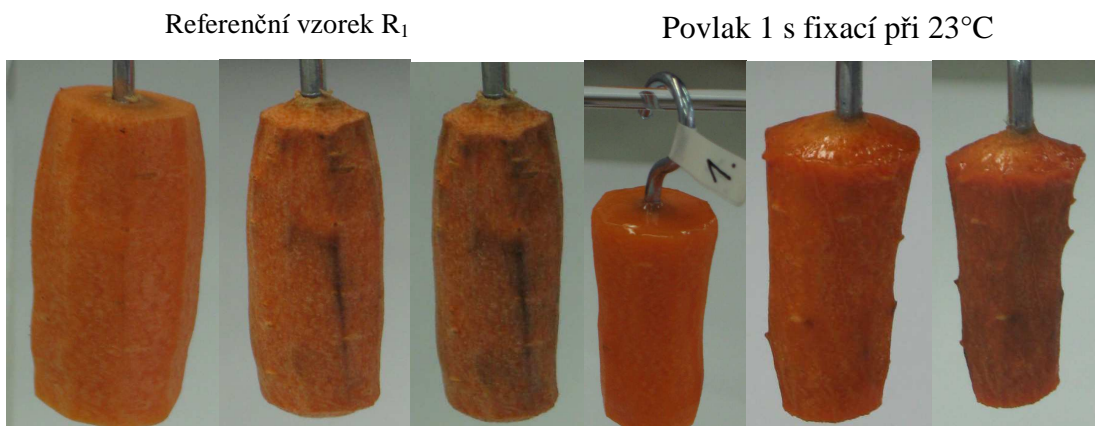
V tabulce 14 je uveden přehled sensorického hodnocení vzorků. Vzorky skladované při pokojové teplotě začaly měnit vzhled již po 19 hodinách. Od tohoto času byly vzorky oschlé a začaly měknout. Vzorky skladované v laboratoři začaly měknout také po 19 hodinách a po 51 hodinách začaly povlakované vzorky černat. Na obrázku 47 a 48 jsou vzorky mrkve na počátku a na konci testu.

Tab. 14 - Sensorické vyhodnocení vzorků mrkve s povlakem z hydrolyzátu + 30% GLY

Čas (h)	Skladováno při pokojové teplotě				Skladováno v lednici			
	Referenční vzorky	Povlak, fixace při 23°C	Povlak, fixace při 30°C	Povlak, fixace při 40°C	Referenční vzorky	Povlak, fixace při 23°C	Povlak, fixace při 30°C	Povlak, fixace při 40°C
0	žádné změny	žádné změny	žádné změny	žádné změny	žádné změny	žádné změny	žádné změny	žádné změny
19	žádné změny	žádné změny	žádné změny	žádné změny	žádné změny	žádné změny	žádné změny	žádné změny
27	měkké	měkké	měkké	měkké	měkké			
43	oschlé	oschlé	oschlé	oschlé	oschlé	měkké	měkké	měkké
51	oschlé	oschlé	oschlé	oschlé	oschlé	měkké	měkké	měkké
67								
75								
139	seschlé	seschlé	seschlé	seschlé				
163								
187					seschlé	černají	černají	černají



Obr. 47 - Vzorky mrkve skladované při pokojové teplotě na začátku testu, po 67 hodinách a na konci testu (R₁ – referenční vzorek, 1 – povlak s fixací při 23°C)

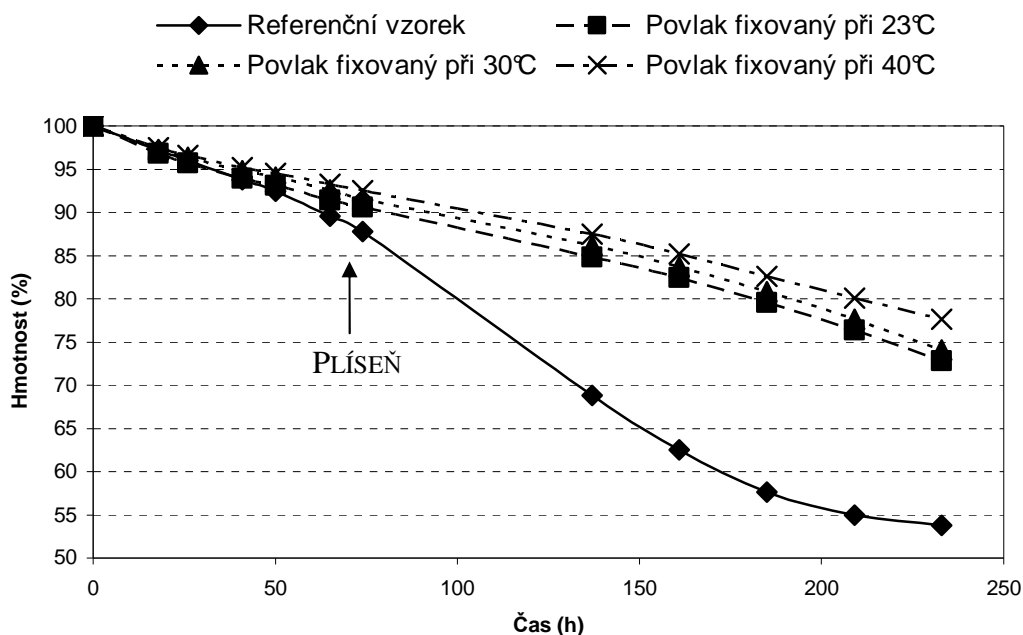


Obr. 48 - Vzorky mrkve skladované v lednici na začátku testu, po 139 hodinách a na konci testu (R_1 – referenční vzorek, 1 – povlak s fixací při 23°C)

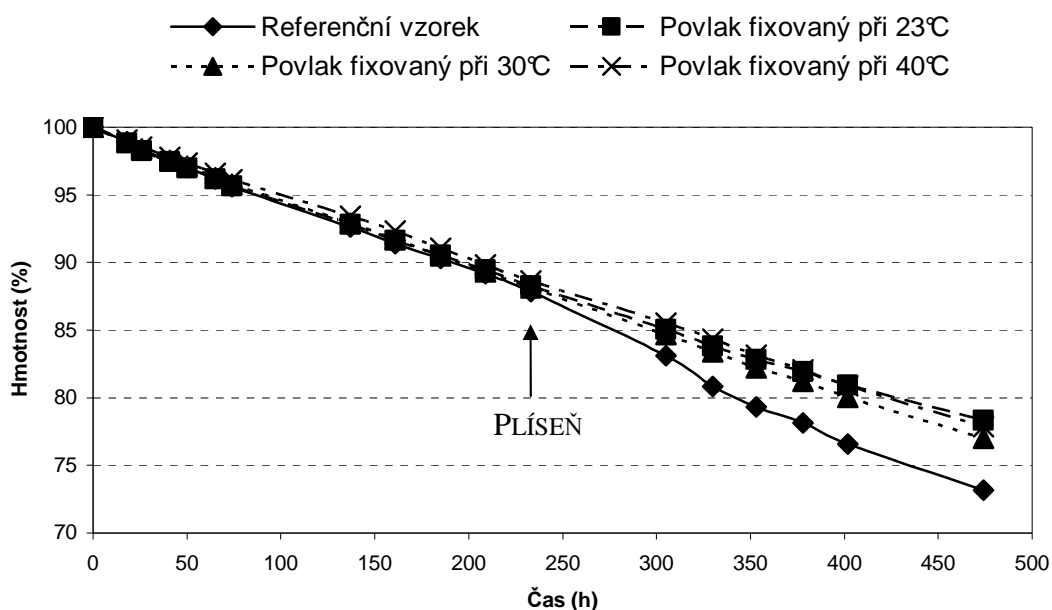
8.4 Povlaky z 50% roztoku hydrolyzátu + 1% DAS

Povlak byl vytvořen z hydrolyzátu amarantové mouky a bylo k němu přidáno 1% síťovadla – dialdehyd škrobu. Povlak byl aplikován na vzorky jahod, kedluben a mrkve. V tabulce 15 a na obrázcích 49, 50, 53, 54, 57 a 58 jsou uvedeny průměrné hodnoty hmotnostních úbytků vzorků.

8.4.1 Povlaky aplikované na jahody



Obr. 49 - Časová závislost úbytků hmotnosti vzorků jahod skladovaných při pokojové teplotě



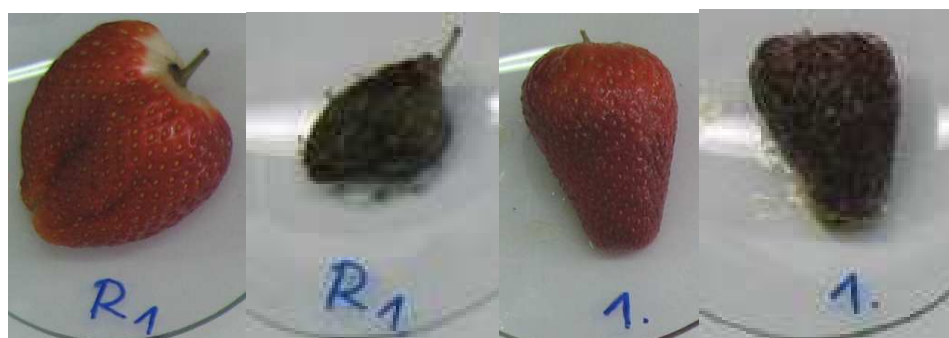
Obr. 50 - Časová závislost úbytků hmotnosti vzorků jahod skladovaných v lednici

Nejlepším povlakem u vzorků jahod skladovaných při pokojové teplotě byl povlak s fixací při 40°C, protože vzorky ošetřené tímto povlakem měly po 65 hodinách úbytek hmotnosti 6,8%. Referenční vzorky za stejnou dobu ztratily 10,4%. Na vzorcích skladovaných v lednici se jako nejlepší projevil povlak s fixací při 40°C. Vzorky s tímto povlakem měly po 233 hodinách 11,3% úbytek hmotnosti. Po stejném čase měly referenční vzorky úbytek hmotnosti 12,2%.

Tab. 16 - Sensorické vyhodnocení vzorků jahod s povlakem z hydrolyzátu + 1% DAS

Čas (h)	Skladováno při pokojové teplotě				Skladováno v lednici			
	Referenční vzorky	Povlak, fixace při 23°C	Povlak, fixace při 30°C	Povlak, fixace při 40°C	Referenční vzorky	Povlak, fixace při 23°C	Povlak, fixace při 30°C	Povlak, fixace při 40°C
0								
18	žádné změny	žádné změny	žádné změny	žádné změny				
26	žádné změny	žádné změny	žádné změny	žádné změny				
41	měkknou oschlé	měkknou oschlé	měkknou oschlé	měkknou oschlé	žádné změny	žádné změny	žádné změny	žádné změny
65	oschlé	oschlé	oschlé	oschlé	žádné změny	žádné změny	žádné změny	žádné změny
137								
185	seschlé							
233	plíseň	plíseň	plíseň	plíseň	měkké	měkké	měkké	měkké
305								
330								
353								
378								
402					plíseň	plíseň	plíseň	plíseň

V tabulce 16 jsou uvedeny sensorické změny na vzorcích v průběhu jejich skladování. Na vzorcích skladovaných při pokojové teplotě se změny projeví po 26 hodinách kdy začaly vzorky měknout a osychat. Po 66 hodinách již byla na vzorcích plíseň. U vzorků skladovaných v lednici se měknutí projevilo až po 66 hodinách a plíseň se objevila po 233 hodinách. Na povlakovaných vzorcích skladovaných v lednici došlo po 137 hodinách k popraskání povlaku. Na obrázku 51 a 52 jsou vzorky jahod na počátku a na konci testu.



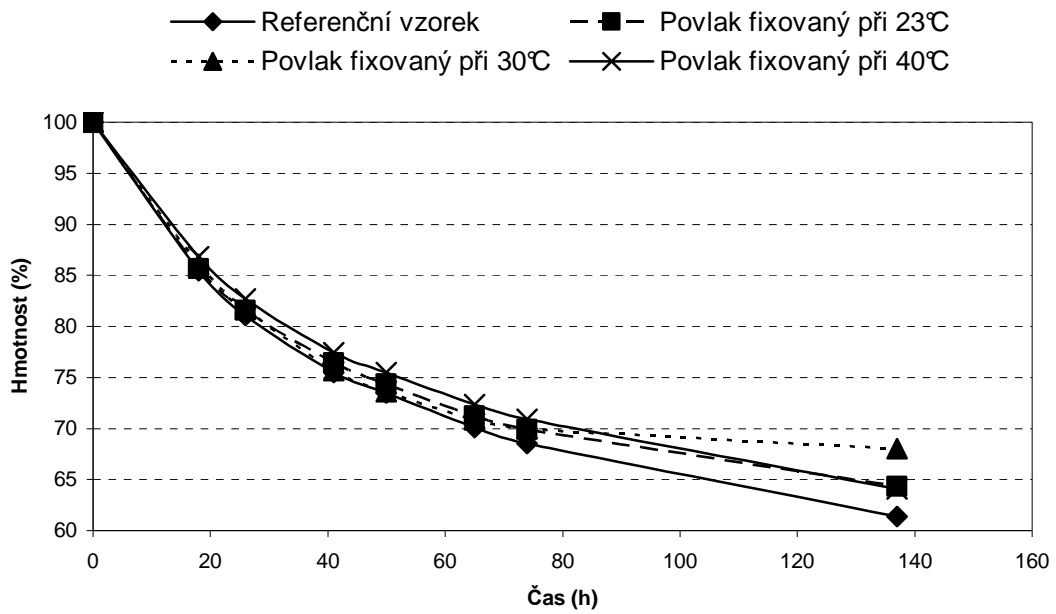
Obr. 51 - Vzorky jahod skladované při pokojové teplotě na začátku testu a na konci testu (R₁ – referenční vzorek, 1 – povlak s fixací při 23°C)



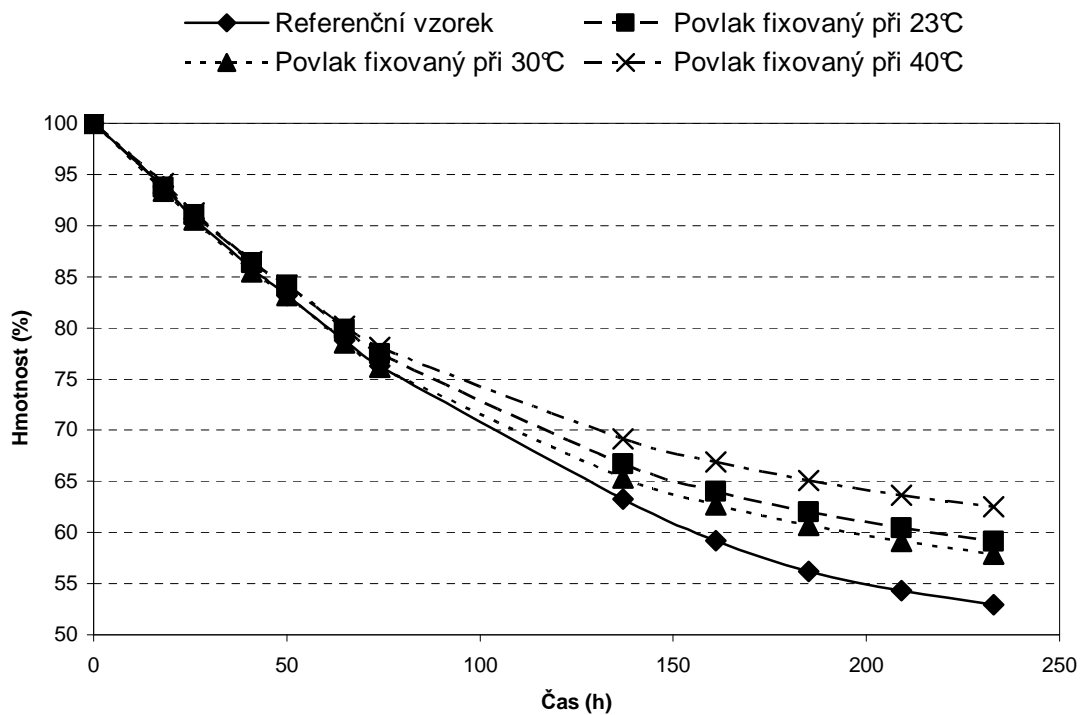
Obr. 52 - Vzorky jahod skladované v lednici na začátku testu a v řezu na konci testu (R₂ – referenční vzorek, 3 – povlak s fixací při 23°C)

8.4.2 Povlaky aplikované na kedlubny

Nejlepším z povlaků aplikovaných na vzorky kedluben skladovaných při pokojové teplotě byl povlak s fixací při 30°C. Vzorky s tímto povlakem měly po 137 hodinách 32% úbytek hmotnosti. Referenční vzorky měly po 137 hodinách 38,6% úbytek hmotnosti. U vzorků skladovaných v lednici byl nejlepší povlak fixovaný při 40°C, neboť vzorky ošetřené tímto povlakem měly po 233 hodinách úbytek hmotnosti 37,5%. Po stejné době měly referenční vzorky úbytek hmotnosti 47,1%.



