

Vliv vlhkosti prostředí na vlastnosti sýrů holandského typu

Bc. Věra Herberová

Diplomová práce
2014



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav analýzy a chemie potravin
akademický rok: 2013/2014

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Věra Herberová**
Osobní číslo: **T12544**
Studijní program: **N2901 Chemie a technologie potravin**
Studijní obor: **Technologie, hygiena a ekonomika výroby potravin**
Forma studia: **kombinovaná**

Téma práce: **Vliv vlhkosti prostředí na vlastnosti sýrů
holandského typu**

Zásady pro vypracování:

I. Teoretická část

1. Stručná charakterizace sýrů holandského typu.
2. Zrání přírodních sýrů a faktory ovlivňující vlastnosti sýrů.
3. Obalové materiály používané během zrání přírodních sýrů.

II. Praktická část

1. Založení skladovací pokusu modelových vzorků sýrů zrajících pod nátěrovým obalem při různých relativních vlhkostech.
2. Porovnání změn v průběhu zrání mezi vzorky, které byly skladovány za odlišných podmínek.
3. Vyhodnocení výsledků, diskuze s literaturou a vyvození závěrů.

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

[1] BARLOW, C. Y., MORGAN, D.C. (2013). Polymer film packaging for food: An environmental assessment. *Resources, Conservation and Recycling*, 78,74–80.

[2] FOX, P.F., McSWEENEY, P.L.H., COGAN, T.M. GUINEE, T.P. Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology Volume 1 General Aspects. 3rd edition. London: Elsevier Academia Press. 2004. ISBN0-1226-3652-X.

[3] FOX, P. F., GUINEE, T.P., COGAN, T.M., McSWEENEY, P.L.H. Fundamentals of cheese science. Gaithersburg: 2000. 638 p. ISBN 0-83-42-1260-9.

[4] LAW, B. A., TAMIME, A. Y. Technology of cheesemaking. 2nd edition. Oxford: Blackwell Publishing Ltd. 2010. ISBN 978-1-4051-8298-0.

[5] STEINKA, I., MORAWSKA, M., RUTKOWSKA, M., KUKULOWICZ, A. (2006). The influence of biological factors on properties of some traditional and new polymers used for fermented food packaging. *Journal of Food Engineering*, 77, 771–775.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Vendula Pachlová, Ph.D.**
Ústav technologie potravin
Datum zadání diplomové práce: **10. února 2014**
Termín odevzdání diplomové práce: **2. května 2014**

Ve Zlíně dne 10. února 2014


doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan




Ing. Jiří Mlček, Ph.D.
ředitel ústavu

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby¹⁾;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60³⁾ odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60³⁾ odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně 2. 5. 2014

Herberová Věra

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

ABSTRAKT

Tato diplomová práce porovnává vlastnosti sýrů holandského typu při různých relativních vlhkostech během zrání. Byl založen zrací pokus modelových bloků sýrů, které zrály pod nátěrovým obalem a smršťitelnou fólií při různých relativních vlhkostech. U vzorků sýrů byly sledovány úbytky hmotnosti od původní hmotnosti a byla stanovena základní chemická analýza (vlhkost, pH), obsah volných aminokyselin, obsah biogenních aminů a texturní profilová analýza v závislosti na počtu vrstev polymerního nátěru. Z výsledku experimentu vyplynulo, že různé relativní vlhkosti a použitý obalový materiál mají výrazný vliv na průběh změn během zrání sýrů.

Klíčová slova: obalové materiály sýrů, sýry holandského typu, vlhkost, zrání

ABSTRACT

This thesis compares the properties of Dutch-type cheese at different relative humidities during ripening. It was founded a ripening attempt of model blocks of cheese that ripened under the coating cover and shrink film at different relative humidities. At the samples of cheese, there were monitored weight losses from the initial weight and it was determined basic chemical analysis (humidity, pH), free amino acids content, biogenic amines content and texture profile analysis depending on the number of layers of polymer coating. The results of the experiment showed that different relative humidities and used model material have significant influence on the course of changes during ripening the samples of cheese.

Key words: packaging materials of cheese, Dutch-type cheese, humidity, ripen

Touto cestou bych ráda poděkovala vedoucí mé diplomové práce, Ing. Vendule Pachlové, Ph.D., za odborné vedení, podnětné připomínky, cenné rady, trpělivost a čas věnovaný konzultacím. Děkuji Ing. Ludmile Zálešákové za ochotu a pomoc při stanovení praktické části. Mé díky také patří rodině a přátelům, kteří mě podporovali během celého studia.

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

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 SÝRY	12
1.1 ROZDĚLENÍ SÝRŮ	13
1.2 SÝRY HOLANDSKÉHO TYPU	14
1.2.1 Gouda	14
1.2.2 Edammer (edam, eidam)	15
2 VÝROBA SÝRŮ HOLANDSKÉHO TYPU	16
3 BIOCHEMIE ZRÁNÍ SÝRŮ	20
3.1 MIKROBIÁLNÍ ZMĚNY	20
3.2 METABOLIZMUS LAKTÓZY, LAKTÁTU A CITRÁTU	20
3.3 PROTEOLÝZA A KATABOLIZMUS AMK.....	23
3.4 LIPOLÝZA A METABOLIZMUS VOLNÝCH MASTNÝCH KYSELIN.....	26
3.5 FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ ZRÁNÍ SÝRŮ	26
3.5.1 Fyzikální faktory	28
3.5.2 Mikrobiologické faktory	31
3.5.3 Chemické faktory	32
4 OBALOVÉ MATERIÁLY	34
4.1 FUNKCE OBALU	34
4.2 OBALY A OBALOVÉ MATERIÁLY POUŽÍVANÉ V SÝRAŘSTVÍ	35
4.2.1 Sýrařské vosky	35
4.2.2 Plastové obaly a materiály	36
4.2.2.1 Tvarovatelné obaly	37
4.2.2.2 Smršťitelné fólie.....	38
4.2.2.3 Polymerní nátěry.....	39
4.2.3 Inteligentní obal	40
4.2.4 Aktivní obal.....	40
II PRAKTICKÁ ČÁST	42
5 CÍL PRÁCE	43
6 METODIKA PRÁCE	44
6.1 VÝROBA SÝRŮ HOLANDSKÉHO TYPU	44
6.2 CHARAKTERISTIKA MODELOVÝCH VZORKŮ	45
6.3 POUŽITÉ METODY STANOVENÍ	46
6.3.1 Sledování úbytků hmotnosti od původní hmotnosti sýrů.....	46
6.3.2 Základní chemická analýza	46
6.3.3 Stanovení obsahu volných aminokyselin	47
6.3.4 Stanovení biogenních aminů	48
6.3.5 Texturní profilová analýza	50
7 VÝSLEDKY A DISKUZE	53
7.1 VÝSLEDKY	53
7.2 DISKUZE.....	66
ZÁVĚR	69

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	71
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	80
SEZNAM OBRÁZKŮ	81
SEZNAM TABULEK.....	84
SEZNAM PŘÍLOH.....	85

ÚVOD

Sýry reprezentují velkou a rozmanitou skupinu mléčných výrobků. V celém světě existuje více než 3 000 druhů sýrů. Představují největší přidanou hodnotu, kterou lze získat z mléka. Spotřeba sýrů v ČR stoupá a přibližuje se průměrné spotřebě v Evropské unii, která činí 17 kilogramů na osobu za rok. V roce 2012 byla spotřeba všech sýrů v ČR 13,4 kg/ osoba/ rok. Z dlouhodobého hlediska český zákazník nakupuje především polotvrdé sýry holandského typu s nízkodohřívanou sýřeninou, mezi něž patří především eidamy a goudy. Tyto dva typy sýrů pocházejí z Holandska, které je nejvýznamnějším producentem. Dnes se však vyrábějí po celém světě a patří mezi nejprodávanější a nejoblíbenější pro spotřebitele.

Složité mikrobiologický a enzymatický proces zrání sýrů mění jednotlivé součásti mléka. Sýr přitom postupně mění svůj vzhled, barvu, strukturu a konzistenci. Základní podstatou zrání je rozklad tří základních složek mléka, a to mléčného tuku, bílkovin a mléčného cukru (laktózy). Zrání sýrů ovlivňují různé faktory jako je balení a podmínky při skladování. Tato diplomová práce se zabývá zejména vlivem vlhkosti v průběhu zrání sýra a balením sýrů. Sýry se balí do zracího obalu nebo do obalu určeného pro expedici. Balením jsou sýry chráněny před znečištěním, vysycháním a může se jim dodávat lákavý vzhled, pokud je vkusný obal.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 SÝRY

Z nutričního hlediska jsou sýry významným zdrojem důležitých živin. Mají plnohodnotné bílkoviny, které jsou zdrojem všech esenciálních aminokyselin. Další důležitou živinou je mléčný tuk, který má relativně vyšší procento nasycených mastných kyselin. Je poměrně dobře stravitelný díky vyššímu obsahu mastných kyselin s krátkým uhlíkovým řetězcem. Také přispívá k sensorické jakosti sýrů. Laktóza je přítomna v menším množství než u jiných mléčných výrobků (ANDĚL et al., 2012, s. 4-6). Zrající sýry laktózu neobsahují nebo jen ve velmi nepatrném množství. Laktóza je eliminována během odkapávání sýřeniny a/ nebo degradována v procesu zrání (KOPÁČEK, OBERMAIER, 2005, s. 22). Vzhledem k jejímu množství mohou sýry konzumovat i osoby trpící nesnášenlivostí mléčného cukru tzv. laktózovou intoleranci. Z minerálních látek je nejdůležitější vápník, jehož obsah a také forma závisí na obsahu sušiny a použité technologii. V lidském organismu je vápník z mléka a mléčných výrobků dobře využitelný (asi 30 %) oproti vápníku z rostlinných zdrojů max. 10 % (ANDĚL et al., 2012, s. 4-5). Aby se vápník v organismu vstřebal, musí být dodán v rozpustné formě. Vápník obsažený v mléčných výrobcích se mimořádně dobře vstřebává, protože přibližně jeho jedna třetina se vyskytuje právě v rozpustné formě. Zbývající část, která je vázaná na mléčnou bílkovinu kasein, se pak snadno uvolňuje v žaludku a dvanácterníku (KOPÁČEK, OBERMAIER, 2009). Využitelnost v mléčných výrobcích zvyšují mléčné bílkoviny, laktóza a volné aminokyseliny. Hlavní látky, které využitelnost vápníku snižují (kyselina fytová, kyselina šťavelová a vláknina) se v mléce a mléčných výrobcích nevyskytují. Obsahují i další důležité minerální látky jako je hořčík a některé stopové prvky např. jód. V sýrech převažují vitaminy rozpustné v tucích, tj. A, D, E a některé vitaminy B komplexu, zejména vitamin B₂ (ANDĚL et al., 2012, s. 5-6).