Obr. 53 - Časová závislost úbytků hmotnosti vzorků kedluben skladovaných při pokojové teplotě



Obr. 54 - Časová závislost úbytků hmotnosti vzorků kedluben skladovaných v lednici

V tabulce 17 je podle sensorického vyhodnocení patrné, že u vzorků kedluben skladovaných při pokojové teplotě nastaly změny vzhledu po 18 hodinách kdy začaly

vzorky měknout. Po 41 hodinách byly vzorky již seschlé a měkké. U vzorků skladovaných v lednici se měknutí a osychání projevilo až po 41 hodinách. Na obrázku 55 a 56 jsou vzorky kedluben na počátku a na konci testu.

Tab. 17- Sensorické vyhodnocení vzorků kedluben s povlakem z hydrolyzátu + 1% DAS

Čas (h)	Skladováno při pokojové teplotě				Skladováno v lednici			
	Referenční vzorky	Povlak, fixace při 23°C	Povlak, fixace při 30°C	Povlak, fixace při 40°C	Referenční vzorky	Povlak, fixace při 23°C	Povlak, fixace při 30°C	Povlak, fixace při 40°C
0	žádné změny	žádné změny	žádné změny	žádné změny	žádné změny	žádné změny	žádné změny	žádné změny
18								
26								
41	měkknou	měkknou	měkknou	měkknou	žádné změny	žádné změny	žádné změny	žádné změny
65								
74	seschlé	seschlé	seschlé	seschlé	oschlé			
137	měkké	měkké	měkké	měkké	měkknou	měkknou	měkknou	měkknou
161								
185								
209					seschlé	seschlé	seschlé	seschlé
233					měkké	měkké	měkké	měkké

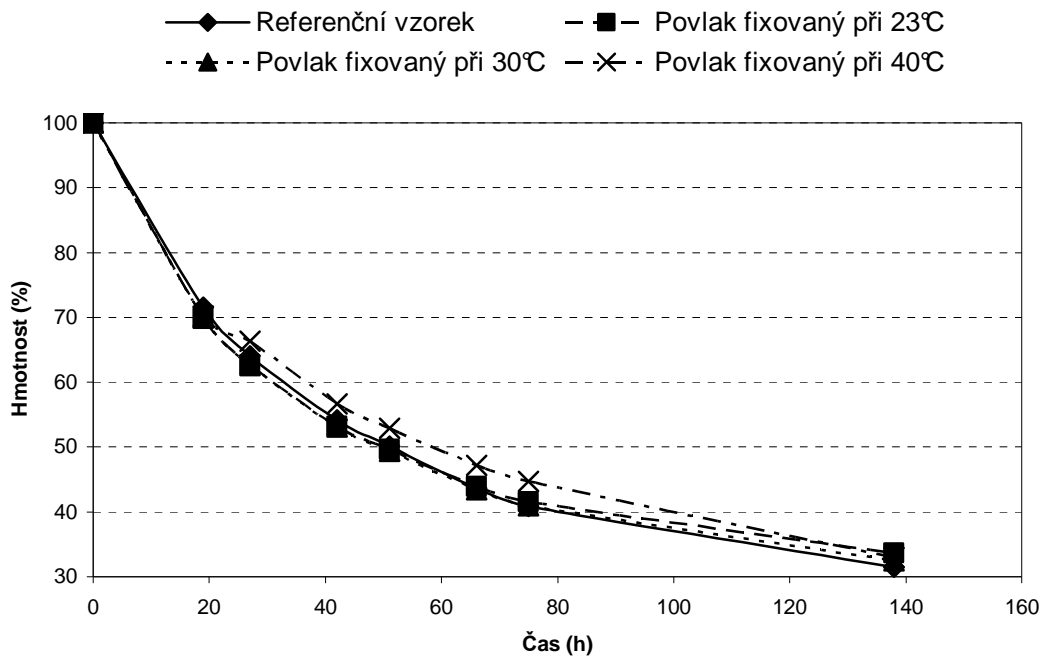


Obr. 55 - Vzorky kedluben skladované při pokojové teplotě na začátku testu a na konci testu (R₁ – referenční vzorek, A – povlak s fixací při 30°C)

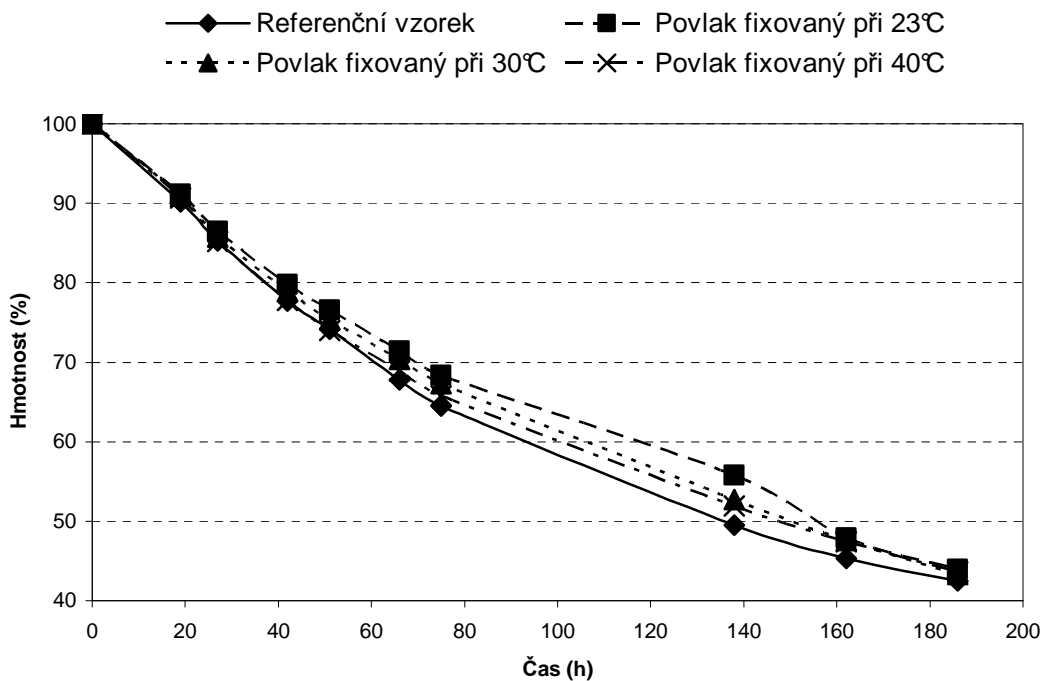


Obr. 56 - Vzorky kedluben skladované při pokojové teplotě na začátku testu a na konci testu (R₁ – referenční vzorek, 2 – povlak s fixací při 23°C)

8.4.3 Povlaky aplikované na mrkev



Obr. 57 - Časová závislost úbytků hmotnosti vzorků mrkve skladovaných při pokojové teplotě



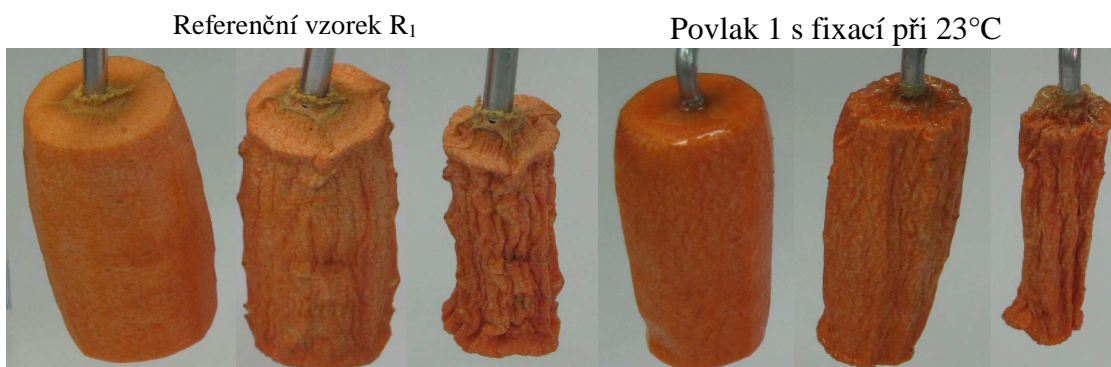
Obr. 58 - Časová závislost úbytků hmotnosti vzorků mrkve skladovaných v lednici

U vzorků kedluben skladovaných při pokojové teplotě se jako nejlepší ukázal povlak s fixací při 23°C, protože vzorky s tímto povlakem po 138 hodinách měly 66,4% úbytek hmotnosti. Po stejné době měly referenční vzorky úbytek hmotnosti 68,5%. Nejlepším filmem aplikovaným na vzorky mrkve skladovaných v lednici byl povlak s fixací při 23°C. Vzorky ošetřené tímto povlakem měly po 186 hodinách 56,1% úbytek hmotnosti. Referenční vzorky po stejné době měly 57,5% úbytek hmotnosti.

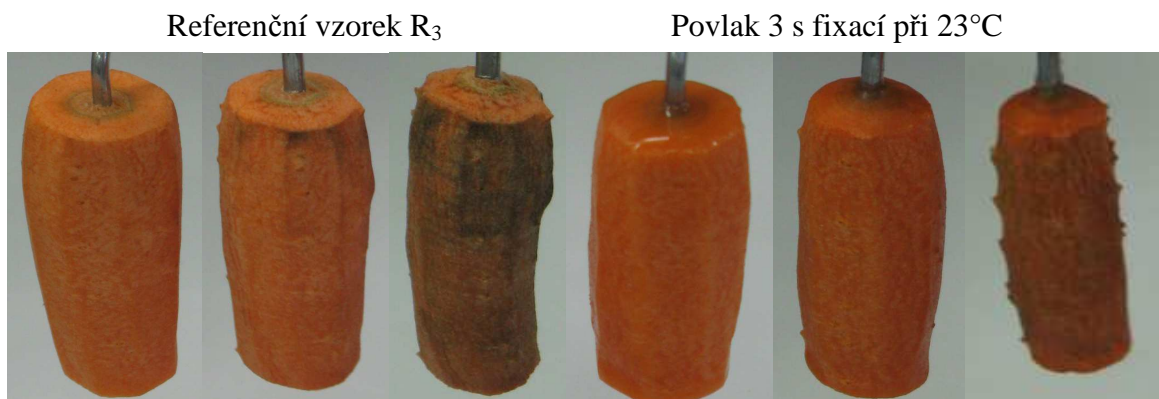
V tabulce 18 je uveden přehled sensorických změn na vzorcích mrkve. Na vzorcích skladovaných při pokojové teplotě se sensorické změny projevily po 19 hodinách, kdy začínají vzorky měknout a osychat. U vzorků skladovaných v lednici se tyto změny projevily až po 27 hodinách. Po 75 hodinách začínají vzorky černat. Na obrázku 59 a 60 jsou vzorky mrkve na počátku a na konci testu.

Tab. 18 - Sensorické vyhodnocení vzorků mrkve s povlakem z hydrolyzátu + 1% DAS

Čas (h)	Skladováno při pokojové teplotě				Skladováno v lednici			
	Referenční vzorky	Povlak, fixace při 23°C	Povlak, fixace při 30°C	Povlak, fixace při 40°C	Referenční vzorky	Povlak, fixace při 23°C	Povlak, fixace při 30°C	Povlak, fixace při 40°C
0	žádné změny	žádné změny	žádné změny	žádné změny	žádné změny	žádné změny	žádné změny	žádné změny
19	měknou	měknou	měknou	měknou	žádné změny	žádné změny	žádné změny	žádné změny
27	oschlé	oschlé	oschlé	oschlé	žádné změny	žádné změny	žádné změny	žádné změny
42	oschlé	oschlé	oschlé	oschlé	žádné změny	žádné změny	žádné změny	žádné změny
51								
66								
75	měkké oschlé	měkké oschlé	měkké oschlé	měkké oschlé	měkké oschlé	měkké oschlé	měkké oschlé	měkké oschlé
138	seschlé	seschlé	seschlé	seschlé	seschlé	seschlé	seschlé	seschlé
162								
186					černají	černají	černají	černají



Obr. 59 - Vzorky mrkve skladované při pokojové teplotě na začátku testu, po 42 hodinách a na konci testu (R₁ – referenční vzorek, 1 – povlak s fixací při 23°C)

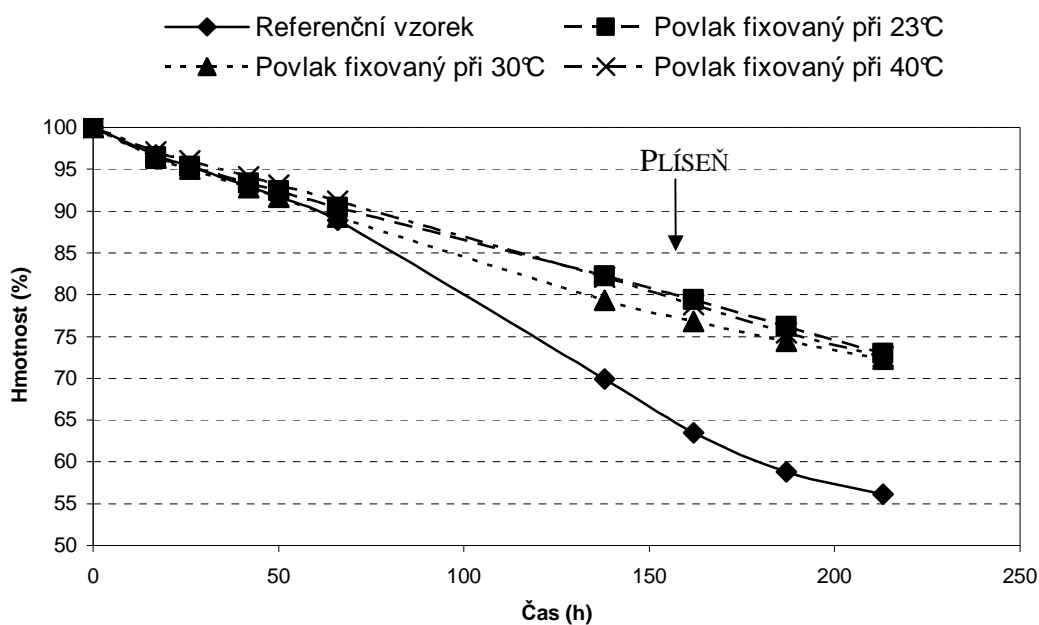


Obr. 60 - Vzorčky mrkve skladované v lednici na začátku testu, po 75 hodinách a na konci testu (R_3 – referenční vzorek, 3 – povlak s fixací při 23°C)

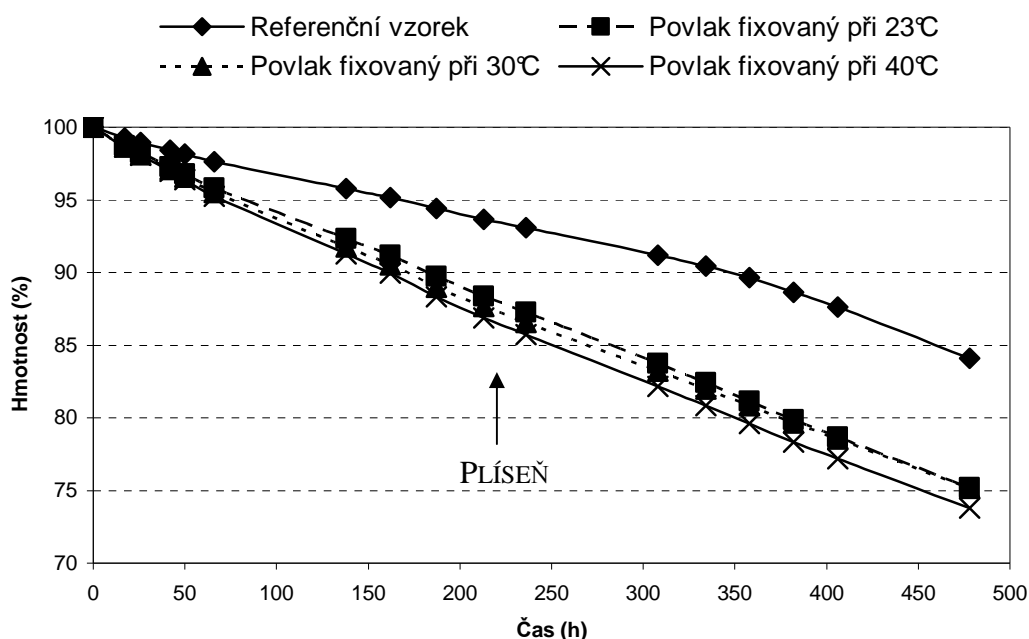
8.5 Povlaky z 50% roztoku hydrolyzátu + 4% DAS

Povlak byl vytvořen ze škrobovo-proteinového hydrolyzátu amarantové mouky a bylo k němu přidáno 4% síťovadla – dialdehyd škrobu. Povlak byl aplikován na vzorky jahod, kedluben a mrkve. V tabulce 19 a na obrázcích 61, 62, 65, 66, 69 a 70 jsou uvedeny průměrné hodnoty hmotnostních úbytků vzorků.

8.5.1 Povlaky aplikované na jahody



Obr. 61 - Časová závislost úbytků hmotnosti vzorků jahod skladovaných při pokojové teplotě



Obr. 62 - Časová závislost úbytků hmotnosti vzorků jahod skladovaných v lednici

U vzorků jahod skladovaných při pokojové teplotě byl nejlepší povlak fixovaný při 23°C. Vzorky ošetřené tímto povlakem ztratily po 162 hodinách 20,6% hmotnosti. Za stejnou dobu ztratily referenční vzorky 36,5% hmotnosti. Ze vzorků skladovaných v lednici byly nejlepší referenční vzorky, které po 213 hodinách ztratily pouze 6,3% hmotnosti. Z povlaků byl nejlepší povlak fixovaný při 23°C. Vzorky ošetřené tímto povlakem ztratily po 213 hodinách 11,6% hmotnosti.

Tab. 20 - Sensorické vyhodnocení vzorků jahod s povlakem z hydrolyzátu + 4% DAS

Čas (h)	Skladováno při pokojové teplotě				Skladováno v lednici			
	Referenční vzorky	Povlak, fixace při 23°C	Povlak, fixace při 30°C	Povlak, fixace při 40°C	Referenční vzorky	Povlak, fixace při 23°C	Povlak, fixace při 30°C	Povlak, fixace při 40°C
0								
17								
42	žádné změny	žádné změny	žádné změny	žádné změny	žádné změny	žádné změny	žádné změny	žádné změny
66	žádné změny	žádné změny	žádné změny	žádné změny	žádné změny	žádné změny	žádné změny	žádné změny
138	oschlé							
162	měkké	měkké	měkké	měkké				
187					oschlé			
213	plíseň	plíseň	plíseň	plíseň	měkké	měkké	měkké	měkké
236								
308								
334								
382								
478					plíseň	plíseň	plíseň	plíseň

V tabulce 20 je uvedeno sensorické vyhodnocení vzorků jahod. Na vzorcích skladovaných při pokojové teplotě se projevily změny po 66 hodinách, kdy začaly vzorky měknout. Po 162 hodinách se na vzorcích objevila plíseň. Na vzorcích skladovaných v lednici se měknutí projevilo po 66 hodinách a po 213 hodinách byla na vzorcích objevena plíseň. U vzorků skladovaných v lednici došlo po 17 hodinách k popraskání povlaku. Na obrázku 63 a 64 jsou vzorky jahod na počátku a na konci testu.



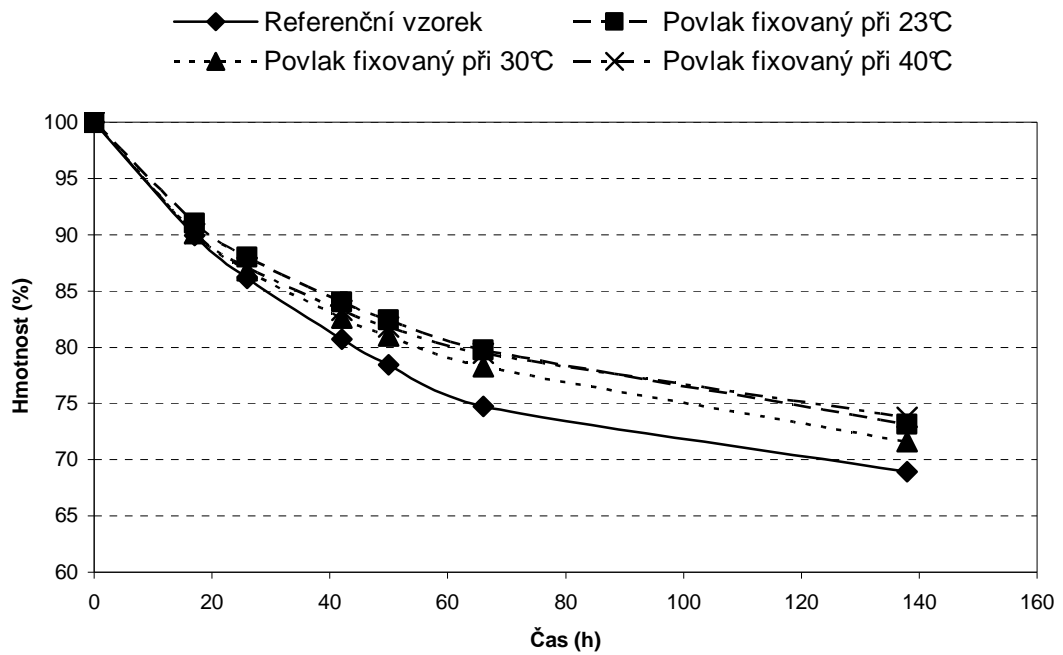
Obr. 63 - Vzorky jahod skladované při pokojové teplotě na začátku testu a na konci testu (R₁ – referenční vzorek, 1 – povlak s fixací při 23°C)



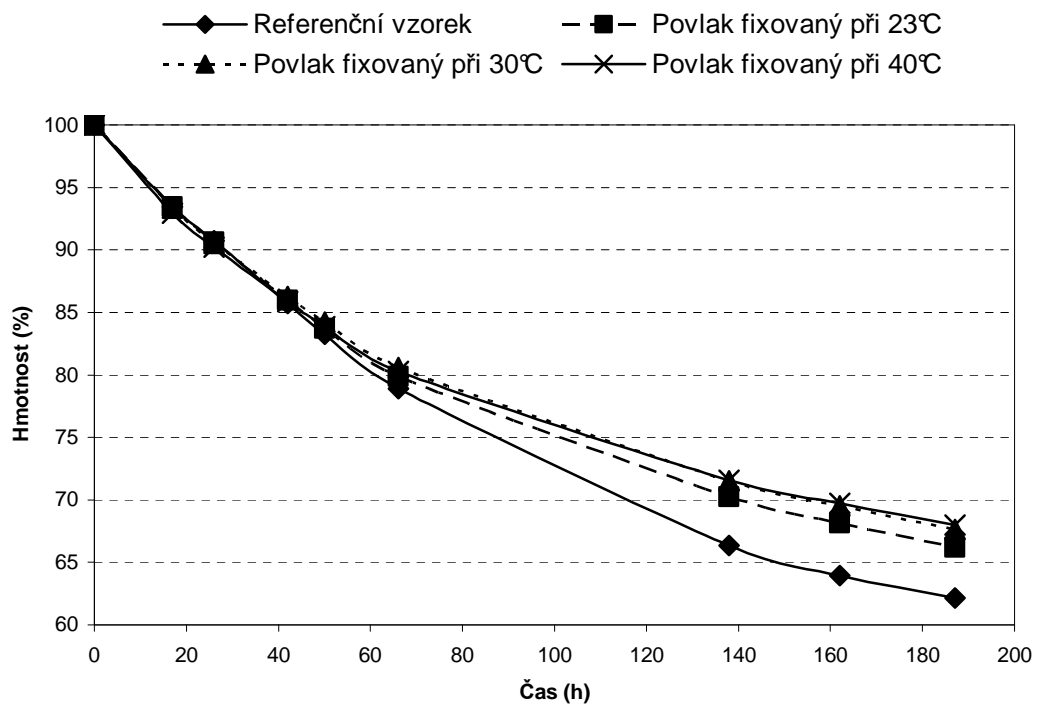
Obr. 64 - Vzorky jahod skladované v lednici na začátku testu a v řezu na konci testu (R₁ – referenční vzorek, 3 – povlak s fixací při 23°C)

8.5.2 Povlaky aplikované na kedlubny

U vzorků kedluben skladovaných při pokojové teplotě byl nejlepší povlak fixovaný při 40°C. Vzorky ošetřené tímto povlakem měly po 138 hodinách 26,3% hmotnostní úbytek. Referenční vzorky měly za stejnou dobu úbytek hmotnosti 31,1%. Nejlepším povlakem na vzorky skladované v lednici byl povlak s fixací při 40°C, protože vzorky s tímto povlakem měly po 187 hodinách úbytek hmotnosti 32%. Za stejnou dobu měly referenční vzorky úbytek hmotnosti 37,8% úbytek hmotnosti.



Obr. 65 - Časová závislost úbytků hmotnosti vzorků kedluben skladovaných při pokojové teplotě



Obr. 66 - Časová závislost úbytků hmotnosti vzorků kedluben skladovaných v lednici

V tabulce 21 jsou uvedeny výsledky sensorického hodnocení vzorků kedluben. U vzorků skladovaných při pokojové teplotě se po 17 hodinách projevil změny vzhledu, a to

osycháním vzorků a jejich měknutím. U vzorků skladovaných v lednici se měknutí vzorků projevilo až po 42 hodinách. Výrazně seschle byly vzorky až po 138 hodinách. Na obrázku 67 a 68 jsou vzorky kedluben na počátku a na konci testu.

Tab. 21 - Sensorické vyhodnocení vzorků kedluben s povlakem z hydrolyzátu + 4% DAS

Čas (h)	Skladováno při pokojové teplotě				Skladováno v lednici			
	Referenční vzorky	Povlak, fixace při 23°C	Povlak, fixace při 30°C	Povlak, fixace při 40°C	Referenční vzorky	Povlak, fixace při 23°C	Povlak, fixace při 30°C	Povlak, fixace při 40°C
0	žádné změny	žádné změny	žádné změny	žádné změny	žádné změny	žádné změny	žádné změny	žádné změny
17								
26								
42	měknou	měknou	měknou	měknou	žádné změny	žádné změny	žádné změny	žádné změny
50					oschlé			
66	seschlé	seschlé	seschlé	seschlé	měknou	měknou	měknou	měknou
138	měkké	měkké	měkké	měkké				
162					seschlé	seschlé	seschlé	seschlé
187					měkké	měkké	měkké	měkké

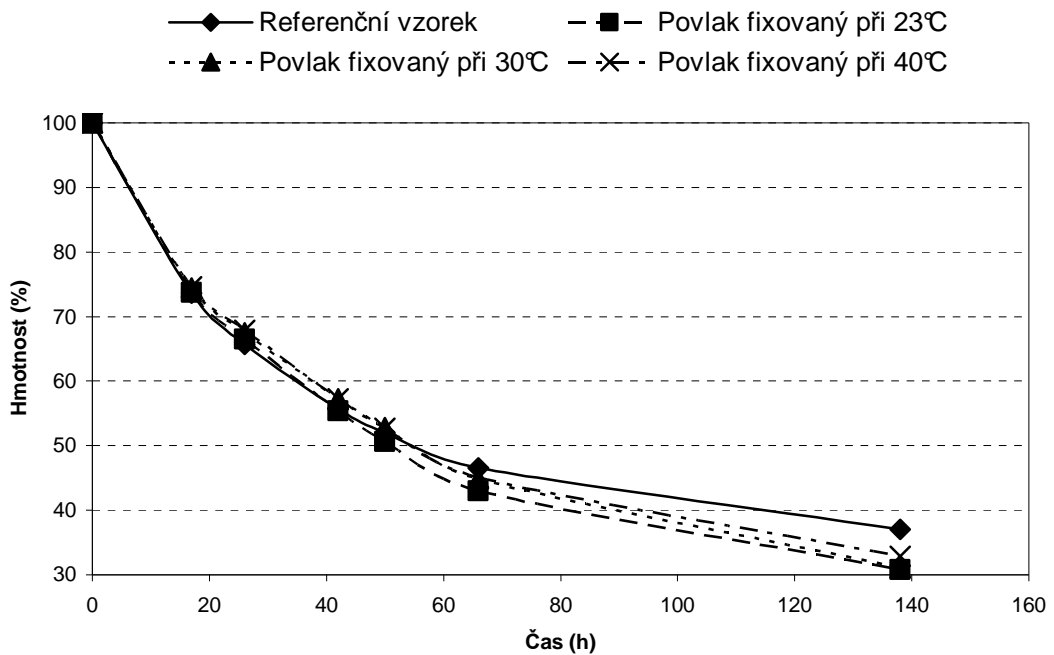


Obr. 67 - Vzorky kedluben skladované při pokojové teplotě na začátku testu a na konci testu (R₂ – referenční vzorek, 2 – povlak s fixací při 23°C)

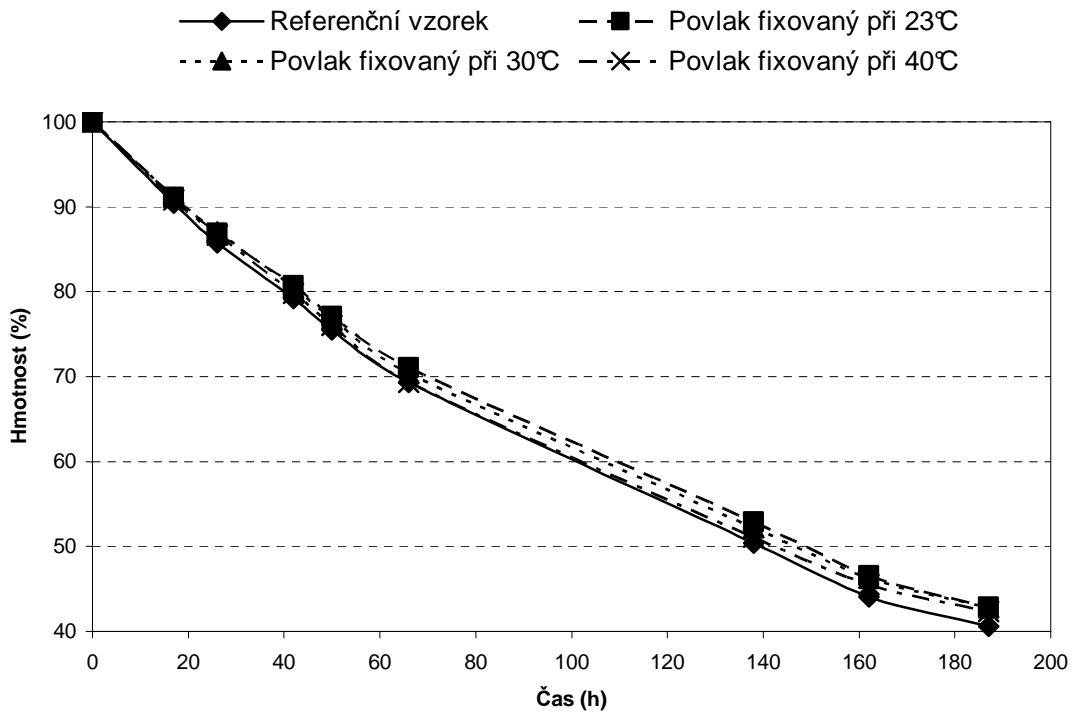


Obr. 68 - Vzorky kedluben skladované v lednici na začátku testu a na konci testu (R₂ – referenční vzorek, C – povlak s fixací při 30°C)

8.5.3 Povlaky aplikované na mrkev



Obr. 69 - Časová závislost úbytků hmotnosti vzorků mrkve skladovaných při pokojové teplotě



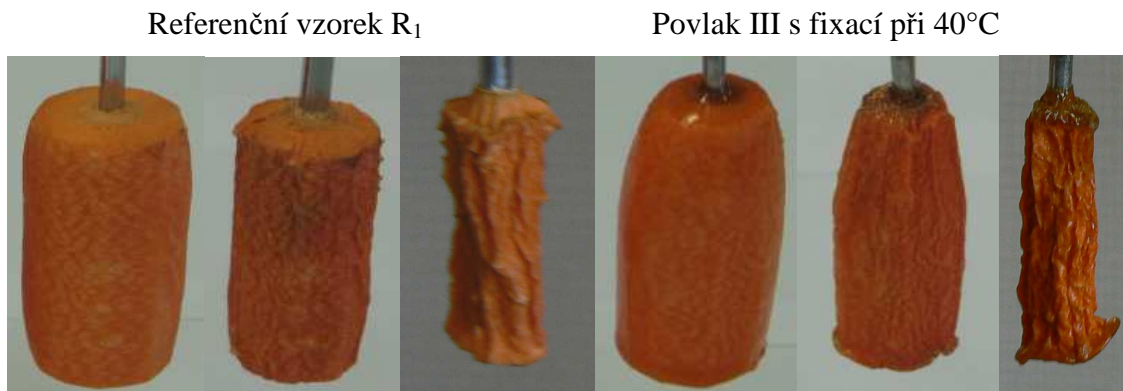
Obr. 70 - Časová závislost úbytků hmotnosti vzorků mrkve skladovaných v lednici

U vzorků skladovaných při pokojové teplotě měly nejnižší hmotnostní úbytek referenční vzorky, které po 138 hodinách měly 62,9% úbytek hmotnosti. S povlaků byl nejlepší povlak s fixací při 40°C, protože vzorky s tímto povlakem měly po 138 hodinách 67,1% úbytek hmotnosti. Nejlepším povlakem aplikovaným na vzorky skladované v lednici byl povlak s fixací při 23°C. Vzorky s tímto povlakem měly po 187 hodinách 57,1% úbytek hmotnosti. Referenční vzorky po stejné době ztratily 59,4% hmotnosti.