Dle vyhlášky Ministerstva zemědělství č. 77/ 2003 , kterou se stanoví požadavky pro mléko a mléčné výrobky, mražené krémy a jedlé tuky a oleje v platném znění, se sýrem rozumí mléčný výrobek vyrobený vysrážením mléčné bílkoviny z mléka působením syřidla nebo jiných vhodných koagulačních činidel, prokysáním a oddělením podílu syrovátky. Zrající sýr je sýr, u kterého po prokysání došlo k dalším biochemickým a fyzikálním procesům. Jako jednosložkový výrobek lze sýr označit, pokud surovinou je pouze mléko, sýrařské kultury, syřidlo a chlorid vápenatý a přísadou jedlá sůl do 2,5 % hmotnostních (Vyhláška č. 77/ 2003, 2013, s. 1-8).

1.1 Rozdělení sýrů

Nejjednodušší rozdělení sýrů je podle typu mléka. Rozeznáváme sýry vyráběné z mléka kravského, koziho, ovčího nebo z jejich kombinací. Ve světě se využívá mléko oslí, kobyli, lamí, velbloudí a další. Lze rozlišovat sýry z nepasterizovaného a pasterizovaného mléka (CALLEC, 2002, s. 23). Podle vyhlášky č. 77/ 2003, v platném znění, lze sýr rozdělit podle použité suroviny na přírodní (surovinou je mléko), tavené (sýr tepelně upraven za přídavku tavicích solí) a syrovátkové sýry (výrobek z mléka získaný vysrážením syrovátky nebo směsi syrovátky s mlékem). V souladu s výše jmenovanou vyhláškou se přírodní sýry dělí dle obsahu vody v tukuprosté hmotě sýra (VVTPH), která udává konzistenci sýra a vypočítá se z následujícího vzorce.

$$\text{obsah VVTPH [hmotnostní \%]} = \frac{\text{obsah vody [g]}}{100 - \text{obsah tuku [g]}} \times 100$$

Podle tohoto kritéria (VVTPH) rozeznáváme sýry extra tvrdé (méně než 47 % včetně), tvrdé (47-54,9 %), polotvrdé (55-61,9 %), poloměkké (62-68 včetně %), měkké (více než 68 %) (Vyhláška č. 77/ 2003, 2013, s. 24-25). Obecně tedy platí, že sýry s vyšším obsahem sušiny jsou výrazně tvrdší než sýry s nižším obsahem sušiny (FLOURY et al., 2009, s. 1611-1620). Vyhláška také dělí sýry podle obsahu tuku v sušině, který výrazně ovlivňuje senzoricou jakost výrobku. Obsah tuku v sušině se vypočítá podle níže uvedeného vzorce.

$$\text{obsah tuku v sušině [hmotnostní \%]} = \frac{\text{obsah tuku [g]}}{100 - \text{obsah vody [g]}}$$

Podle obsahu tuku v sušině jsou sýry děleny na vysokotučné (více než 60 %), plnotučné (více než 45 % včetně), polotučné (více než 25 % včetně), nízkotučné (více než 10 % včetně) a odtučněné (méně než 10 %) (Vyhláška č. 77/ 2003, 2013, s. 25; SUKOVÁ, 2003, s. 29-31).

Podle způsobu srážení mléka dělíme sýry na sladké, kyselé a smíšené:

- 1) **sladké sýry**, při jejichž výrobě se uplatňuje jen sladké (syřidlové) srážení. Srážení je relativně rychlé. Prokysávání probíhá převážně až při dalším zpracování sýřeniny. Do této skupiny patří všechny typy tvrdých a polotvrdých sýrů (BŘEZINA, HRABĚ, VALÁŠEK, 2006, s. 30; HRABĚ et al., 2008, s. 34). Princip sladkého srážení je uveden v kapitole 2. 4 Sýření.

- 2) **kyselé sýry**, při jejichž výrobě se uplatní jen kyselé srážení. Mléko se sráží při pH 4, 6 (izoelektrický bod kaseinu je hodnota, při které má bílkovina nebo aminokyselina nulový sumární náboj). Dochází v důsledku chemických změn (např. snižování negativního náboje kaseinových micel, přeměna koloidního fosforečnanu vápenatého na rozpustný a jeho postupné uvolňování z kaseinových micel) k poklesu koloidní stability a vytváření gelu (SMETANA et al, 2009, s. 31). Do této skupiny sýrů patří průmyslový tvaroh a z něj např. vyráběné Olomoucké tvarůžky (HRABĚ et al., 2008, s. 34).
- 3) **sýry se smíšeným srážením mléka** vlivem kyseliny mléčné a syřidla (měkké sýry a tvarohy). Běžně je tato skupina zahrnována mezi sladké sýry (BŘEZINA, HRABĚ, VALÁŠEK, 2006, s. 30; HRABĚ et al., 2008, s. 34).

1.2 Sýry holandského typu

Mezi hlavní zástupce sýrů holandského typu řadíme Goudu a Edam (ZADRAŽIL, 2002, s. 102). Pro holandské typy sýrů je typické, že jsou vyrobeny z čerstvého kravského mléka, přidávají se mezofilní kultury obsahující rody *Lactococcus* a obvykle i *Leuconostoc* a sráží se pomocí syřidla (EARLY et al., 1998, s. 93-94). Obsah vody v tukuprosté hmotě sýra je nižší než 63 %, lisují se a poté se solí obvykle ve slaném nálevu. Na povrch se neaplikuje žádná sekundární mikroflora. Vždy dochází ke zrání, a díky tomu prochází významnou proteolýzou (WALSTRA, NOOMEN, GEURTS, 1993, s. 39).

1.2.1 Gouda

Gouda je holandský sýr pojmenovaný po stejnojmenném městečku Gouda, které se nachází v Holandsku severně od Rotterdamu. Ve skutečnosti dříve pocházel zejména z provincií Zuid- Holland a Utrecht (CALLEC, 2002, s. 77). Patří mezi nejoblíbenější sýry ve světě spolu s edamem. Klasicky se vyrábí z kravského mléka, ale lze využít ovčí nebo kozí mléko (KOPÁČEK, 2008, s. 17). Jedná se o polotvrdý sýr proslulý svou bohatou, jedinečnou chutí a hladkou texturou. Světlejší barvu má mladý sýr. Je vláčný a na řezu pevný (IBURG, 2004, s. 124)

V Holandsku se rozlišují 3 regionální kategorie Noord- Hollandse goudse kaas, Holland- Brabantse goudsee kaas a Friese goudse kaas. **Noord- Hollandse goudse kaas** je tradiční selská gouda (Goudse boeren kass) s označením PDO (chráněné označení pů-

vodu) a vyrábí se jen v přímořských polderech severně od Amsterdamu. **Holland- Brabantse goudsee kaas** se vyrábí v provinciích Zuid- Holland, Utrecht a Brabant. **Friese goudse kaas** se dělá v provinciích Friesland, Groningen, Drenthe, Overijsel a taky částečně v oblasti Gelderland. Gouda se rozděluje také podle zralosti na mladou (jong) jednoměsíční, středně prozralou (jong belegen) dvouměsíční, prozralou (belegen) čtyřměsíční, velmi zralou (extra belegen) zrající více než půl roku až přestárlou (overjarige kass) zrající více než rok (KOPÁČEK, 2008, s. 17).

1.2.2 Edammer (edam, eidam)

Po malém přístavním městečku Edam am Ijsselmeer v severním Holandsku, byl pojmenován sýr edam. Sýr se začal vyrábět ve 14. století v provincii „Nord Holland“, která se nachází 25 km severně od Amsterdamu (KOPÁČEK, LIKLER, 2006, s. 26). Od 14. do 18. století byl patrně nejoblíbenějším prodávaným sýrem na světě, především to platilo pro zámořské plavby a vzdálené kolonie. V minulosti se k výrobě využívalo plnotučné mléko, ale od 19. století se používá mléko částečně odtučněné. Oproti goudě má nižší obsah tuku v sušině a to 40 % minimálně. Gouda má 48 % obsahu tuku v sušině (CALLEC, 2002, s. 74). Většina sýrů se v ČR prodává v příliš raném stádiu zrání. Předčasné ukončení zracího procesu u holandských typu sýrů a jejich skladování při nízkých chladírenských teplotách ovlivňuje mikroflóru a proteolýzu zrání. Výsledkem je jiný sýr než ten, který zrál v optimálních podmínkách při dostatečné době (BUŇKA et al., 2011, s. 32). Mladý edam má jemnou chuť, je lehce nasládlý a ořechový. Oproti goudě má vyzrálý edam sušší, slanější a o něco více příjemnou nakyslou chuť (CALLEC, 2002, s. 74).