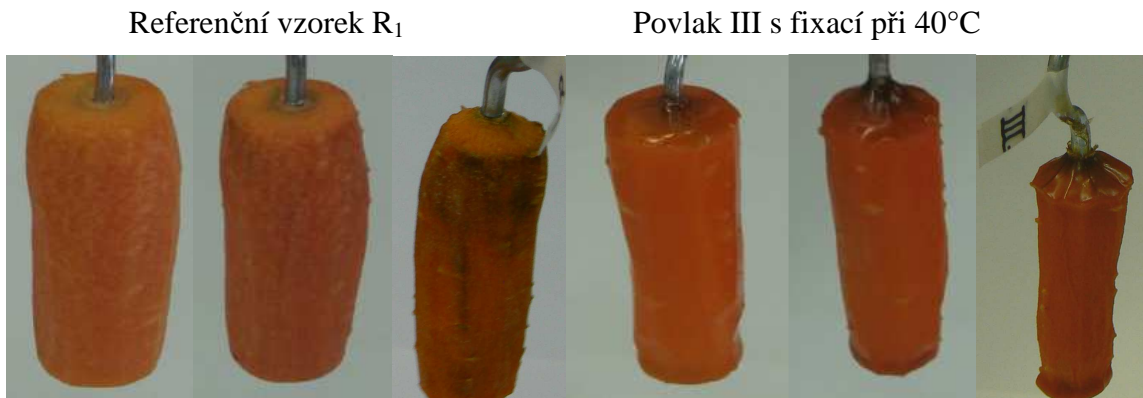
Tab. 22 - Sensorické vyhodnocení vzorků mrkve s povlakem z hydrolyzátu + 4% DAS

Čas (h)	Skladováno při pokojové teplotě				Skladováno v lednici			
	Referenční vzorky	Povlak, fixace při 23°C	Povlak, fixace při 30°C	Povlak, fixace při 40°C	Referenční vzorky	Povlak, fixace při 23°C	Povlak, fixace při 30°C	Povlak, fixace při 40°C
0	žádné	žádné	žádné	žádné	žádné	žádné	žádné	žádné
17	změny	změny	změny	změny	žádné	žádné	žádné	žádné
26	měknou	měknou	měknou	měknou	změny	změny	změny	změny
42	oschlé	oschlé	oschlé	oschlé				
50					měkké	měkké	měkké	měkké
66	měkké	měkké	měkké	měkké	oschlé	oschlé	oschlé	oschlé
138	seschlé	seschlé	seschlé	seschlé				
162								
187					černají	černají	černají	černají

V tabulce 22 je uvedeno sensorické hodnocení vzorků mrkve. U vzorků skladovaných při pokojové teplotě se změny vzhledu projeví po 17 hodinách. Po této době již začaly vzorky osychat a měknout. Výrazně seschlé byly vzorky po 42 hodinách. U vzorků skladovaných v lednici se osychání a měknutí projevilo po 26 hodinách. Od 66 hodiny skladování začaly vzorky černat. Na obrázku 71 a 72 jsou vzorky mrkve na počátku a na konci testu.

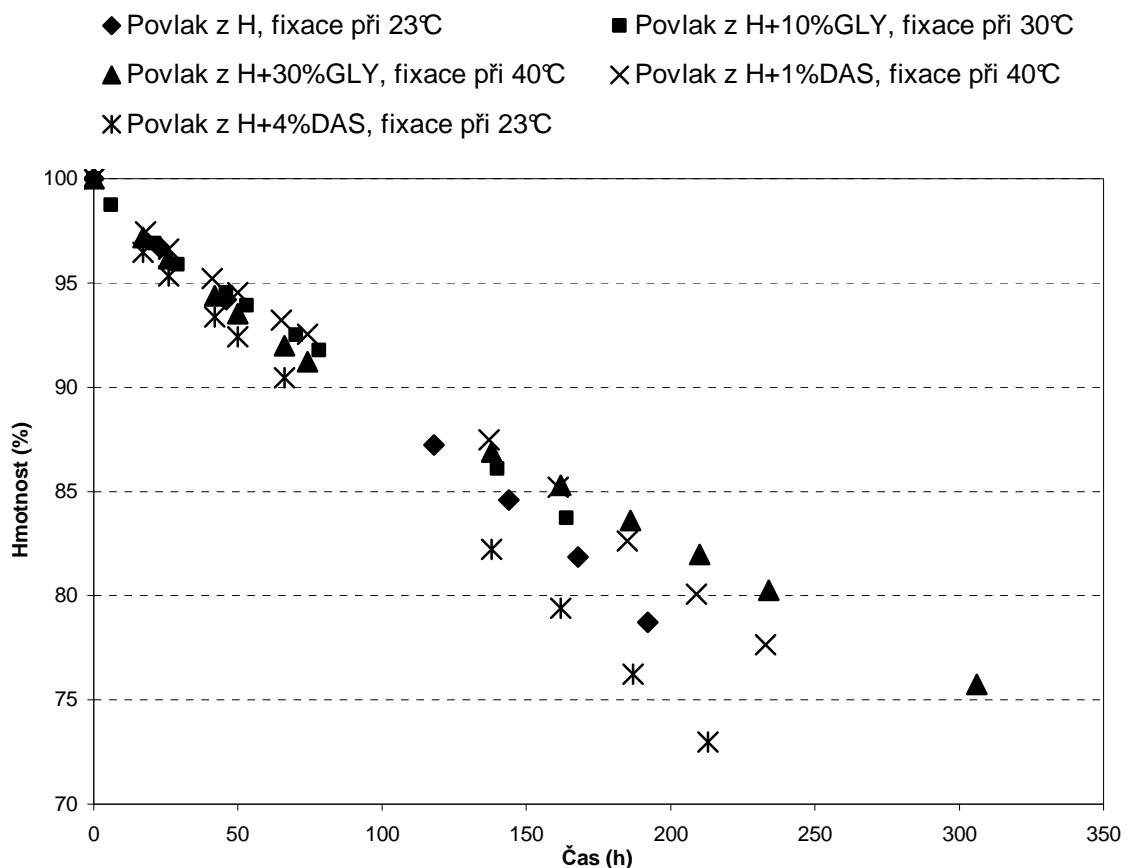


Obr. 71 - Vzorky mrkve skladované při pokojové teplotě na začátku testu, po 42 hodinách a na konci testu (R₁ – referenční vzorek, III – povlak s fixací při 40°C)



Obr. 72 - Vzorčky mrkve skladované v lednici na začátku testu, po 66 hodinách a na konci testu (R_1 – referenční vzorek, III – povlak s fixací při 40°C)

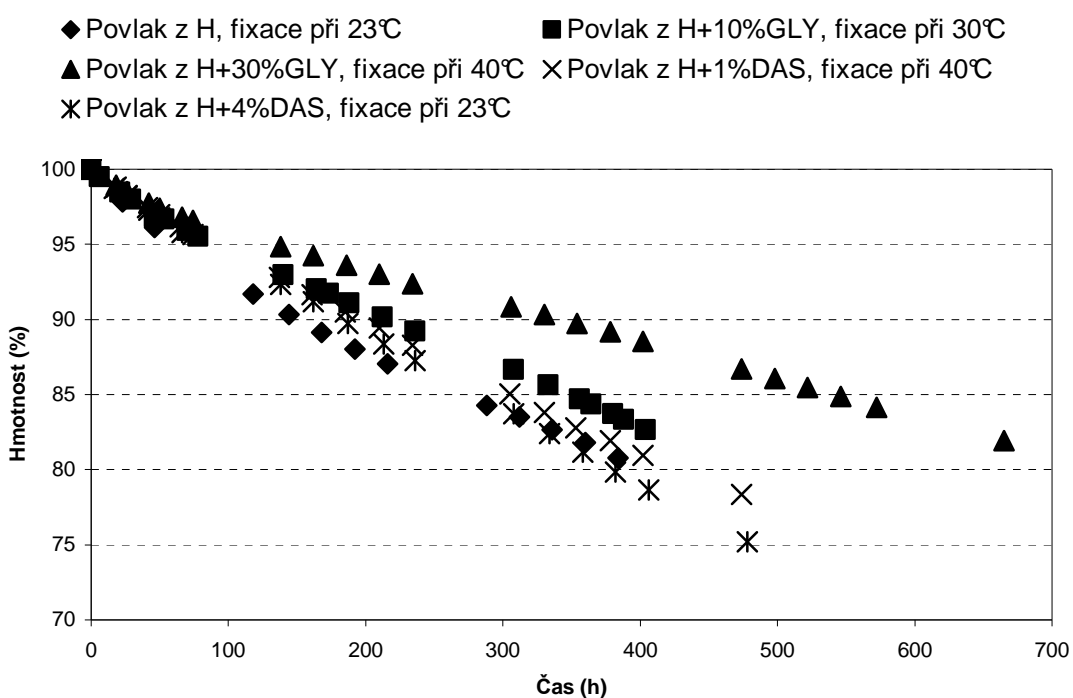
8.6 Srovnání účinnosti polymerních povlaků na vzorky jahod



Obr. 73 - Časová závislost úbytků hmotnosti vzorků jahod s různými povlaky skladovaných při pokojové teplotě

Z pěti povlaků použitých na vzorky jahod skladovaných při pokojové teplotě byl jako nejlepší vybrán povlak z 50% roztoku hydrolyzátu fixovaný 5 minut při 23°C, neboť

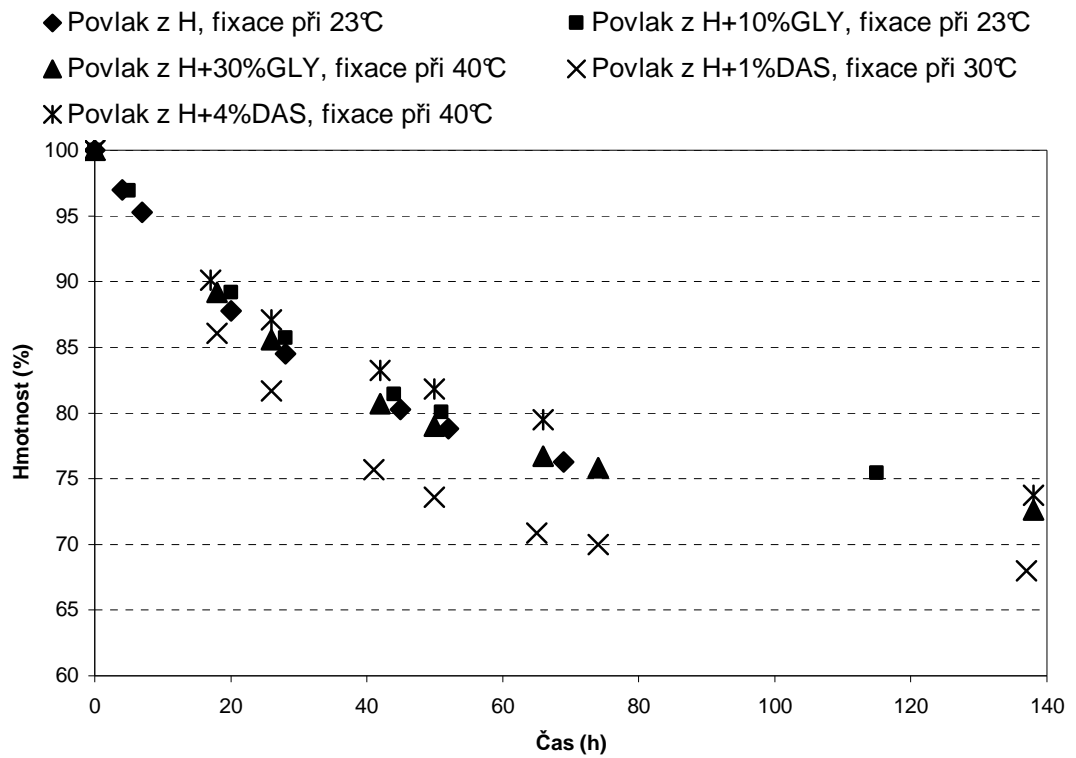
s tímto povlakem byl nástup hnilobných procesů zpomalen o 122 hodin a ztráty hmotnosti vzorků jahod v důsledku ztrát vlhkosti byly o 16,6% nižší než u referenčních vzorků. U vzorků jahod skladovaných v lednici byl jako nejlepší povlak zvolen povlak z hydrolyzátu s 30% GLY fixovaný při 40°C. Vzorky ošetřené tímto povlakem vykazovaly již po 138 hodinách výrazně nižší hmotnostní úbytky než vzorky se zbylými povlaky. Vzorky s tímto povlakem měly po 402 hodinách o 17,7% nižší ztráty hmotnosti než referenční vzorky. Na vzorcích s povlakem se plíseň objevila o 264 hodin později než u referenčních vzorků.



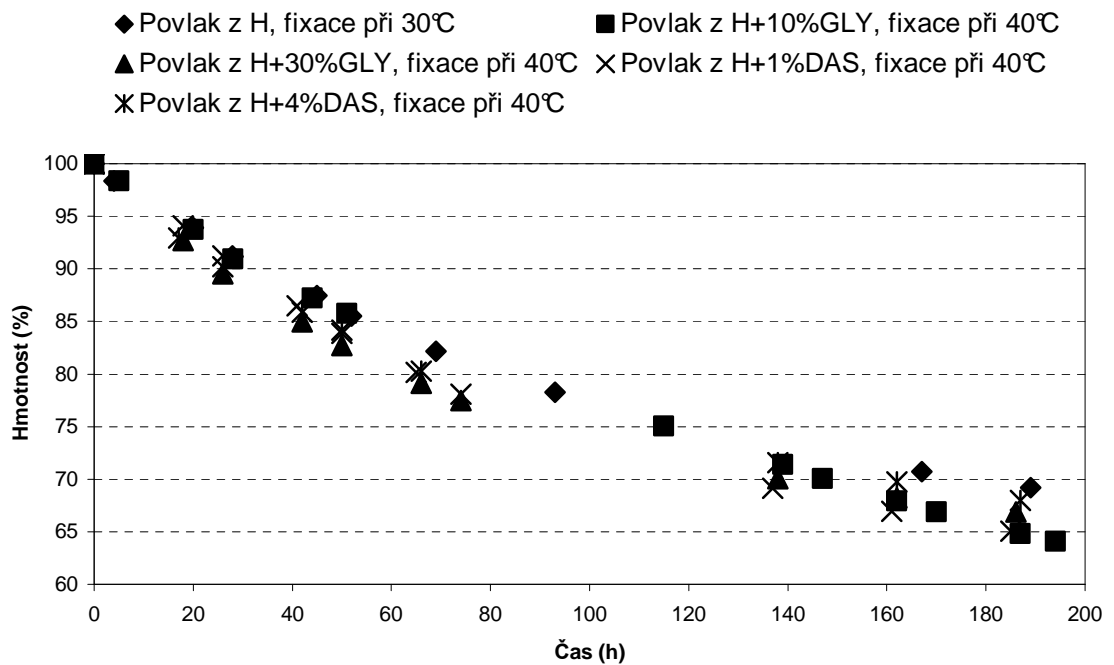
Obr. 74 - Časová závislost úbytků hmotnosti vzorků jahod s různými povlaky skladovaných v lednici

8.7 Srovnání účinnosti polymerních povlaků na vzorky kedluben

Nejlepším povlakem použitým na vzorky kedluben skladovaných při pokojové teplotě byl povlak z hydrolyzátu s přidavkem 4% DAS s fixací při 40°C. Vzorky ošetřené tímto povlakem měly celkovou dobu skladování 138 hodin a již od 26 hodin vykazovaly nižší úbytky hmotností než vzorky ošetřené zbylými povlaky. Pro vzorky skladované v lednici byl jako nejlepší povlak vybrán povlak z hydrolyzátu s fixací při 30°C. Vzorky s tímto povlakem byly skladovány 189 hodin a po této době vykazovaly vzorky nižší hmotnostní úbytky než vzorky s jinými povlaky. Nižší hmotnostní úbytky měly vzorky s tímto povlakem již po 69 hodinách.