Původním a také nejznámějším tvarem pro edam je koule o hmotnosti asi 2 kg. Známé jsou i koule o hmotnosti okolo 1 kg. Dnes se sýr spíše tvaruje do bloků, hranolů či cihel. Populární jsou tzv. „baby-edamy“ ve tvaru malých zploštěných bochánků o hmotnosti 0,8 - 1,2 kg. Známé jsou také tzv. Commisiekaas (komisní sýr- dvojité edam), který se tvaruje do koule vážící 3- 4, 5 kg. V nových velkokapacitních sýrárnách se vyrábí i ve formě 12 kg bloků. Pro tuzemský trh ČR jsou sýry zbarveny žlutě, pro export se na povrch nanáší červený parafin. V zahraničí mimo ČR se můžeme výjimečně setkat s černým povrchem, který zraje minimálně 17 týdnů a je oblíben v Holandsku a v zemích s teplým podnebím (KOPÁČEK, 2008, s. 17-18; KOPÁČEK, LIKLER, 2006, s. 26).

2 VÝROBA SÝRŮ HOLANDSKÉHO TYPU

Provádí se standardizace obsahu tuku a bílkovin, protože jejich obsah není v průběhu roku stálý a jejich poměr se musí zohlednit, aby se docílil požadovaný obsah tuku v sušině. Homogenizace se u holandského typu sýrů nevyužívá (ČURDA et al., 2009, s. 275). Schéma výroby holandského typu sýra je znázorněn v **PŘÍLOZE P1**. Při výrobě sýrů holandského (eidamského) typu s obsahem 45 % tvs (tuk v sušině) je průměrný obsah tuku mléka 2,9 %, u tržních druhů s obsahem 30 % tvs je 1,55 % (ZADRAŽIL, 2002, s. 96).

K tepelnému ošetření mléka se používá šetrná pasterace pro výrobu sýrů holandského typu s teplotou 75 – 78 °C a s výdrží 15 s (JANŠTOVÁ et al., 2012, s. 96). Při teplotě 72 °C s vydrží 15 s je zaručeno zničení patogenní mikroflóry (ZADRAŽIL, 2002, s. 95). Bylo zjištěno, že některé důležité bakterie mléčného kvašení mohou být z mléka zcela odstraněny pasterizací. Věk bakteriálních buněk ovlivňuje výrazně citlivost organismů na teplo, mladé buňky se dají snadněji zničit než ty starší, které jsou k vyšším teplotám odolnější (SHERMAN, STARK, STARK, 1929, s. 385-393). Termolabilní jsou zejména bílkoviny syrovátky. V první řadě jsou to imunoglobuliny, dále sérový albumin, β -laktoglobulin, α -laktalbumin (VELÍŠEK, HAJŠLOVÁ, 2009, s. 57). Při použití vysoké pasterace se zvyšuje výtěžnost, ale je to na úkor větší vazby vody, která se v dalších technologických krocích nedá již odstranit, a tím se zhorší jakost. Dochází ke změnám v poměru koloidní a rozpustné formy vápníku a zhoršení syřitelnosti mléka (BŘEZINA, HRABĚ, VALÁŠEK, 2006, s. 30-31).

Aby se obnovila syřitelnost zhoršená pasterací a zlepšila kvalita sýřeniny, přidává se k mléku chlorid vápenatý v množství max. 20 g/100 l mléka. Pasterací totiž dochází ke zhoršení syřitelnosti mléka v důsledku snížení rozpustnosti vápenatých solí za vzniku nerozpustného fosforečnanu vápenatého. Porušená syřitelnost je zjišťována při obsahu celkového vápníku pod 110 mg/100 ml mléka, ionizovaného vápníku pod 1,0 – 1,75 mg/100 ml mléka, celkového fosforu pod 90 mg/100 ml mléka a rozpustného fosforu pod 5 mg/100 ml (JANŠTOVÁ et al., 2012, s. 96-97).

Na ochranu před pozdním duřením sýrů se u dlouhozrajících sýrů přidává KNO_3 a NaNO_3 (MIRVISH, 1991, s. 253-266). Nařízení evropského parlamentu a rady (ES) č. 1333/2008 o potravinářských přídatných látkách, v platném znění, určuje maximální hodnotu dusičnanů ve zrajících sýrech 150 mg/kg (Nařízení, č. 1333/2008, 2014, s. 69).

Použití dusičnanu se snaží producenti sýrů omezit. Zvýšený obsah KNO_3 může zbrzdit činnost zákysových kultur, po redukci na dusitany mohou reagovat např. s tyrosinem za vzniku barevných vad a existuje také riziko tvorby nitrosaminů (ČURDA et al., 2009, s. 275-276). Nitrosloučeniny mohou být totiž mutagenní a karcinogenní. Snížení tvorby nitrosaminů v potravinách je možné dosáhnout přidáním vitaminů C a E (MIRVISH, 1991, s. 253-266; STRATIL, KUBÁŇ, 2005, s. 3-4). Další možné přísady pro inhibici spor je enzym lysozym a bakteriocin nisin (HUI et al., 2004, s. 401-402). Dle nařízení č. 1333/ 2008 (2014, s. 68), v platném znění, je maximální povolené množství u lysozymu dle potřeby a u nisinu 12, 5 mg/ kg Díky schopnosti narušovat bakteriální stěnu má silné antibakteriální účinky. Jeho nevýhodou je vysoká cena a možná alergie. Nisin je bakteriocin antibiotické povahy. Vytváří póry v cytoplazmatické membráně nežádoucích mikroorganismů, což vede k usmrcení cílových buněk. Sporostatický až sporocidní účinek má u spór, u kterých inhibuje zejména jejich klíčení. Kromě aplikace nisinového preparátu lze použít přídavek protektivních zákysových kultur, které nisin sami produkují. Lze použít např. kmen *Lactobacillus rhamnosus*, *Lactococcus lactis* ssp. *lactis*. Zmíněné kmeny produkují nisin nebo lacticin a některé další protektivní kmeny (KOPÁČEK, 2011, s. 74) Redukce spór baktofugací umožní omezit či vypustit přídavek KNO_3 (JANŠTOVÁ et al., 2012, s. 97).

Mohou se přidat barviva pro zlepšení barvy sýrů. Využívá se karoten E106a a paprikový extrakt, obě barviva se přidávají dle potřeby. Můžeme zbarvovat barvivem annato E160b v maximálním množství 15 mg/kg (Nařízení, č. 1333/ 2008, 2014, s. 68). Annato je extrakt ze semen jihoamerické rostliny oreláníku barvířského, tj. *Bixa orellana*. (DOLÁKOVÁ et al., 2013, s. 20). Někdy se přidávají u některých sýrů do mléka (případně do sýřeniny) další složky, které slouží na ochucení např. koření, ořechy, zelenina (ČURDA et al., 2009, s. 276).

Velmi důležitou podmínkou zdárného technologického procesu před sýřením je přídavek čistých mlékařských kultur. Pokles kyselosti mléka před sýřením ovlivňuje rychlost sýření, jeho průběh, kvalitu sýřeniny a zrání sýrů. Při výrobě sýrů holandského typu se uplatňují zejména primární mezofilní kultury, které zajišťují prokysání mléka i sýrů a uvolňují enzymy, které se podílejí na tvorbě vůně a chuti v průběhu zrání (BŘEZINA, HRABĚ, VALÁŠEK, 2006, s. 31). Uplatňují se bakterie z rodů *Lactococcus* a *Leuconostoc* (SMETANA et al, 2009, s. 33-34). Vlastní kultura se přidává po ohřátí mléka na teplotu sýření 30 – 33 °C. (ČURDA et al., 2009, s. 276). Čisté mlékařské kultu-

ry se dávkují ve formě zákysu či kultur k přímému zaočkování za stálého míchání a to 30-45 min před sýřením mléka (JANŠTOVÁ et al., 2012, s. 97).

Teplota sýření závisí na typu sýra. Pro měkké sýry se volí nižší teploty. V důsledku vyšší teploty vzniká tvrdší pružnější sýřenina typická pro polotvrdé sýry, tj. holandské typy sýra (RIDGWAYOVÁ, 2004, s. 27). Sýří se při teplotě 30-33 °C. Vločkování má nastat do 15 min. Celé sýření trvá 35-40 minut. Syřidla se dělí na živočišná, rostlinná a mikrobiální (SMETANA et al, 2009, s. 33-34). Použité syřidlo má vliv na výtěžnost a senzorickou kvalitu (vznik hořkých peptidů) sýrů (SUKOVÁ, 2009, s. 6-9). Rozlišujeme primární fázi sýření, při které působením syřidlových enzymů dochází k proteolýze κ - kaseinu mezi Phe105 a Met106. Vzniká para- κ - kasein a glykomakropeptid, který je hydrofilní a odchází do syrovátky (ČURDA et al., 2009, s. 277; LAW et al., 2010, s. 9-10). Micely během srážení ztrácí stabilizační vrstvu κ - kaseinu, výrazně se snižuje jejich negativní náboj na povrchu micel a zvyšují se jejich přitažlivé síly. V důsledku toho začíná agregace, což vede k tvorbě shluků para- κ - kaseinových micel a vytváří se viskoelastický gel (LAW et al, 2010, s. 9-10). Při tvorbě gelu nastává sekundární fáze tzv. koagulační. Terciální fáze nastává při proteolytickém působení syřidla během zrání sýrů (ČURDA et al., 2009, s. 277).