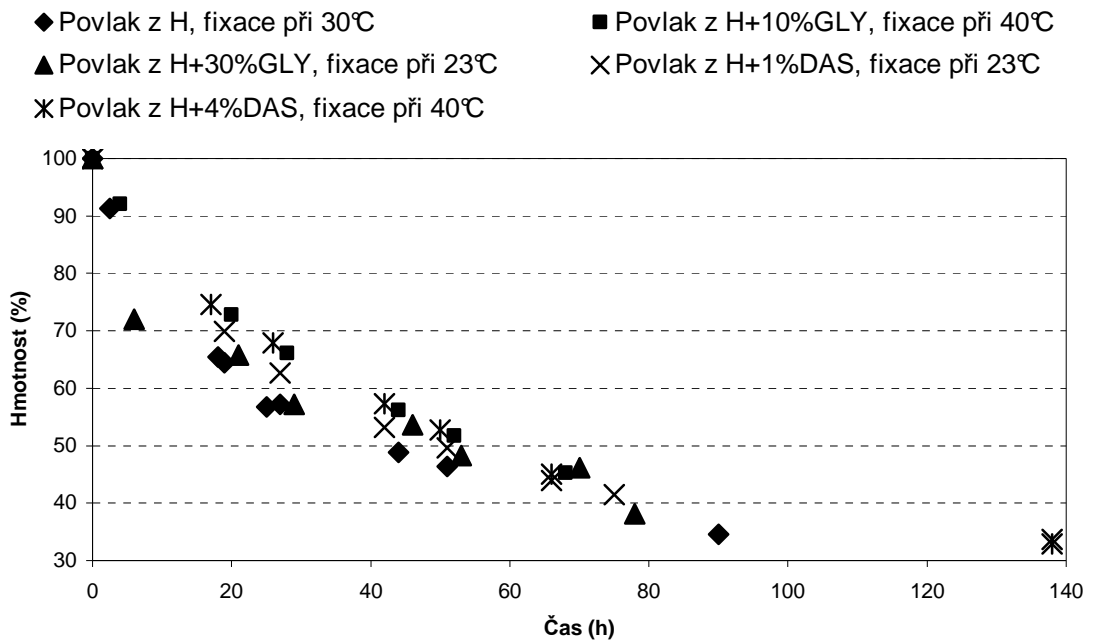


Obr. 75 - Časová závislost úbytků hmotnosti vzorků kedluben s různými povlaky skladovaných při pokojové teplotě

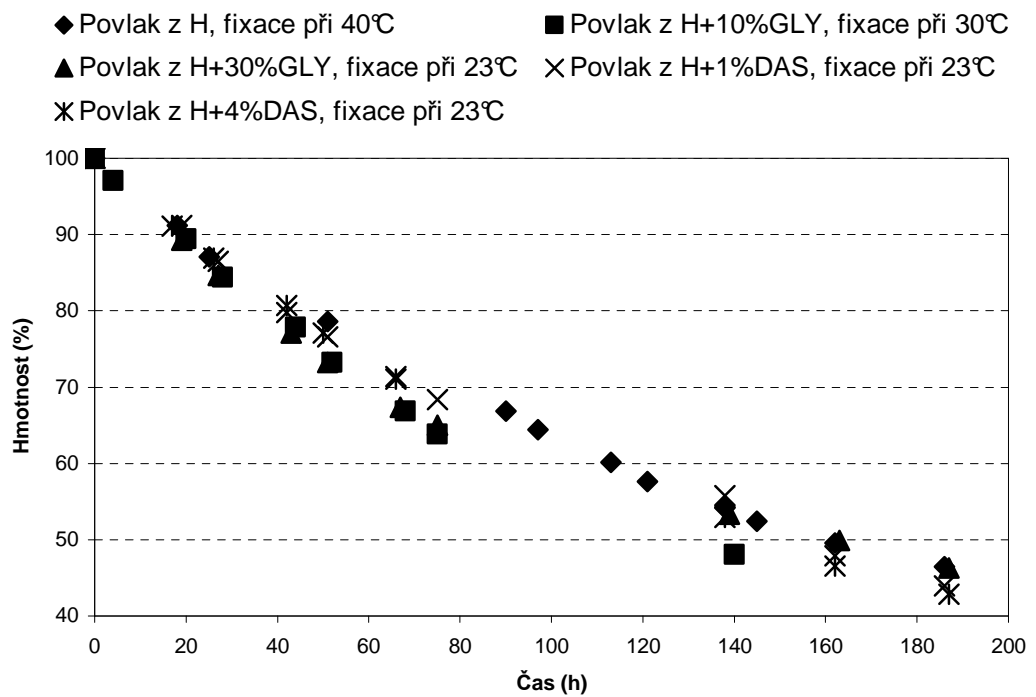


Obr. 76 - Časová závislost úbytků hmotnosti vzorků kedluben s různými povlaky skladovaných v lednici

8.8 Srovnání účinnosti polymerních povlaků na vzorky mrkve



Obr. 77 - Časová závislost úbytků hmotnosti vzorků mrkve s různými povlaky skladovaných při pokojové teplotě



Obr. 78 - Časová závislost úbytků hmotnosti vzorků mrkve s různými povlaky skladovaných v lednici

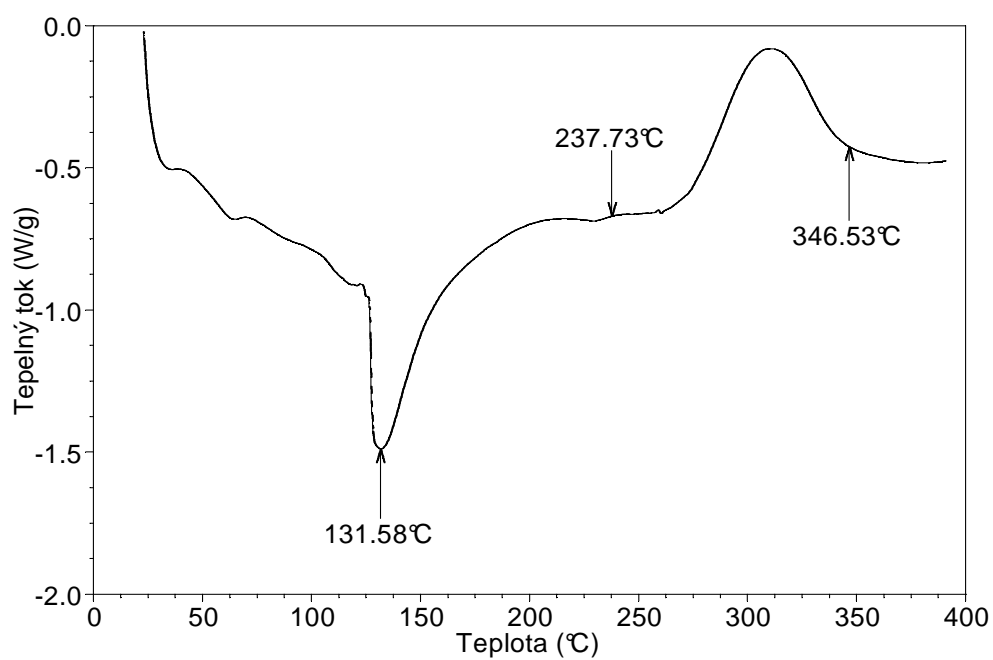
U vzorků mrkve skladovaných při pokojové teplotě dochází velmi rychle ke ztrátám hmotnosti. Nejnižší ztráty hmotnosti vykazovaly vzorky s povlakem z hydrolyzátu s přídavkem 4% DAS fixovaným při 40°C. Vzorky s tímto povlakem měly po celou dobu skladování (138 hodin) nižší úbytky hmotnosti než vzorky s jinými povlaky. Pro vzorky mrkve skladované v lednici byl jako nejlepší povlak zvolen povlak z hydrolyzátu s fixací při 40°C. Vzorky ošetřené tímto povlakem měly po celou dobu skladování nejnižší hmotnostní úbytky. Celková doba skladování vzorků s tímto povlakem byla 186 hodin.

8.9 Hodnocení vlastností filmů

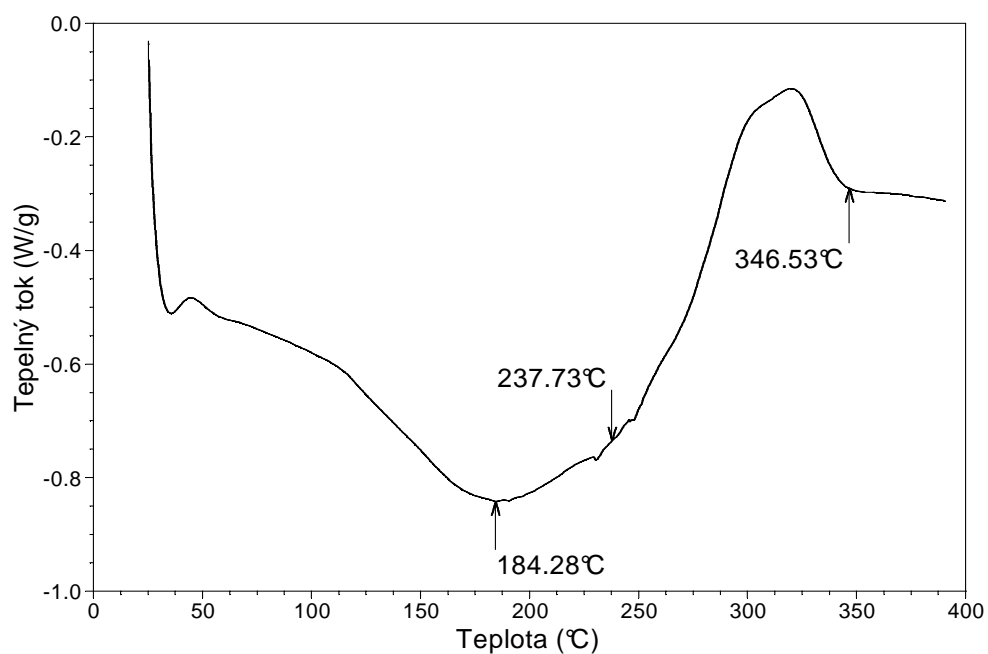
8.9.1 Tepelné vlastnosti

Tepelné vlastnosti vzorků filmů připravených z povlakovacích roztoků byly sledovány metodami diferenciální skenovací kalorimetrie (DSC) a termogravimetrickou analýzou (TGA). U každého filmu byly provedeny dvě DSC analýzy a jedna TGA analýza. Vzorky byly měřeny v rozsahu teplot $\Delta T = 20\text{--}400^\circ\text{C}$ rychlostí ohřevu $dT/d\tau = 15^\circ\text{C}/\text{min}$.

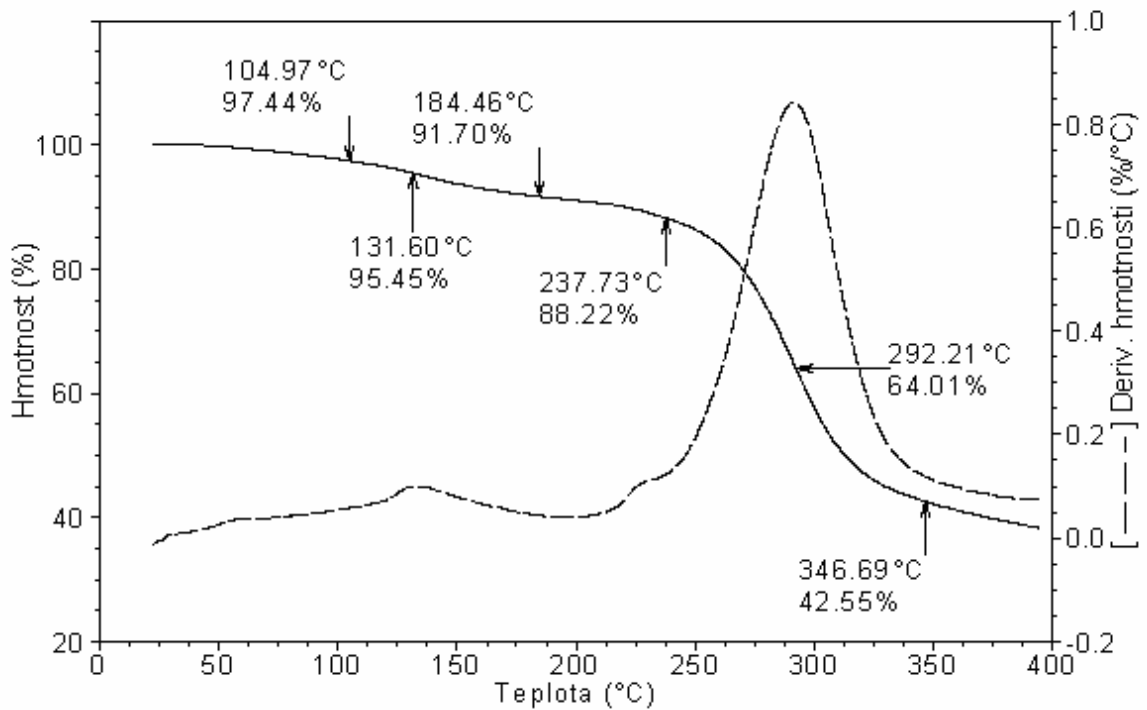
U filmu připraveného z hydrolyzátu amarantové mouky je na DSC křivce (Obr. 79) patrný endotermní pík s minimem při 131,6°C, který souvisí zřejmě s odstraněním sorbované vody. Tato byla při dalším měření odstraněna zahříváním nejprve na 150°C. Následným ochlazením vzorku a opětovným měřením jsme dostali zcela odlišnou DSC křivku (Obr. 80). Při tomto měření je patrný jediný endotermní pík s minimem při 184,3°C což souvisí s táním vzorku. Na TGA křivce je při 105°C patrný 2,56% pokles hmotnosti, což je způsobeno odstraněním vlhkosti ze vzorku. Při 131,6°C byl pokles hmotnosti o 4,55%. Při tání vzorku při 184,3°C byl pokles hmotnosti vzorku 8,3%. Na TGA křivce (Obr. 81) je dále patrný počátek termické degradace vzorku při 237,8°C, kdy byl pokles hmotnosti již 11,8%.



Obr. 79 - DSC křivka vzorku filmu připraveného z hydrolyzátu

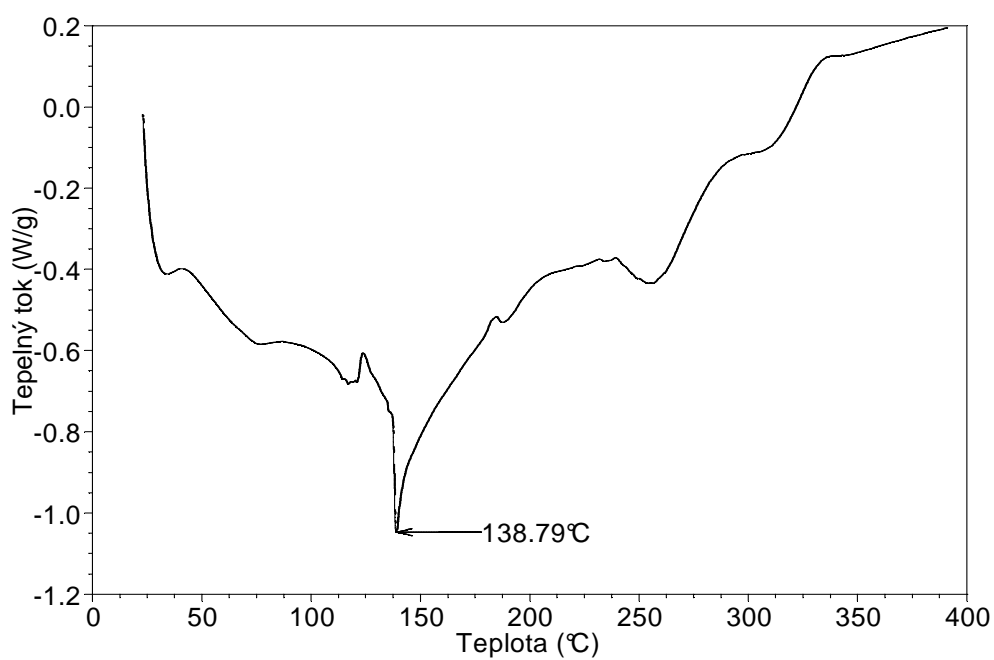


Obr. 80 - DSC křivka vzorku filmu připraveného z hydrolyzátu (2. běh)

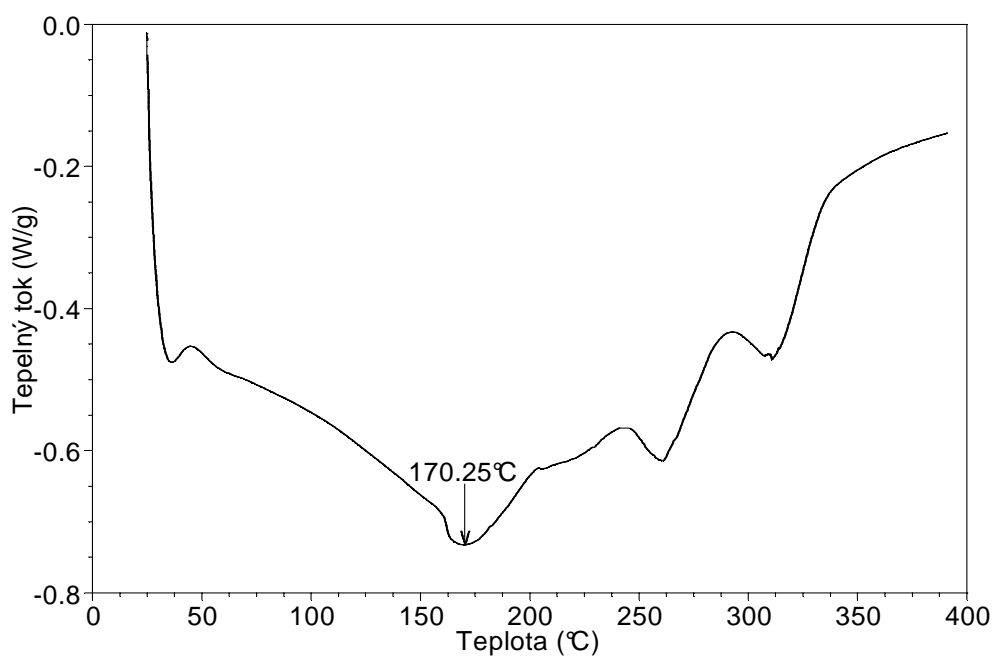


Obr. 81 - TGA křivka vzorku filmu připraveného z hydrolyzátu

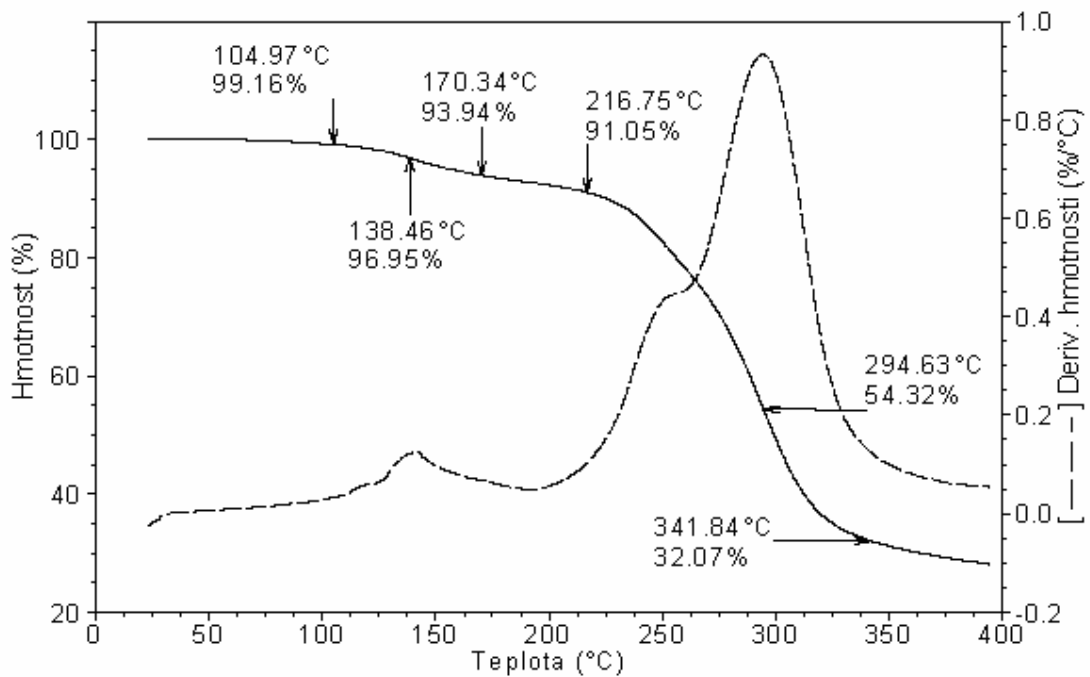
U filmu připraveného z hydrolyzátu amarantové mouky s přidavkem 10% glycerolu je na DSC křivce (Obr. 82) prvního měření patrný endotermní pík s minimem při 138,8°C, který souvisí s odstraněním zbylé sorbované a vázané vody ve vzorku. Na TGA křivce (Obr. 84) je při této teplotě pokles hmotnosti o 3%. Tato vázaná voda byla při dalším měření odstraněna zahříváním nejprve na 150°C. Následným ochlazením vzorku a opětovným měřením jsme dostali zcela odlišnou DSC křivku. Při 2. běhu je na DSC křivce (Obr. 83) patrný endotermní pík s minimem při 170,3°C, který souvisí s táním vzorku. Na TGA křivce je toto doprovázeno 6,1% poklesem hmotnosti. Dále je na TGA křivce patrný počátek termické degradace vzorku při 216,8°C, který provází pokles hmotnosti o 9%.



Obr. 82 - DSC křivka vzorku filmu připraveného z hydrolyzátu amarantové mouky s přidavkem 10% glycerolu

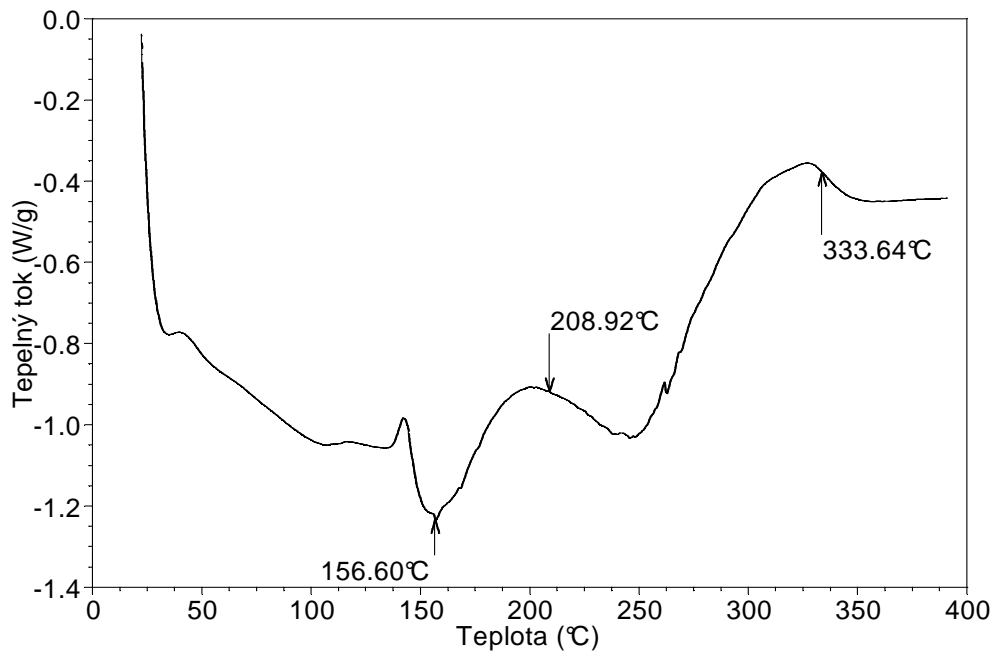


Obr. 83 - DSC křivka vzorku filmu připraveného z hydrolyzátu amarantové mouky s přidavkem 10% glycerolu (2. běh)

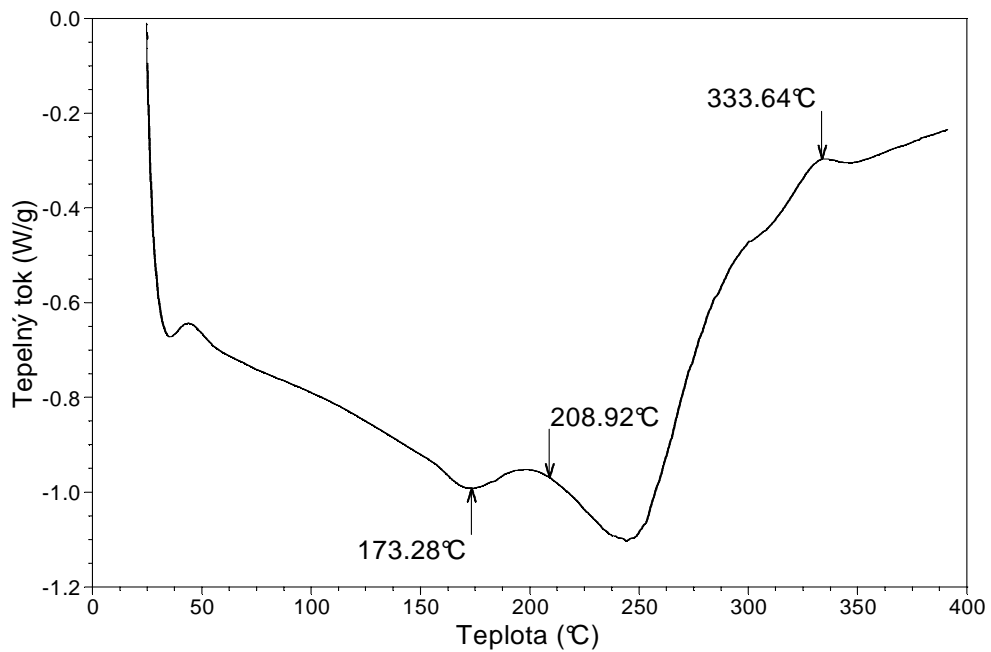


Obr. 84 - TGA křivka vzorku filmu připraveného z hydrolyzátu amarantové mouky s přídavkem 10% glycerolu

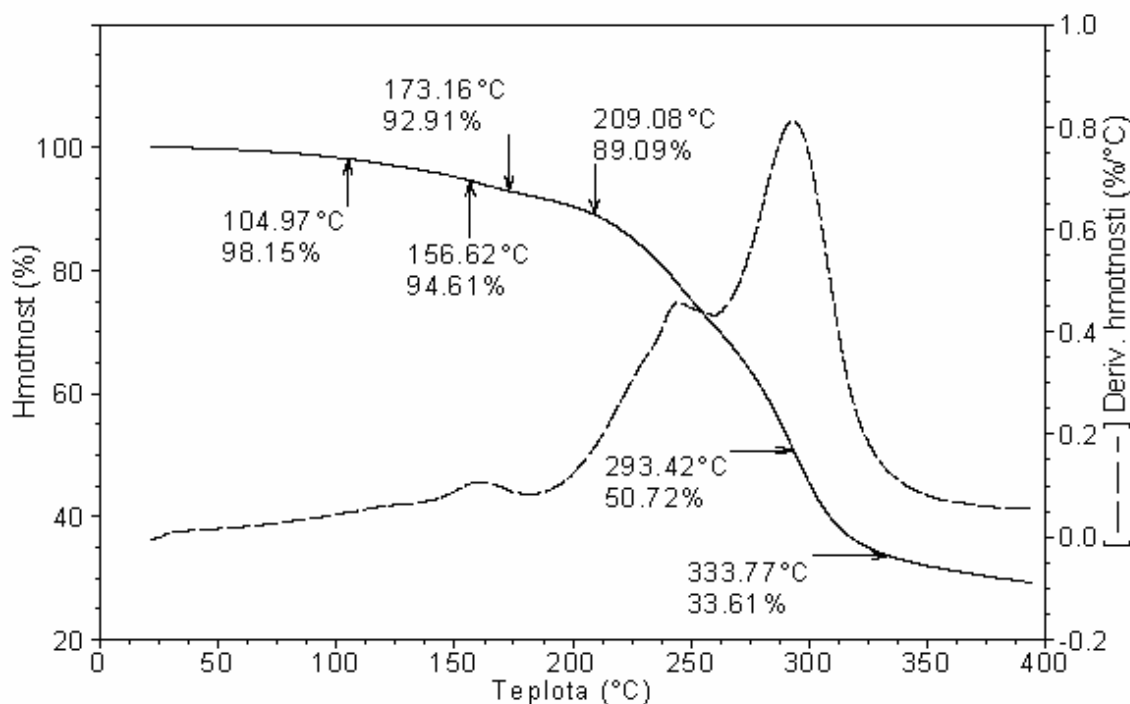
U filmu připraveného z hydrolyzátu amarantové mouky s přídavkem 30% glycerolu je na DSC křivce (Obr. 85) patrný endotermní pík s minimem při 156,6°C, který souvisí s odstraněním volné a sorbované vody ze vzorku, na TGA křivce (Obr. 87) je toto provázáno poklesem hmotnosti o 5,4%. Při dalším měření jsme proto nejprve vzorek zahřívali na 150°C, tím by měla být zbylá vlhkost ve vzorku odstraněna. Následným ochlazením vzorku a opětovným měřením jsme dostali zcela odlišnou DSC křivku (Obr. 86). Při tomto měření je patrný endotermní pík s minimem při 173,2°C což souvisí s táním vzorku. Na TGA křivce je toto doprovázeno poklesem hmotnosti o 7,1%. Počátek termické degradace vzorku je na TGA křivce patrný od teploty 209,1°C kdy vzorek ztratil 9,1% svojí hmotnosti a hmotnost vzorku začíná prudce klesat.



Obr. 85 - DSC křivka vzorku filmu připraveného z hydrolyzátu amarantové mouky s přidavkem 30% glycerolu

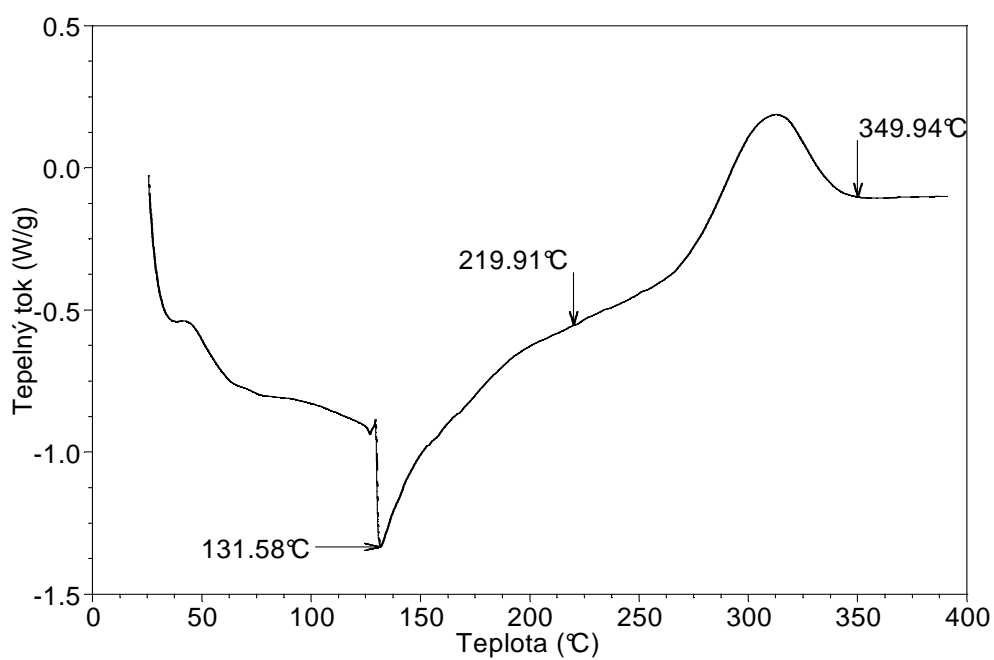


Obr. 86 - DSC křivka vzorku filmu připaveného z hydrolyzátu amarantové mouky s přidavkem 30% glycerolu (2. běh)

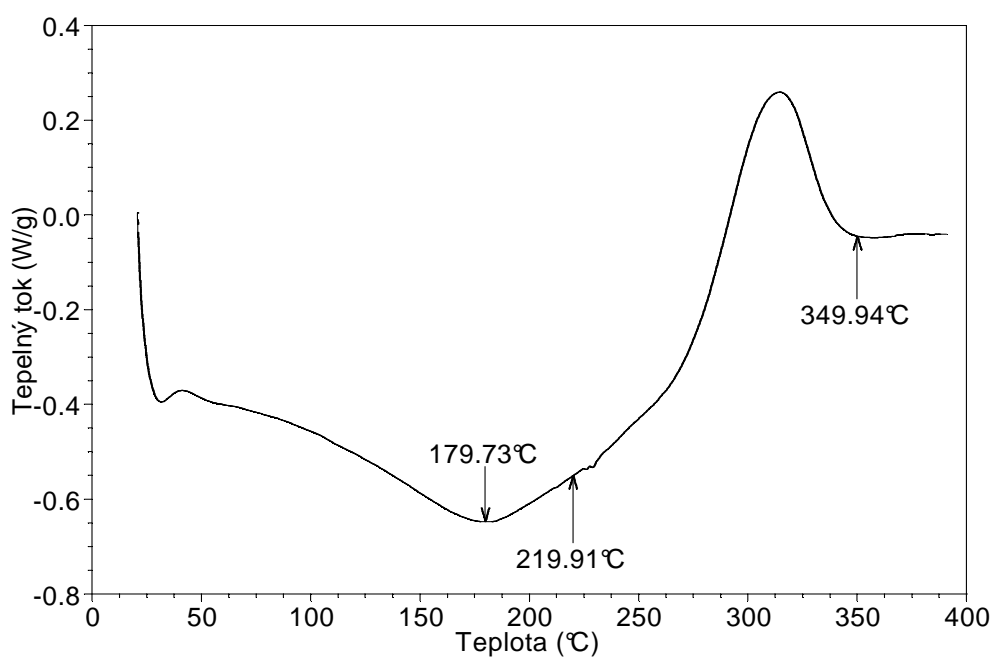


Obr. 87 - TGA křivka vzorku filmu připraveného z hydrolyzátu amarantové mouky s přídavkem 30% glycerolu