U sýrů holandského typu (nízkodohříváné sýry) se sýřenina dohřívá na 36 - 40 °C (DRDÁK et al., 1996, s. 328). Jde o tzv. praní syrového zrna, přičemž se odpustí polovina syrovátky a nahradí se vodou. Vzniklé zrno se promíchává za vhodné teploty (ANDĚL et al., 2012, s. 24). Praní reguluje obsah laktózy a kyselost sýra. Teplota prací vody ovlivňuje synerezi syrového zrna. Stahování sýřeniny (synereze) plyne z dehydratace kaseinu a je potřebná k oddělení syrovátky kromě vázané a kapilární vody. Uvolnění syrovátky podporuje snížení pasteračního záhřevu, zvyšování obsahu vápenatých solí, vyšší sýřící teplota, vyšší dávka syřidla rychlejší kysání, zpracování na menší částice zrna, míchání zrna, zvýšení dosoušecí teploty a zvýšení počtu obrácení sýrů. Velikost a tuhost syrového zrna je dána typem sýra a mechanizací. Aby nevznikly ztráty, tak by podíl syrových zrn pod 1 mm neměl přesahovat 1 % (ZADRAŽIL, 2002, s. 97).

Při výrobě lisovaných sýrů se kdysi používali dřevěné formy nebo obruče. Dnes se používají kovové formy z nerezavějící oceli, hliník nebo plasty, které umožňují odtok syrovátky (DRDÁK et al., 1996, s. 329). Doba, síla tlaku a obrácení během lisování je u každého sýra jiná (IBURG, 2004, s. 17). Velice často se lisuje na hydraulických nebo pneumatických lisech. Lisovací tlak u edamu je 50- 400 kPa podle typu lisovacího zaří-

zení, typu a tvaru sýra. Nejintenzivnější odtok syrovátky se uskutečňuje na začátku lisování (DRDÁK et al., 1996, s. 330).

Všechny sýry kromě nejměkčích smetanových a tvarohových sýrů typu Cottage jsou solené (RIDGWAYOVÁ, 2004, s. 29). U holandských typů sýrů se po dolisování sýr vyndá z tvořítek a nechá se prokysat do druhého dne. Pak následuje solení obvykle solné lázni po dobu 2 - 7 dnů. Obsah soli na konci solení je 2 – 2,5 %. Sýr se poté nechá oschnout a uloží se na vhodné místo k zrání (ANDĚL et al., 2012, s. 24).

3 BIOCHEMIE ZRÁNÍ SÝRŮ

S výjimkou nezrajících sýrů, které se konzumují v čerstvém stavu, procházejí všechny sýry procesem zrání (ČURDA et al., 2009, s. 280). Sladké sýry zrají v rozmezí od dvou týdnů např. Mozzarella, do dvou a více let např. extra vyzrálý Čedar (McSWEENEY, 2014, s. 76). U holandského typu sýrů v ČR probíhá zrání po dobu 4- 8 týdnů při teplotách 6-12 °C a kolem 80% relativní vlhkosti vzduchu (BŘEZINA, HRABĚ, VALÁŠEK, 2006, s. 38). Délka zrání by však měla být alespoň 2 měsíce, aby sýr dostatečně prozrál a vynikla jeho chuť. Průběh zrání závisí také na velikosti sýrů, a zda zrají ve fólii nebo pod nátěrem (ČURDA et al., 2009, s. 290).

Biochemické změny během zrání sýra rozdělujeme na primární (metabolismus zbytkové laktózy, laktátu a citrátu, proteolýza, lipolýza) a sekundární procesy (metabolismus volných mastných kyselin a katabolismus volných aminokyselin) (McSWEENEY, 2004).

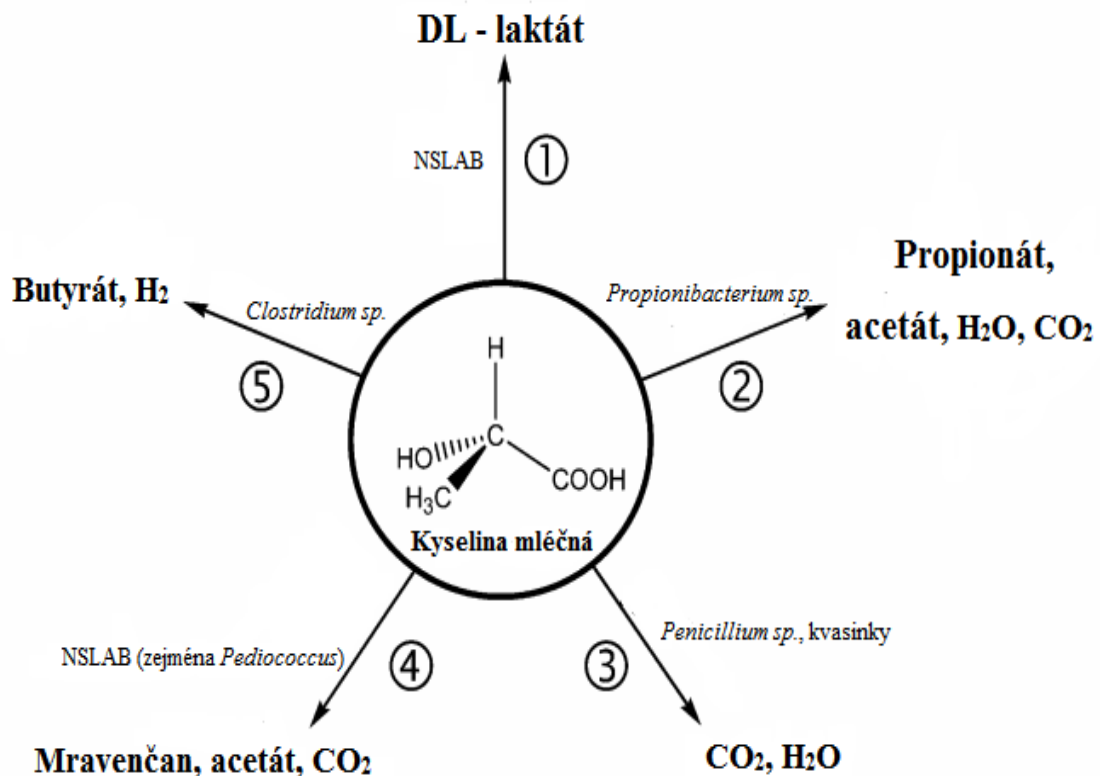
3.1 Mikrobiální změny

Během solení sýrů mají zákysové kultury cca 10^7 - $10^{9/10}$ KTJ/ g (kolonie tvořící jednotky na 1 g pro tuhé látky). Po uplynutí několika týdnů se počet zákysových kultur podstatně snižuje. Rychlost poklesu je závislá na použitých kmenech zákysových kultur. Zrající přírodní sýr má nízké pH, relativně vysoký obsah soli a neobsahuje zkvasitelné sacharidy. Ze zmíněných důvodů se počet celkových mikroorganismů v průběhu zrání snižuje, protože jejich prostředí pro množení nevyhovuje jejich optimálním podmínkám. Po smrti buňky nastává lýze buňky, při které se uvolňují enzymy přispívající ke zrání sýrů. Po 2 měsících zrání většinou dominují „divoké“ sekundární nezákysové mikroorganismy (NSLAB) a ne zákysové bakterie mléčného kvašení (SLAB), které se přidávají na počátku výroby sýrů. NSLAB tvoří převážně heterofermentativní laktobacily (např. *Lactobacillus paracasei*, *Lactobacillus casei*). Na počátku zrání se pohybuje množství NSLAB $<10^2$ KTJ/ g a ve zralých sýrech 10^7 - 10^8 KTJ/ g. Růst NSLAB závisí na teplotě zrání a rychlosti chlazení jednotlivých šarží sýrů (McSWEENEY, 2014, s. 76).