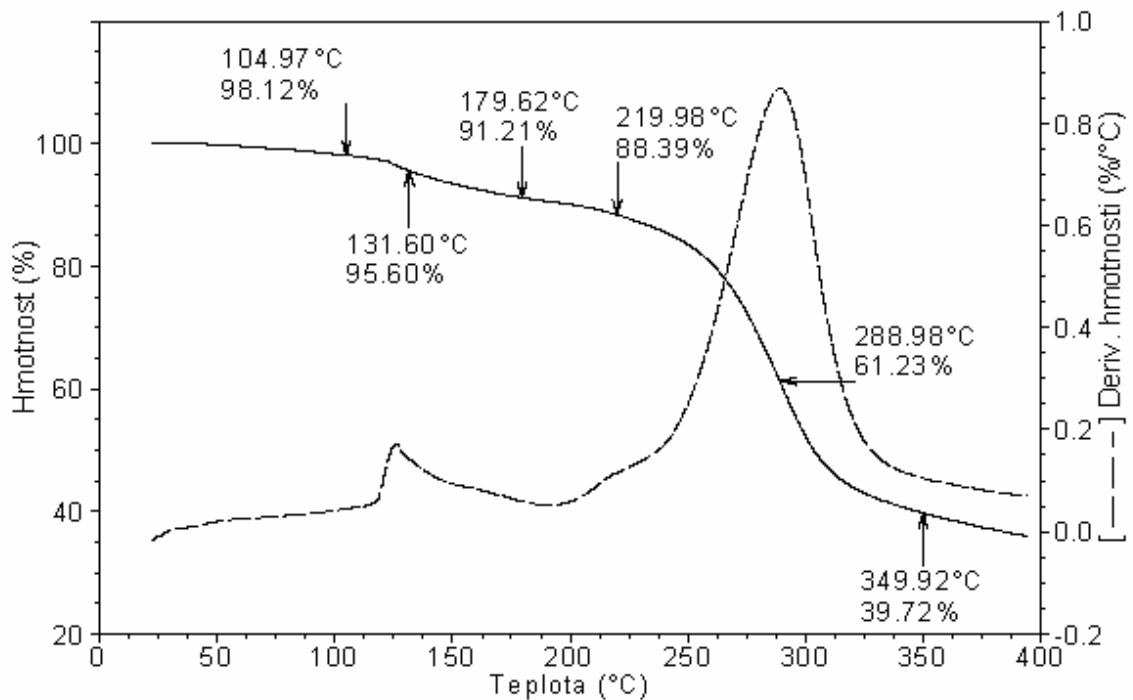
U filmu připraveného z hydrolyzátu amarantové mouky s přídavkem 1% DAS je na DSC křivce (Obr. 88) patrný endotermní pík s minimem při 131,6°C, který souvisí zřejmě s odstraněním sorbované vody. Na TGA křivce (Obr. 90) bylo toto provázeno poklesem hmotnosti o 4,4%. Tato sorbovaná voda byla při dalším měření nejprve odstraněna zahříváním na 150°C. Následným ochlazením vzorku a opětovným měřením jsme dostali odlišnou DSC křivku (Obr. 89). Při tomto měření je patrný jediný endotermní pík s minimem při 179,7°C což souvisí s táním vzorku. To je provázeno poklesem hmotnosti vzorku o 8,8%, které se projevilo na TGA křivce. Na TGA křivce je dále patrný počátek termické degradace vzorku při 220°C, kdy byl pokles hmotnosti již 11,6%.



Obr. 88 - DSC křivka vzorku filmu připraveného z hydrolyzátu amarantové mouky s přídatkem 1% DAS

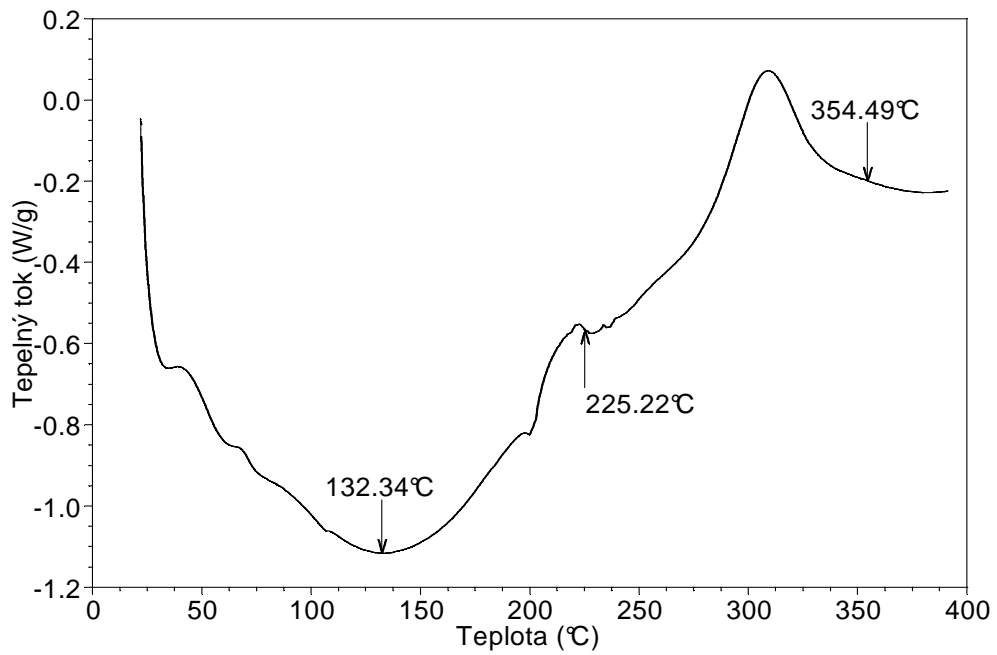


Obr. 89 - DSC křivka vzorku filmu připaveného z hydrolyzátu amarantové mouky s přídatkem 1% DAS (2. běh)

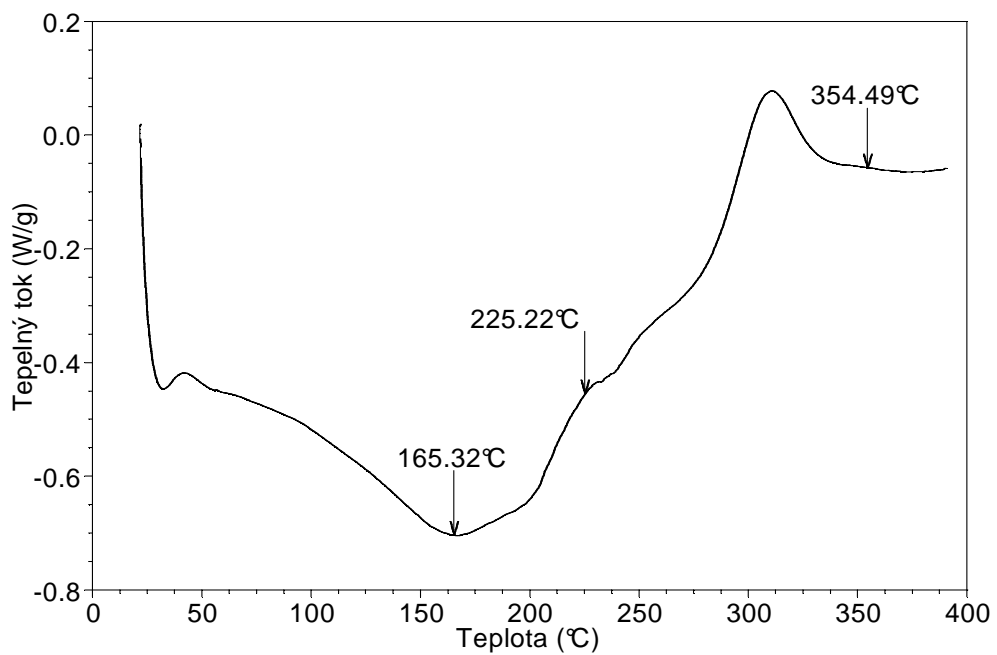


Obr. 90 - TGA křivka vzorku filmu připraveného z hydrolyzátu amarantové mouky s přídávkem 1% DAS

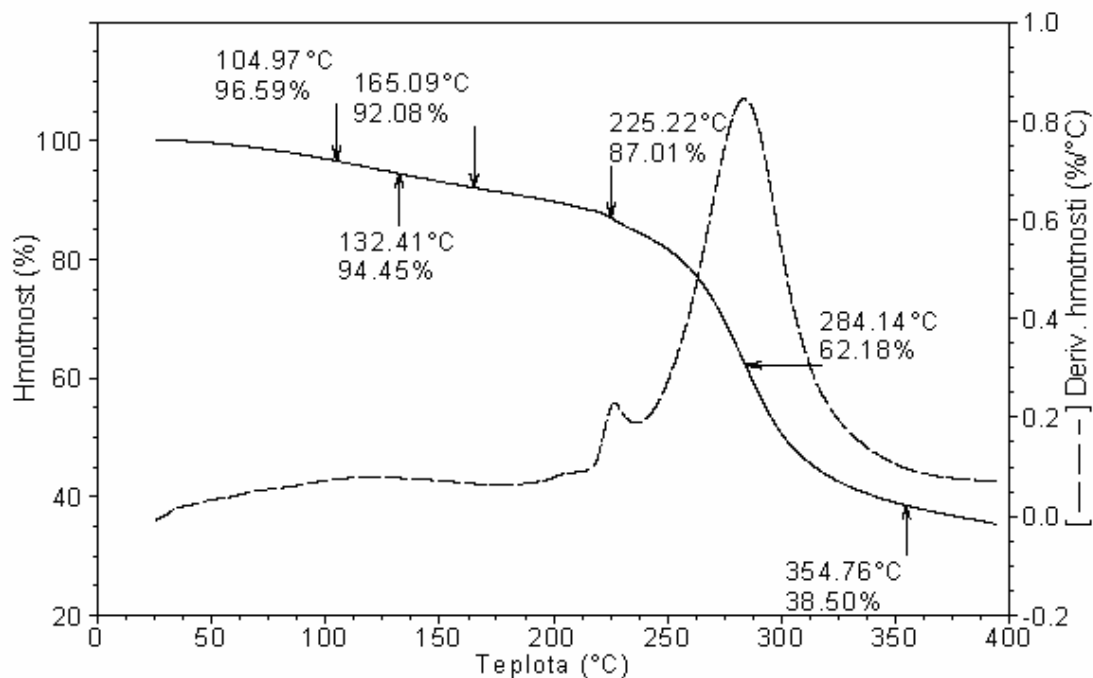
U filmu připraveného z hydrolyzátu amarantové mouky s přídávkem 4% DAS je na DSC křivce (Obr. 91) patrný endotermní pík s minimem při 132,3°C, který souvisí s odstraněním volné a vázané vody ze vzorku, na TGA křivce (Obr. 93) je toto provázeno poklesem hmotnosti o 5,5%. Při dalším měření jsme proto nejprve vzorek zahřívali na 150°C, tím by měla být zbylá vlhkost ve vzorku odstraněna. Následným ochlazením vzorku a opětovným měřením jsme dostali odlišnou DSC křivku (Obr. 92). Při druhém měření je patrný endotermní pík s minimem při 165,3°C což souvisí s táním vzorku. Na TGA křivce je toto doprovázeno poklesem hmotnosti o 7,9%. Počátek termické degradace vzorku se na TGA křivce projevil při teplotě 225,2°C kdy vzorek ztratil 13% svojí hmotnosti.



Obr. 91 - DSC křivka vzorku filmu připraveného z hydrolyzátu amarantové mouky s přídavkem 4% DAS



Obr. 92 - DSC křivka vzorku filmu připraveného z hydrolyzátu amarantové mouky s přídavkem 4% DAS (2. běh)



Obr. 93 - TGA křivka vzorku filmu připraveného z hydrolyzátu amarantové mouky s přídatkem 4% DAS

8.9.2 Zkoušky rozpustnosti

U filmů připravených z povlakovacích roztoků byly orientačně provedeny zkoušky rozpustnosti. Tyto zkoušky byly prováděny tak, že do suchých váženek byly naváženy vzorky o rozměrech cca 1,5 x 1,5 cm, které byly zality 20 ml destilované vody. Vzorky filmů byly ponechány ve vodě stanovenou dobu. Po uplynutí této doby byly vzorky přefiltrovány přes vysušený a zvážený filtrační papír. Papír byl poté vysušen při 103°C po dobu nejméně 6 hodin a po vysušení byl zvážen. Z rozdílu hmotností bylo vypočítáno množství rozpuštěného filmu. Zkoušky rozpustnosti byly prováděny při teplotách 6°C a 25°C.

Při teplotě 25°C se nejrychleji rozpouštěly filmy s 30% přídatkem glycerolu – za 50 s se film rozpustil zcela. O něco pomaleji se rozpouštěl film s 10% přídatkem glycerolu. Nejpomaleji se rozpouštěl film s 4% přídatkem dialdehydu škrobu – po 5 minutách bylo rozpuštěno 62%.

Při testech rozpustnosti při 6°C se filmy rozpouštěly pomaleji než při pokojové teplotě. I při této teplotě se nejrychleji rozpouštěly filmy s 30% přídavkem glycerolu. Nejpomaleji se při 6°C rozpouštěly vzorky hydrolyzátu bez přídavků aditiv, které po 5 minutách byly rozpuštěny z 52%.

Závěr

V praktické části diplomové práce jsem se zabýval přípravou a aplikací jedlých polymerních filmů ze škrobovo-proteinového hydrolyzátu amarantové mouky na vzorky jahod, kedluben a mrkve. Pro každý druh vzorků bylo připraveno pět povlakovacích roztoků z hydrolyzátu (bez aditiv, s 10% přídavkem glycerolu, s 30% přídavkem glycerolu, s 1% přídavkem DAS a s 4% přídavkem DAS). Povlaky byly na vzorcích fixovány při teplotách 23, 30 a 40°C. Vzorky byly skladovány při pokojové teplotě a v lednici a byly hodnoceny úbytky hmotností vzorků a sensorické vlastnosti. Z povlakovacích roztoků byly také vyrobeny filmy, které byly podrobeny tepelným zkouškám a zkouškám rozpustnosti.

Na vzorcích jahod skladovaných při pokojové teplotě byl jako nejlepší povlak vybrán povlak připravený z hydrolyzátu amarantové mouky bez přídavku aditiv a s fixací při 23°C. U vzorků ošetřených tímto povlakem bylo zjištěno oddálení hnilobných procesů o 122 hodin oproti referenčním vzorkům. Ztráty hmotnosti vzorků s tímto povlakem byly o 16,6% nižší než u referenčních vzorků. Při skladování vzorků jahod v lednici se jako nejlepší ukázal povlak z hydrolyzátu s 30% přídavkem glycerolu fixovaný 5 minut při 40°C. U vzorků s tímto povlakem bylo zjištěno, že přítomnost povlaku snižuje úbytek hmotnosti o 17,7% oproti referenčním vzorkům. Zároveň bylo zjištěno, že povlak výrazně oddaluje počátek hnilobného procesu. Vzorky jahod ošetřených tímto povlakem byly při skladování napadeny plísní o 264 hodin později.

Jako nejlepší povlak pro vzorky kedluben skladovaných při pokojové teplotě byl vybrán povlak s přídavkem 4% DAS fixovaný 5 minut při 40°C. Vzorky ošetřené tímto povlakem vykazovaly o 4,8% nižší hmotnostní úbytek než referenční vzorky. U vzorků skladovaných v lednici byl jako nejlepší vybrán povlak z hydrolyzátu fixovaný 5 minut při 30°C. Vzorky kedluben s tímto povlakem měly oproti referenčním vzorkům o 3% nižší úbytky hmotnosti. Povlaky aplikované na kedlubny nemají skoro žádný vliv na sensorické vlastnosti vzorků, protože stejné změny vzhledu vykazovaly referenční i povlakované vzorky. U vzorků mrkve skladovaných při pokojové teplotě byly zjištěny jen malé rozdíly mezi jednotlivými povlaky. Jako nejlepší povlak byl vyhodnocen povlak s přídavkem 4% DAS, který po celou dobu skladování vykazoval nejnižší úbytky hmotností. Pro vzorky skladované v lednici byl nejlepším povlakem vyhodnocen povlak z hydrolyzátu fixovaný 5 minut při 40°C. Vzorky s tímto povlakem měly o 2% nižší hmotnostní úbytky než referenční vzorky.

Použitá literatura

- [1] Tichá bioplastová revoluce[online]. 7.4.2005 [cit. 2008-04-30] <http://technika.ccb.cz/index.php?sec=rubrika&id_zprava=1020#zprava_1020>.
- [2] BASTIOLI C. Global status of the production of biobased packaging materials. *Starch*, 2001, no. 53, 351–355.
- [3] KVASNIČKOVÁ A. *Obaly na bázi obnovitelných zdrojů* [online]. 7.9.2006 [cit. 2008-04-30] <<http://www.gate2biotech.cz/obaly-na-bazi-obnovitelnych/>>.
- [4] LANGMAIER F. *Nauka o zboží*. 1. vydání. VUT v Brně, 1999. 144 s. ISBN 8021415029.
- [5] KOPÁČOVÁ O. *Fólie a pěny z obilovin* [online]. 25.4.2003 [cit. 2008-04-30] <<http://www.agronavigator.cz/default.asp?ch=13&typ=1&val=13894&ids=421>>.
- [6] KVASNIČKOVÁ A. *Jedlé fólie a potahy na bázi mléčné bílkoviny* [online]. 28.4.2005 [cit. 2008-04-30] <<http://www.agronavigator.cz/default.asp?ch=13&typ=1&val=35308&ids=421>>.
- [7] BALDWIN E. A., BURNS J. K., KAZOKAS W., BRECHT J. K., HAGENMAIER R. D., BENDER R. J., PESIS E. Effect of two edible coatings with different permeability characteristics on mango ripening during storage. *Postharvest Biology and Technology*, 1999, no. 17, 215–226.
- [8] THARANATHAN R. N. Biodegradable films and composite coatings: past, present and future. *Trends in Food Science & Technology*, 2003, no. 14, 71–78.
- [9] BRAVIN B., PERESSINI D., SENSIDONI A. Development and application of polysaccharide-lipid edible coating to extend shelf-life of dry bakery products. *Journal of Food Engineering*, 2006, vol. 76, no. 3, 280–290.
- [10] PARK H. J. Development of advanced edible coatings for fruits. *Trends in Food Science & Technology*, 1999, no. 10, 254–260.
- [11] GARCIA M. A., MARTINO M. N., ZARITZKY N. E. Starch-based coatings: effect on refrigerated strawberry quality, *Journal of Science Food Agric.*, 1998, no. 76, 411–420.
- [12] VELÍŠEK J. *Chemie potravin 3*. 1. vydání. Tábor: OSSIS, 1999. 343 s. ISBN 80–902391–5-3.
- [13] PARK H. J., JUNG S. T., SONG J. J., KANG S. G., VERGANO P. J., TESTIN R. F. Mechanical and barrier properties of chitosan-based biopolymer film. *Chitin and Chitosan Research*, 1994, no. 5, 16–29.

- [14] MOKREJŠ P., LANGMAIER F. *Aplikace přírodních polymerů*. 1. vydání. UTB ve Zlíně, 2008. 90 s. ISBN 978-80-7318-674-6.
- [15] RINDLAV-WESTLING A., ET AL. Structure, mechanical and barrier properties of amylose and amylopectin films. *Carbohydrate Polymers*, 1998, no. 36, 217–224.
- [16] GALIETTA G., GIOIA L., GUILBERT S., CUQ B. Mechanical and thermomechanical properties of films based on whey proteins as affected by plasticizer and crosslinking agents. *Journal of Dairy Science*, 1998, vol. 81, no. 12, 3123–3130.
- [17] CHEN C. H., LAI L. S. Mechanical and water vapor barrier properties of tapioca starch / decolorized hsian-tso leaf gum films in the presence of plasticizer. *Food Hydrocolloids*, 2007, no. 10, 1–12.
- [18] BASTIOLI C. *Handbook of biodegradable polymers*. Shawbury: Rapra, 2005. 534 s. ISBN 978-1-85957-389-1.
- [19] DUCHÁČEK V., PROKOPOVÁ I., DOBIÁŠ J. Biodegradovatelné polymery v obalové technice. *Packaging*, 2004, vol. 8, no. 6, 11–13.
- [20] HRABĚ J., BUŇKA F., HOZA I. *Technologie výroby potravin rostlinného původu*. 1. vydání. UTB ve Zlíně, 2007. 189 s. ISBN 978-80-7318-520-6.
- [21] FLOROS J. D. Shelf life studies of foods and beverages. *Chemical, Biological, Physical and Nutritional Aspects*, 1993, s. 195–216.

Seznam obrázků

Obr. 1 - Životní cyklus bioobalů.....	10
Obr. 2 - Struktura proteinové molekuly.....	14
Obr. 3 - Struktura amylosové molekuly.....	16
Obr. 4 - Struktura amylopektinu	16
Obr. 5 - Schématická prezentace dvou technologických procesů použitých pro přípravu bioobalů založených na proteinech.....	19
Obr. 6 - Ovoce napadené plísní při nesprávném skladování	21
Obr. 7 - Reakce katalyzované polyfenoloxidasami	22
Obr. 8 - Vzorky jahod, mrkve a kedlubny připravené na povlakování	26
Obr. 9 - Vaření, filtrace a hydrolyzát amarantové mouky	27
Obr. 10 - Zahuštěný povlakovací roztok	29
Obr. 11 - Přípravek na povlakování.....	30
Obr. 12 - Filmy v silikonových formách	31
Obr. 13 - Časová závislost úbytků hmotnosti vzorků jahod skladovaných při pokojové teplotě.....	32
Obr. 14 - Časová závislost úbytků hmotnosti vzorků jahod skladovaných v lednici	34
Obr. 15 - Vzorky jahod skladovaných při pokojové teplotě na začátku testu a v řezu na konci testu	35
Obr. 16 - Vzorky jahod skladovaných v lednici na začátku testu a v řezu na konci testu....	36
Obr. 17 - Časová závislost úbytků hmotnosti vzorků kedluben skladovaných při pokojové teplotě.....	36
Obr. 18 - Časová závislost úbytků hmotnosti vzorků kedluben skladovaných v lednici	37
Obr. 19 - Vzorky kedluben s povlakem skladovaných při pokojové teplotě na začátku testu a na konci testu	38
Obr. 20 - Vzorky kedluben s povlakem skladovaných v lednici na začátku testu a na konci testu.....	38
Obr. 21 - Časová závislost úbytků hmotnosti vzorků mrkve skladovaných při pokojové teplotě.....	39
Obr. 22 - Časová závislost úbytků hmotnosti vzorků mrkve skladovaných v lednici.....	39
Obr. 23 - Vzorky mrkve skladované při pokojové teplotě na začátku testu, po 18 hodinách a na konci testu	40
Obr. 24 - Vzorky mrkve skladované v lednici na začátku testu, po 90 hodinách a na konci testu.....	41
Obr. 25 - Časová závislost úbytků hmotnosti vzorků jahod skladovaných při pokojové teplotě.....	41
Obr. 26 - Časová závislost úbytků hmotnosti vzorků jahod skladovaných v lednici	43
Obr. 27 - Vzorky jahod skladované při pokojové teplotě na začátku testu a na konci testu	44
Obr. 28 - Vzorky jahod skladované v lednici na začátku testu a v řezu na konci testu.....	44
Obr. 29 - Časová závislost úbytků hmotnosti vzorků kedluben skladovaných při pokojové teplotě.....	45
Obr. 30 - Časová závislost úbytků hmotnosti vzorků kedluben skladovaných v lednici	45
Obr. 31 - Vzorky kedluben skladované při pokojové teplotě na začátku testu a na konci testu.....	46
Obr. 32 - Vzorky kedluben skladované v lednici na začátku testu a na konci testu.....	46

Obr. 33 - Časová závislost úbytků hmotnosti vzorků mrkve skladovaných při pokojové teplotě.....	47
Obr. 34 - Časová závislost úbytků hmotnosti vzorků mrkve skladovaných v lednici.....	47
Obr. 35 - Vzorky mrkve skladované při pokojové teplotě na začátku testu, po 20 hodinách a na konci testu	48
Obr. 36 - Vzorky mrkve skladované v lednici na začátku testu, po 68 hodinách a na konci testu.....	49
Obr. 37 - Časová závislost úbytků hmotnosti vzorků jahod skladovaných při pokojové teplotě.....	49
Obr. 38 - Časová závislost úbytků hmotnosti vzorků jahod skladovaných v lednici	51
Obr. 39 - Vzorky jahod skladované při pokojové teplotě na začátku testu a v řezu na konci testu.....	52
Obr. 40 - Vzorky jahod skladované v lednici na začátku testu a v řezu na konci testu.....	52
Obr. 41 - Časová závislost úbytků hmotnosti vzorků kedluben skladovaných při pokojové teplotě.....	53
Obr. 42 - Časová závislost úbytků hmotnosti vzorků kedluben skladovaných v lednici	53
Obr. 43 - Vzorky kedluben skladované při pokojové teplotě na začátku testu a na konci testu.....	54
Obr. 44 - Vzorky kedluben skladované v lednici na začátku testu a na konci testu.....	54
Obr. 45 - Časová závislost úbytků hmotnosti vzorků mrkve skladovaných při pokojové teplotě.....	55
Obr. 46 - Časová závislost úbytků hmotnosti vzorků mrkve skladovaných v lednici.....	55
Obr. 47 - Vzorky mrkve skladované při pokojové teplotě na začátku testu, po 67 hodinách a na konci testu	56
Obr. 48 - Vzorky mrkve skladované v lednici na začátku testu, po 139 hodinách a na konci testu.....	57
Obr. 49 - Časová závislost úbytků hmotnosti vzorků jahod skladovaných při pokojové teplotě.....	57
Obr. 50 - Časová závislost úbytků hmotnosti vzorků jahod skladovaných v lednici	59
Obr. 51 - Vzorky jahod skladované při pokojové teplotě na začátku testu a na konci testu	60
Obr. 52 - Vzorky jahod skladované v lednici na začátku testu a v řezu na konci testu.....	60
Obr. 53 - Časová závislost úbytků hmotnosti vzorků kedluben skladovaných při pokojové teplotě.....	61
Obr. 54 - Časová závislost úbytků hmotnosti vzorků kedluben skladovaných v lednici	61
Obr. 55 - Vzorky kedluben skladované při pokojové teplotě na začátku testu a na konci testu.....	62
Obr. 56 - Vzorky kedluben skladované při pokojové teplotě na začátku testu a na konci testu.....	62
Obr. 57 - Časová závislost úbytků hmotnosti vzorků mrkve skladovaných při pokojové teplotě.....	63
Obr. 58 - Časová závislost úbytků hmotnosti vzorků mrkve skladovaných v lednici.....	63
Obr. 59 - Vzorky mrkve skladované při pokojové teplotě na začátku testu, po 42 hodinách a na konci testu	64
Obr. 60 - Vzorky mrkve skladované v lednici na začátku testu, po 75 hodinách a na konci testu.....	65
Obr. 61 - Časová závislost úbytků hmotnosti vzorků jahod skladovaných při pokojové teplotě.....	65
Obr. 62 - Časová závislost úbytků hmotnosti vzorků jahod skladovaných v lednici	67

Obr. 63 - Vzorky jahod skladované při pokojové teplotě na začátku testu a na konci testu	68
Obr. 64 - Vzorky jahod skladované v lednici na začátku testu a v řezu na konci testu.....	68
Obr. 65 - Časová závislost úbytků hmotnosti vzorků kedluben skladovaných při pokojové teplotě.....	69
Obr. 66 - Časová závislost úbytků hmotnosti vzorků kedluben skladovaných v lednici	69
Obr. 67 - Vzorky kedluben skladované při pokojové teplotě na začátku testu a na konci testu	70
Obr. 68 - Vzorky kedluben skladované v lednici na začátku testu a na konci testu.....	70
Obr. 69 - Časová závislost úbytků hmotnosti vzorků mrkve skladovaných při pokojové teplotě.....	71
Obr. 70 - Časová závislost úbytků hmotnosti vzorků mrkve skladovaných v lednici.....	71
Obr. 71 - Vzorky mrkve skladované při pokojové teplotě na začátku testu, po 42 hodinách a na konci testu	72
Obr. 72 - Vzorky mrkve skladované v lednici na začátku testu, po 66 hodinách a na konci testu.....	73
Obr. 73 - Časová závislost úbytků hmotnosti vzorků jahod s různými povlaky skladovaných při pokojové teplotě	73
Obr. 74 - Časová závislost úbytků hmotnosti vzorků jahod s různými povlaky skladovaných v lednici.....	74
Obr. 75 - Časová závislost úbytků hmotnosti vzorků kedluben s různými povlaky skladovaných při pokojové teplotě	75
Obr. 76 - Časová závislost úbytků hmotnosti vzorků kedluben s různými povlaky skladovaných v lednici.....	75
Obr. 77 - Časová závislost úbytků hmotnosti vzorků mrkve s různými povlaky skladovaných při pokojové teplotě	76
Obr. 78 - Časová závislost úbytků hmotnosti vzorků mrkve s různými povlaky skladovaných v lednici.....	76
Obr. 79 - DSC křivka vzorku filmu připraveného z hydrolyzátu	78
Obr. 80 - DSC křivka vzorku filmu připraveného z hydrolyzátu (2. běh).....	78
Obr. 81 - TGA křivka vzorku filmu připraveného z hydrolyzátu.....	79
Obr. 82 - DSC křivka vzorku filmu připraveného z hydrolyzátu amarantové mouky s přídavkem 10% glycerolu	80
Obr. 83 - DSC křivka vzorku filmu připraveného z hydrolyzátu amarantové mouky s přídavkem 10% glycerolu (2. běh).....	80
Obr. 84 - TGA křivka vzorku filmu připraveného z hydrolyzátu amarantové mouky s přídavkem 10% glycerolu	81
Obr. 85 - DSC křivka vzorku filmu připraveného z hydrolyzátu amarantové mouky s přídavkem 30% glycerolu	82
Obr. 86 - DSC křivka vzorku filmu připraveného z hydrolyzátu amarantové mouky s přídavkem 30% glycerolu (2. běh).....	82
Obr. 87 - TGA křivka vzorku filmu připraveného z hydrolyzátu amarantové mouky s přídavkem 30% glycerolu	83
Obr. 88 - DSC křivka vzorku filmu připraveného z hydrolyzátu amarantové mouky s přídavkem 1% DAS	84
Obr. 89 - DSC křivka vzorku filmu připraveného z hydrolyzátu amarantové mouky s přídavkem 1% DAS (2. běh).....	84

Obr. 90 - TGA křivka vzorku filmu připraveného z hydrolyzátu amarantové mouky s přídavkem 1% DAS	85
Obr. 91 - DSC křivka vzorku filmu připraveného z hydrolyzátu amarantové mouky s přídavkem 4% DAS	86
Obr. 92 - DSC křivka vzorku filmu připraveného z hydrolyzátu amarantové mouky s přídavkem 4% DAS (2. běh)	86
Obr. 93 - TGA křivka vzorku filmu připraveného z hydrolyzátu amarantové mouky s přídavkem 4% DAS	87

Seznam tabulek

Tab. 1 - Složení amarantové mouky	27
Tab. 2 - Složení tuhé a kapalné fáze hydrolyzátu	28
Tab. 3 - Hodnoty hmotnostních úbytků vzorků ošetřených povlakovacím roztokem z hydrolyzátu	33
Tab. 4 - Sensorické hodnocení vzorků jahod s povlakem z hydrolyzátu amarantové mouky	35
Tab. 5 - Sensorické vyhodnocení vzorků kedluben s povlakem z hydrolyzátu.....	37
Tab. 6 - Sensorické vyhodnocení vzorků mrkve s povlakem z hydrolyzátu	40
Tab. 7 - Hodnoty hmotnostních úbytků vzorků ošetřených povlakovacím roztokem z hydrolyzátu + 10% GLY	42
Tab. 8 - Sensorické vyhodnocení vzorků jahod s povlakem z hydrolyzátu + 10% GLY ...	43
Tab. 9 - Sensorické vyhodnocení vzorků kedluben s povlakem z hydrolyzátu + 10% GLY	46
Tab. 10 - Sensorické vyhodnocení vzorků mrkve s povlakem z hydrolyzátu + 10% GLY	48
Tab. 11 - Hodnoty hmotnostních úbytků vzorků ošetřených povlakovacím roztokem z hydrolyzátu + 30% GLY.....	50
Tab. 12 - Sensorické vyhodnocení vzorků jahod s povlakem z hydrolyzátu + 30% GLY..	51
Tab. 13 - Sensorické vyhodnocení vzorků kedluben s povlakem z hydrolyzátu + 30% GLY	54
Tab. 14 - Sensorické vyhodnocení vzorků mrkve s povlakem z hydrolyzátu + 30% GLY	56
Tab. 15 - Hodnoty hmotnostních úbytků vzorků ošetřených povlakovacím roztokem z hydrolyzátu + 1% DAS.....	58
Tab. 16 - Sensorické vyhodnocení vzorků jahod s povlakem z hydrolyzátu + 1% DAS....	59
Tab. 17- Sensorické vyhodnocení vzorků kedluben s povlakem z hydrolyzátu + 1% DAS	62
Tab. 18 - Sensorické vyhodnocení vzorků mrkve s povlakem z hydrolyzátu + 1% DAS...	64
Tab. 19 - Hodnoty hmotnostních úbytků vzorků ošetřených povlakovacím roztokem z hydrolyzátu + 4% DAS.....	66
Tab. 20 - Sensorické vyhodnocení vzorků jahod s povlakem z hydrolyzátu + 4% DAS....	67
Tab. 21 - Sensorické vyhodnocení vzorků kedluben s povlakem z hydrolyzátu + 4% DAS	70
Tab. 22 - Sensorické vyhodnocení vzorků mrkve s povlakem z hydrolyzátu + 4% DAS...	72

Seznam symbolů a zkratk

T_g	Teplota skelného přechodu
H	Hydrolyzát amarantové mouky
TF	Tuhá fáze
GLY	Glycerol
DAS	Dialdehyd škrobu
DSC	Diferenciální skenování kalorimetrie
TGA	Termogravimetrická analýza