3.2 Metabolismus laktózy, laktátu a citrátu

První stádium zrání sýra začíná rozkladem laktózy bakteriemi mléčného kvašení za vzniku kyseliny mléčné. Hlavní rozklad začíná v průběhu formování sýrů, při odkapávání a lisování je nejintenzivnější. Pokud při lisování nedojde k dostatečnému prokysání,

tak se sýry po vyjmutí z tvořítek přemístí do vytemperované místnosti, kde dochází do 24 hod. k dokysání. U dokysání během solení volíme vyšší teplotu solné lázně (BŘEZINA, HRABĚ, VALÁŠEK, 2006, s. 34). Přibližně 96 % laktózy odchází do syrovátky během výroby sýra ve formě laktózy nebo laktátu (FOX et al., 2000, s. 238-248). Přesto na konci výroby zůstává v sýřenině nízká hladina laktózy (McSWEENEY, 2004, s. 127-130). Holandské typy sýrů obsahují 3 % laktózy při lisování sýrů, ale její množství se snižuje na nedetekované hladiny během 12 hodin (FOX et al., 2000, s. 239). Kompletní fermentace laktózy je důležitá, protože zabraňuje rozvoji nežádoucí sekundární mikroflóry. Zbytková laktóza je rychle metabolizována na L- laktát v raných fázích zrání, přičemž rychlost určuje obsah soli ve vlhkosti sýřeniny. Bakterie mléčného kvašení pravděpodobně metabolizují nezkvašenou laktózu. Při vysoké koncentraci bakterií mléčného kvašení vzniká značné množství D- laktátu (McSWEENEY, 2004, s. 127-130). Vytvořená kyselina mléčná uvolňuje z kaseinu vápník za vzniku mléčnanu vápenatého. Zmíněná kyselina ovlivňuje zastoupení solí v sýrech. Z kaseinu se vytvoří monokalciumpkaseinát, který bobtná ve vodě a také v roztoku NaCl. Vzniklé vápenaté soli výrazně ovlivňují slepování sýřeniny a vznik stejnoměrné struktury sýrů (BŘEZINA, HRABĚ, VALÁŠEK, 2006, s. 34). Racemace L- kyseliny mléčné na DL- kyselinu mléčnou se spojuje s vývojem penta-hydrátu mléčnanu vápenatého, který vzniká na povrchu tvrdých sýrů během zrání (McSWEENEY, 2004, s. 127-130). Laktát může být oxidován na acetát, kyselinu propionovou, oxid uhličitý, vodu a jiné sloučeniny. Oxidace je závislá na přítomnosti O₂, velikosti sýra a množství kyslíku propuštěného přes obalový materiál (FOX et al., 2000, s. 238-248; LAW et al., 2010, s. 238-239).



Obrázek 1: Metabolizmus laktátu během zrání sýrů: 1- racemizace (u většiny sýrů na konci zrání), 2- metabolizmus *Propionibacterium sp.* (jen u švýcarských sýrů), 3- oxidace (způsobuje zvýšení pH a změny textury), 4, 5- anaerobní metabolizmus (FOX et al., 2004, s. 361-371; McSWEENEY, 2004, s. 128; FOX, LUCEY, COGAN, 1990, s. 237-253)

Míra a rozsah okyselení řídí rychlost demineralizace a má vliv na počáteční strukturu sýřeniny. Demineralizace vede ke zvýšené citlivosti kaseinových micel vůči proteolýze. pH sýřeniny je ovlivněno rozsahem okyselení v průběhu výroby, pufrací kapacitou sýřeniny a v některých případech odkyselením v průběhu zrání. Nepřímo ovlivňuje aktivitu enzymů, které jsou důležité při zrání sýrů (McSWEENEY, 2004, s. 127-130). Během 24 hod. se mění anorganické soli v rozpustné soli, které taktéž ovlivňují výslednou kyselost sýra (BŘEZINA, HRABĚ, VALÁŠEK, 2006, s. 34).

Holandské sýry obsahují 1, 2 % laktátu. Oxidační metabolizmus laktátu je nejdůležitější především pro sýry s plísní na povrchu např. Camembert a Brie (FOX et al., 2004, s. 347-348). Metabolizmus laktátu, což je sůl kyseliny mléčné, je znázorněn na **Obrázku 1.**

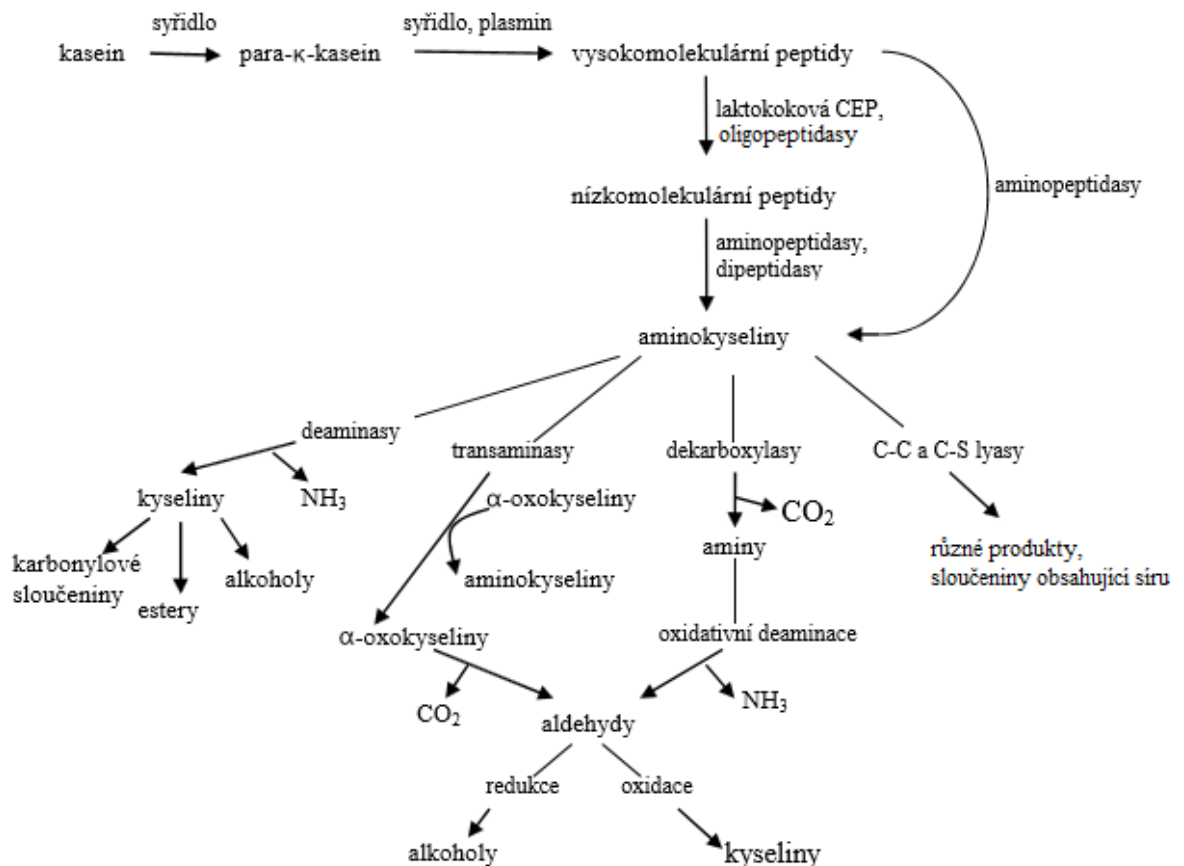
Mléko obsahuje relativně nízkou koncentraci citrátu (8 mmol/ l), z nichž přibližně 94 % odchází do syrovátky v rozpustné formě. Přesto má nízká koncentrace citrátu v sýrenině (10mmol/ kg) velký význam, protože může být metabolizován na množství těkavých chuťových látek, kde důležitým prekurzorem pro metabolismus jsou mezofilní spouštěče tzv. citronan- pozitivní mikroorganismy (*Lactococcus lactis*, *Leuconostoc spp.*). Při metabolismu citrátu jsou hlavními sensoricky aktivními látkami acetát, diacetyl (1- 10 µg/ ml), acetoin a 2, 3 - butandiol. Množství acetoinu je 10 až 50 krát vyšší než koncentrace diacetylu. Citrát nemetabolizují teplomilné kmeny *Lactobacillus* a *Streptococcus thermophilus*. Produktem citrátového metabolismu je také CO₂, který se podílí na tvorbě malých ok typických pro sýry holandského typu (McSWEENEY, SOUSA, 2000, s. 293-324; FOX et al., 2000, s. 248-249).

3.3 Proteolýza a katabolizmus AMK

Proteolýzu u sýrů lze rozdělit do tří fází: proteolýza působící v mléce před výrobou sýrů, při srážení a během zrání sýrů. Proteolýza je pravděpodobně nejdůležitější biochemický děj během zrání většiny druhů sýra, která má významný dopad na chuť a texturu (FOX, 1989, s. 1379-1400). Proces proteolýzy je znázorněn na **Obrázku 2** (JANŠTOVÁ et al., 2012, s. 58). Proteolýza probíhá anaerobně nebo aerobně. V průběhu zrání dochází k rozkladu mléčných bílkovin. Vytvářejí se peptidy o vysoké molekulové hmotnosti (mají více než 35 reziduí aminokyselin). Tyto vysokomolekulární peptidy se dále hydrolyzují na peptidy o menší molekulové hmotnosti (6- 15 reziduí AMK) a dalším rozkladem bílkovin vznikají ještě kratší peptidy, dipeptidy, AMK nebo jsou AMK degradovány až na sirovodík, vodu a další látky. Pro zrání sýrů byly definovány 2 základní pojmy a to rozsah a hloubka zrání. Rozsah zrání je podíl ve vodě rozpustných dusíkatých látek, tj. albumos a peptonů. Je značný u měkkých sýrů. Hloubka zrání představuje množství AMK a jejich produktů k celkovému dusíku. Je podstatná u tvrdých sýrů (BŘEZINA, HRABĚ, VALÁŠEK, 2006, s. 35).

Proteolýza v sýrech je katalyzována proteinázami pocházejících ze syřidla (obvykle chymozin), z mléka (hlavně plazmin, ale též proteinázy somatických buněk), z primární a sekundární kyselové kultury a také z NSLAB. Hlavním zdrojem proteolytických enzymů u většiny sýrů je přítomná mikroflóra, které se přidává do mléka během zpracování. Syřidlo se může také podílet na proteolýze. Jeho větší část odejde do syrovátky, ale menší množství zůstává v sýrenině. Při delším působení syřidla však štěpí i

další peptidové vazby (tedy ne pouze specifickou vazbu v κ -kaseinu), jejichž hydrolyza je nežádoucí z důvodu tzv. terciální fáze srážení. Dochází k hydrolyze peptidové vazby α_{S1} -kaseinu mezi Phe23 a Phe24 za vzniku dlouhého polypeptidu (f24-199) a krátkého peptidu (f1-23). Množství syřidla v syřenině je závislé na pH během odvodu syrovátky, koncentraci a velikosti kaseinu v mléce, množství syřidla, iontové síle (McSWEENEY, 2014, s. 77-78). Plazmin (původní proteináza mléka) způsobuje významnou hydrolyzu β -kaseinu na γ -kaseiny, proteoso peptony a degraduje rovněž α_{S2} -kaseiny, a to zejména na konci laktace, ale protože většina z toho nastane před dojením, výnosové ztráty v důsledku plazminové činnosti jsou do značné míry nevyhnutelné. (McSWEENEY, 2014, s. 77; FOX, 1989, s. 1379-1400). Bakterie mléčného kvašení potřebují ke svému růstu větší množství AMK, a proto mají rozsáhlý proteolytický systém, který jim umožňuje získávat potřebné AMK z proteinů okolního prostředí. Bakterie mléčného kvašení mají proteinázy spojené s buněčnou stěnou, které v průběhu růstu buněk v mléce hydrolyzují kaseiny na kratší peptidy. Jejich intracelulární proteinázy zároveň hydrolyzují peptidy na volné AMK. Primární kyselé kultury nejsou během zrání sýra metabolicky aktivní, takže jejich intercelulární peptidázy přispívají ke zrání až po jejich uvolnění do hmoty sýra, které nastává až po rozkladu buněk. Bakterie mléčného kvašení mají též řadu specifických prolinových peptidáz, které jsou pro hydrolyzu kaseinu nepostradatelné, protože primární struktura kaseinu obsahuje vysoké množství prolinu (McSWEENEY, 2014, s. 77-78). Extracelulární proteinázy z psychrotrofních mikroorganismů mohou způsobit snížení výnosů sýrů a nepříjemnou chuť. Při $<10^6$ KTJ/ml daný problém není významný. Proteinázy z leukocytů mohou také snížit výnosy, ale jsou méně aktivní než bakteriální proteinázy (FOX, 1989, s. 1379-1400).



Obrázek 2: Proteolýza sýrů (JANŠTOVÁ et al., 2012, s. 88)

Některé volné AMK vznikající proteolýzou mají vlastní chuť, např. alanin, lysin, prolin, serin a treonin vykazují nasládlou chuť. Vyskytují se také hořké a kyselé AMK. Předpokládá se, že základním příspěvkem volných AMK spočívá v tom, že jsou prekurzory pro další katabolické reakce, přičemž vzniká řada těkavých aktivních látek. Pro katabolické reakce většiny AMK platí, že jsou zahajovány aktivitou aminotransferáz. Ty přesouvají donorovou aminoskupinu z AMK na akceptorovou sloučeninu (u sýrů α -ketoglutarát). AMK je přeměněna na α -ketokyselinu, která je poměrně stabilní, nicméně podléhá dalším reakcím za vzniku sensoricky aktivních látek. Další reakce je eliminace s využitím lyáz, které působí na postranní řetězce AMK. Další důležitou reakcí je dekarboxylace. Působením dekarboxyláz dojde k odštěpení karboxylové skupiny a výsledkem jsou aminy. Některé aminy mohou způsobovat vývoj pachů a pachutí např. kadaverin a putrescin (McSWEENEY, 2014, s. 80-81).

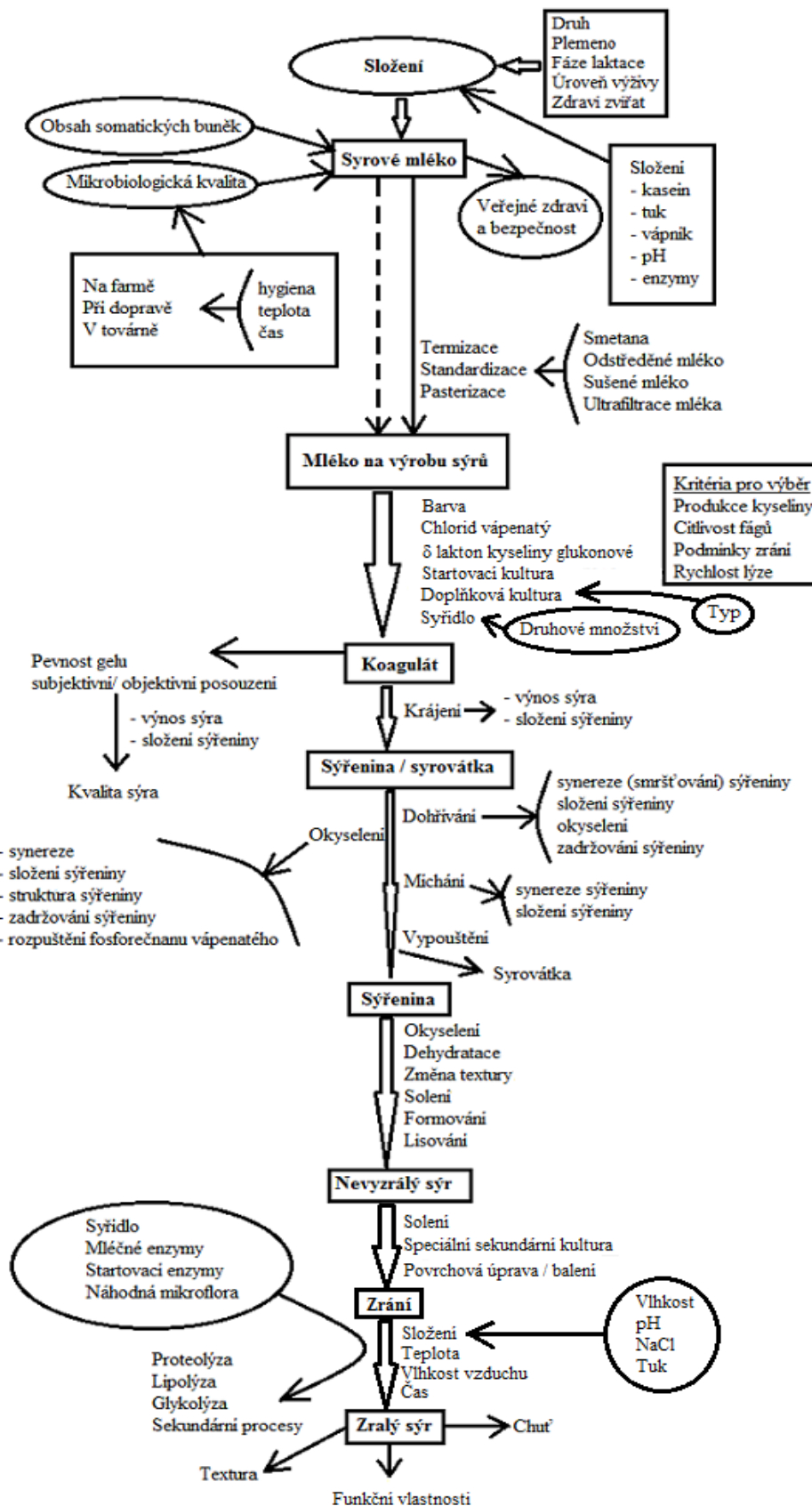
3.4 Lipolýza a metabolismus volných mastných kyselin

Lipidy v potravinách mohou podstoupit hydrolytickou nebo oxidativní degradaci. Nicméně, v sýrech jsou oxidační změny velmi omezené vzhledem k nízkému redoxnímu potenciálu. Triacylglyceroly ve všech typech sýrů jsou podrobené hydrolýze působením endogenních a / nebo exogenní lipáz, které vedou k uvolnění mastných kyselin v sýru v průběhu zrání. Triglyceridy z mléčného tuku přežvýkavců jsou bohaté na krátký řetězec mastných kyselin, které významně přispívají k chuti mnoha druhů sýra. Nejrozsáhlejší lipolýza je v některých pevných italských modrých sýrech. Nízké hladiny lipolýzy přispívají k dozrávání, ale nadměrné hladiny jsou nežádoucí a mají za následek žluknutí. Volné mastné kyseliny mají přímý vliv na chuť sýra a jsou důležitými prekurzory pro produkci těkavých látek. Mléko obsahuje přirozeně se vyskytující endogenní lipázy. Za optimálních podmínek má tento enzym takovou aktivitu, že v mléce může způsobit postřehnutelné žluknutí během asi 10 s. To se nestane za normálních okolností, kdy je mléčný tuk přirozeně chráněn membránou tukových kuliček. Pokud membrána tukových kuliček trpí mechanickým poškozením, např. homogenizací, mícháním nebo pěněním, k významné lipolýze může dojít rychle, což vede k rozvoji nepříjemné chutě. Většina nativní lipoproteinové lipázy je inaktivována během pasterace. Z tohoto důvodu je významná především u sýrů ze syrového mléka (McSWEENEY, 2004, s. 130-132).

Krátké mastné kyseliny se přímo podílejí na aroma sýrů. Mastné kyseliny se mohou metabolizovat za vzniku sensoricky významných látek. V mnoha typech sýrů bylo nalezeno množství esterů, které vznikají reakcemi mastných kyselin s ethanolem. Nejvíce je v sýrech zastoupen ethylester. Limitující reakční složka ethanol je odvozen z fermentace laktózy nebo z katabolizmu AMK. Novější studie naznačují, že ethylestery vznikají transesterifikací s parciálními acylglyceroly. Cyklické sloučeniny laktony vytvořené intramolekulární esterifikací hydroxyderivátů mastných kyselin byly taktéž nalezeny v sýrech (McSWEENEY, 2014, s. 80; McSWEENEY, 2004, s. 136-137).

3.5 Faktory ovlivňující zrání sýrů

Výběr mléka ovlivňuje kvalitu sýra i výtěžnost. Mléko musí být zdravotně nezávadné při optimálním chemickém složení (důležitý je zejména obsah kaseinu, z minerálních látek vápenaté soli) a s potřebnými technologickými vlastnostmi. Výroba sýrů je náročná na mikrobiální a hygienickou jakost mléka (SMETANA et al., 2009, s. 31). Přímé a nepřímé faktory ovlivňující zrání sýrů jsou znázorněny na **Obrázku 3**.



Obrázek 3: Přímé a nepřímé faktory ovlivňující zrání sýrů (FOX et al., 2000, s. 342)

3.5.1 Fyzikální faktory

- **Vlhkost sýra**

Vlhkost určuje výši hmotnostních ztrát a ovlivňuje vlastnosti kůry. Ve vlhkých sklepech sýry získávají slabou kůrku a v suchých sklepech příliš silnou a tuhou kůrku. Při kolísání teploty a relativní vlhkosti prostředí může docházet k popraskání kůry nebo k orosení vnější vrstvy sýra. Při orosení hrozí mokrání či hniloba sýrů. Dříve edam zral pod mazem, dnes se ojediněle setkáme se zráním pod plísní a nejčastěji s nátěry z polymerních hmot, respektive v ČR sýry tohoto typu zrají většinou ve smrštitelných fóliích. Pro tyto 3 příklady (zrání pod mazem, pod plísní a pod polymerním nátěrem) nejvíce platí, že růst mikroorganismů při optimální teplotě ovlivňuje nejvíce relativní vlhkost. Požadovaná vlhkost u jednotlivých typů sklepů a balení je znázorněna v **Tabulce 1** (KNĚZ, OLŠANSKÝ, 1971, s. 148-155). Zvýšený obsah vlhkosti v sýru vede ke zvýšené náchylnosti k znehodnocení (BERESFORD et al, 2001, s. 259-274). Při zrání sýrů pod mazem je při vysoké relativní vlhkosti maz řídký a velice často se na něm nacházejí plísně (nejnebezpečnější- *Scopulariopsis brevicaulis*, *Oospora sulfurea* a *Oospora crostacia*), které zbarvují povrch sýrů a mohou způsobit tzv. neštovice. U sýrů zrajících pod plísní nebo pod polymerním nátěrem je při vysoké relativní vlhkosti největším rizikem nárůst plísní, které jsou nežádoucí. Při nízké relativní vlhkosti maz osychá, olupuje se, vzniká silná kůrka a dochází k velkým ztrátám odparem. U sýrů holandského typu zrajících ve smrštitelné fólii není relativní vlhkost podstatná. Změna teploty vždy souvisí se změnou relativní vlhkosti. Odpar vody ze sýrů a intenzita větrání jsou hlavními faktory pro požadovanou relativní vlhkost. Pokud jsou zrací sklepy vytápěny, pak relativní vlhkost klesá. Naopak v případě nenutnosti vytápění teplota ve sklepech klesá a relativní vlhkost stoupá. Vysvětlení lze nalézt ve stoupání ohřátého vzduchu při nedostatečném větrání. To zapříčiní, že v horních policích, kde zraje sýr je teplota vyšší a relativní vlhkost nižší. U spodních polic nastává opačný případ. Tato skutečnost ovlivňuje jakost a standard sýrů (KNĚZ, OLŠANSKÝ, 1971, s. 148-155).

Tabulka 1: Požadované podmínky pro zrání sýrů holandského typu (KNĚZ, OLŠANSKÝ, 1971, s. 152)

Způsob zrání a ošetřování	Druh sklepa	Doba zrání	Optimální rozmezí teplot v °C	Optimální rozmezí relativní vlhkosti v %
Pod mazem (ošetření solným roztokem či olejem)	Chladný sklep	6 – 7 dnů	8 – 10	85 ± 5
	Kvasný sklep	10 – 20 dnů	14 – 16	87,5 ± 2,5
	Zrací sklep	1 – 3 měsíce	8 – 10	87,5 ± 2,5
Pod nátěry z polymerních hmot	Chladný sklep	3 – 4 dny	8 – 10	75 ± 5
	Kvasný sklep	10 – 20 dnů	14 – 16	87 ± 2,5
	Zrací sklep	1 – 3 měsíce	8 – 10	87 ± 2,5
Smrštitelné fólie	Chladný sklep	3 – 4 dny	8 – 10	75 ± 5
	Kvasný sklep	10 – 20 dnů	12 – 14	40 – 95
	Zrací sklep	1 – 3 měsíce	7 – 9	40 – 95
Pro všechny způsoby zrání	Skladovací sklep	Až 6 měsíců	3 – 5	90 ± 5

- **Vodní aktivita sýra**

Všechny mikroorganismy pro svůj růst vyžadují vodu. Nejúčinnější způsob, jak kontrolovat jejich růst je snížit příjem vody a to buď prostřednictvím dehydratace nebo přidáním potravinářské soli. Vodní aktivita poskytuje pochopení mezi vztahem mikroorganismů a vody ve vztazích k potravinařské soli. Vodní aktivita je přímo úměrná obsahu vlhkosti v sýru a nepřímo na koncentraci chloridu sodného a jiných sloučenin s nízkou molekulovou hmotností. Aktivita vody (a_w) je termodynamický děj definován jako poměr parciálního tlaku vodní páry nad sýrem (p) k parciálnímu tlaku vodní páry čisté vody (P_0) při téže teplotě, kterou lze vyjádřit vztahem:

$$a_w = p / p_0$$

Během prvních fází při výrobě sýra je a_w cca 0.99 a podporuje růst a aktivitu startovací kultury. Nicméně po odstranění syrovátky, po solení a během zrání se aktivita vody podstatně sníží (0,917-0,988). Ke snížení vodní aktivity při zrání sýrů dochází v důsledku ztráty vody odpařováním, solením, hydrolýzou bílkovin a triglyceridů; hydrolýza každého peptidu nebo esterové vazby vyžaduje jednu molekulu vody. Regulace ztráty vlhkosti se provádí zvýšením relativní vlhkosti v místnosti nebo zráním ve vosku nebo v polymerních nátěrech. Pro holandské typy sýrů je typické, že hodnota aktivity vody je vyšší směrem ke středu sýra na základě koncentračního spádu tzv. difuze (BERESFORD et al, 2001, s. 259-274).

- **Teplota**

K nejdůležitějšímu faktoru, který zajišťují správný rozvoj mikroorganismů a činnost enzymů, řadíme teplotu. Při solení je důležitým faktorem, který rozhoduje o rychlosti a intenzitě difuze (koncentrační spád). Při vyšší teplotě se narušuje difuze a snižuje se rychlost solení. V důsledku toho se sůl hromadí pod povrchem a odebírá vodu ze středu sýra. Omezí se prostup solí a vzniká velké neprosolené jádro. Při nedostatku soli ve středu sýra vznikají nežádoucí mikrobiální změny a nevhodný rozklad bílkovin projevující se např. sladkou, hořkou a hnilobnou příchutí, houbovou zduřelou strukturou s tvrdým povrchem sýrů.

Významná je zejména teplota zrání sýrů. Při vyšších teplotách dochází k rychlejšímu zrání sýrů, které může způsobit velké otevírání nebo dokonce duření sýrů. Při tomto dochází ke vzniku nečisté a netypické chuti sýra (KNĚZ, OLŠANSKÝ, 1971, s. 90-153). Bylo zjištěno, že zvýšením teploty při zrání sýrů holandského typu z 10 °C na

16 °C , došlo k zintenzivnění procesů zrání, čímž se doba zrání ve sklepích mohla snížit až o polovinu. Zároveň ale zvýšení teploty skladování způsobilo vyšší produkci biogenních aminů jako je například tyramin, putrescin a kadaverin, které představují riziko pro spotřebitele (PACHLOVÁ et al., 2012, s. 1846-1854). Naopak při nižší teplotě dochází k pomalejšímu zrání, při kterém dochází ke značným ekonomickým ztrátám. Přičemž velmi pomalu sýry získávají typické vzhledové vlastnosti a chuť. Při změnách teplot způsobených např. přesouváním sýrů mezi jednotlivými sklepy v nevhodnou dobu může způsobit menší nebo větší otevření sýrů (KNĚZ, OLŠANSKÝ, 1971, s. 153). Vhodné teploty u jednotlivých sklepů a typu balení jsou znázorněny v **Tabulce 1**.

- **pH**

Hodnota pH je důležitá v průběhu celé výroby. Často se kontroluje při prokysávání, před solením a po solení. pH solné lázně by mělo odpovídat pH výsledného sýra. Sýry holandského typu mají optimální hodnotu pH 5 a vyšší. Platí pro ně, že po 24 hodinách od výroby by měl mít sýr optimální pH 5,1-5,2. pH přímo ovlivňuje rozpustnost kaseinu, která hraje významnou úlohu ve struktuře sýrů. Při nižší hranici je výraznější chuť sýra. Nižší hodnota pod pH 5 tvoří měkké sýry, které nezrají stejnoměrně od povrchu ke středu sýra. Při pH větším než 5,3 je zrání rychlejší, ale vznikají nepříjemné chuťové látky. Zrání sýrů způsobuje postupné zvýšení pH. Sýr se stává méně kyselým (ANONYM 2, 2013; McSWEENEY, 2004, s. 127-130).

3.5.2 Mikrobiologické faktory

Mikrobiologicky by mléko mělo obsahovat co nejmenší počet koliformních, termorezistentních a psychrotrofních mikroorganismů, které způsobují smyslové vady (ZADRAŽIL, 2002, s. 88-89; SMETANA et al., 2009, s. 31). Časné duření sýrů je velmi závažná vada způsobena silným rozvojem koliformních bakterií, popř. i kvasinek zkvašujících laktózu, která se může projevit již v primární fázi zrání při lisování nebo solení sýrů. Často vzniká nedokonalou sanitací, hygienou a špatně provedenou pasterací. Pozdní duření sýrů způsobují sporotvorné bakterie rodu *Clostridium*, které přežívají pasteraci. Nejčastějším původcem je *Clostridium tyrobutyricum* , který mění kyselinu mléčnou nebo mléčnan vápenatý na kyselinu máselnou, vodík a oxid uhličitý (KOPÁČEK, 2011, s. 73-74). *Clostridium tyrobutyricum* se nejčastěji vyskytuje u sýrů s dobou zrání delší než 1 měsíc a při teplotách skladování 18- 24 °C. (ZADRAŽIL, 2002, s. 88).

3.5.3 Chemické faktory

- **Obsah NaCl**

Sůl přispívá k chuti, ke kvalitě, ke zpevnění povrchu a ke zlepšení struktury sýra. Slouží jako konzervační látka, protože potlačuje činnost nežádoucí mikroflóry a zastavuje či brzdí metabolické procesy v sýrech. Zvyšuje osmotický tlak ve vodní fázi sýra, což způsobuje dehydrataci bakteriálních buněk, a tím je zabíjí nebo zabraňuje jejich růstu (McSWEENEY, 2007, s. 80; KNĚŽ, OLŠANSKÝ, 1971, s. 132). Sýry holandského typu se nejčastěji solí v solných lázních, kde dochází výměně látek difuzí i osmozou. Ze solné lázně putuje do sýra sůl. Ze sýra uniká syrovátka, která obsahuje kyselinu mléčnou, soli a rozpustné bílkoviny. V povrchových částech se koncentruje větší obsah soli než ze středu sýra. Obsah soli se vyrovnává ve vrstvách sýra v průběhu zrání. Zrání může být vadné, pokud nedojde k rychlému prosolení jádra. Se vzrůstající koncentrací solné lázně vzrůstá rychlost solení, zvyšují se hmotnostní ztráty a sušina sýrů. Průběh solení závisí na koncentraci, teplotě a pH solné lázně (KNĚŽ, OLŠANSKÝ, 1971, s. 132-134).

- **Enzymy**

Mléko obsahuje 60 původních enzymů, které se mohou podílet na zrání sýrů. Část z nich ovlivňuje potenciální kvalitu sýrů, zejména lipázy, proteinázy, kyselá fosfatázy, a možná i xantin oxidáza, sulfydryl oxidáza, laktoperoxidáza, γ - glutamyl transpeptidasa. Některé přežívají teploty šetrné pasterace (72 °C, 15 s) a jsou ve větší či menší míře aktivní v průběhu zrání sýra např. plasmin, kyselá fosfatáza, a xanthin oxidáza (FOX et al., 2000, s. 341-343). Mezi nové základní vědecké poznatky patří směřování vývoje enzymových preparátů k urychlení zrání sýrů. Ačkoli enzymy se historicky používají delší dobu jako látky k aromatizaci potravin a v tavených sýrech, tak jejich přímá aplikace na zrání sýra je poměrně nová a není proto ještě rozšířená. Tento stav částečně nastal kvůli špatné dostupnosti komerčních enzymatických přípravků, které jsou určeny pro zrání sýrů s prokázanou účinností. Pouze jeden obchodní název Accelase R je široce využíván u zavedených typů sýrů se sníženým obsahem tuku. Tento produkt se skládá z potravinářské mikrobiální endopeptidázy (proteinázy), startovací bakterie mléčného kvašení a může obsahovat bakterie mléčného kvašení exopeptidázy. Rozsáhlé zkušební údaje z výroby naznačují, že pokud je enzymatický produkt přidán do sýřeniny, tak sýr dosáhne odpovídající zralosti 9 měsíců v pouhých 5 měsících. Kromě toho, tento enzym snižuje hořkost v důsledku působení některých mikrobiálních kultur a zlepšuje chuť. Enzymatické pro-

dukty „Rulactine“ a „Flavorage“ byly uvedeny na trh jako enzymy k urychlení zrání sýrů, ale jen málo informací je k dispozici o jejich účinnosti a zavádění na trh. „Rulacine“ obsahuje proteinázy *Micrococcus* sp. a „Flavorage“ obsahuje lipázy z *Aspergillus* sp. spolu s proteolytickými enzymy. Mnoho překážek stojí v cestě k uvedení na trh, v neposlední řadě nestabilita a nízká úroveň produkce těchto enzymů v jejich přirozeném hostitelském mikroorganismu. Za zmínku stojí velmi zajímavá metoda, která používá urokinázu, která se přidává do mléka na výrobu sýrů k aktivaci plazminogenu na plazmin v sýru. Zvýšená činnost plasminu urychluje proteolýzu během zrání, zrychluje rozvoj textury u sýrů holandského typu (LAW, 2001, s. 383-398).

4 OBALOVÉ MATERIÁLY

Obalový sektor zaujímá cca 2 % hrubého národního produktu ve vyspělých zemích. Přibližně 50 % tohoto trhu se týká balení potravin (LAW et al., 2010, s. 413).

Balení sýrů poskytuje pohodlí, kvalitu a bezpečnost pro konzumenta, zvýšenou trvanlivost a zjednodušení manipulace. Tyto zmíněné atributy přispívají k oblíbenosti sýrů. Obaly pro sýry představují široké množství používaných materiálů a vlastních aplikací. Obal na sýr musí respektovat daný typ sýra. Velmi škodlivé pro sýry je přirozené i umělé světlo. Světelná degradace bílkovin, tuků a vitaminů v sýrech vytváří cizí příchutě, změny barvy. Snižuje kvalitu produktu a jeho prodejnost. Vede k nutričním ztrátám a oxidačním produktům (ČEJNA, 2012, s. 12).

Dle zákona 477/ 2001 o obalech a o změně některých zákonů (2014, s. 1-3), v platném znění, je obalem výrobek zhotovený z materiálu jakékoli povahy a určený k pojmutí, ochraně, manipulaci, dodávce, popřípadě prezentaci výrobku nebo výrobků určených spotřebiteli nebo jinému konečnému uživateli. Zároveň v místě nákupu tvoří prodejní jednotku (prodejní obal), skupinu určitého počtu prodejních jednotek, anebo slouží pouze jako pomůcka pro umístění do regálů v místě prodeje a může být z výrobku odstraněn, aniž se tím ovlivní jeho vlastnosti (skupinový obal). Usnadňuje manipulaci a přepravu s určitým množstvím prodejních jednotek nebo skupinových obalů. Obalovým prostředkem (materiálem) je výrobek, z něhož je obal prodejní, obal skupinový nebo obal přepravní přímo vyroben nebo který je součástí obalu sestávajícího se z více částí.

V zákonu č. 110/ 1997 Sb. (2014, s. 1-13) o potravinách a tabákových výrobcích a o změně a doplnění některých souvisejících zákonů, v platném znění, je provozovatel potravinářského podniku, který uvádí potraviny, doplňky stravy, přídatné, aromatické a pomocné látky povinný použít do oběhu jen takové obaly a obalové materiály, které chrání před znehodnocením a znemožňují záměnu nebo změnu obsahu bez otevření nebo změny obalu. Obal a obalové materiály musí odpovídat požadavkům na předměty a materiály přicházející do přímého styku s potravinami. Sensoricky ani jiným způsobem neovlivňují potravinu.

4.1 Funkce obalu

Rozeznáváme 3 základní funkce obalu ochrannou, manipulační (racionalizační) a komunikační (DOBIÁŠ, RETKOVÁ, 2014). Ochranná funkce obalu slouží během oběhu

výrobku k ochraně před mechanickými (např. tlaky, vibrace, nárazy), klimatickými (např. záření, vliv kyslíku, teploty a vlhkosti vzduchu), biologickými vlivy (např. škůdci, vlastní mikrobiologické změny, mikroorganismy) a v neposlední řadě může výrobek chránit před krádežemi, ztrátou (tzv. společenské vlivy prostředí). Obal zabraňuje nežádoucím účinkům z okolního prostředí proniknout do výrobku. Manipulační funkce spočívá ve vytvoření racionální manipulační jednotky přizpůsobené rozměry, množstvím, hmotností, tvarem i konstrukcí požadavkům manipulace, skladování, přepravy, prodeji a spotřebě. Komunikační funkce obalu vytváří prostředek vizuální komunikace mezi výrobcem na jedné straně a dopravou, obchodem a spotřebitelem na druhé straně. Informuje zákazníka o daném produktu (KAČEŇÁK, 2007, s. 26-30).

4.2 Obaly a obalové materiály používané v sýrařství

4.2.1 Sýrařské vosky

Vosky jsou směs esterů vyšších mastných kyselin s vyššími jednomocnými alkoholy (FRIEDRICH, TEPLÝ, 1957, s. 110). Vosky se řadí mezi lipoidní látky, které vykazují nízkou propustnost pro vodní páru. V přírodě chrání před vysycháním listů a plodů. Sýrařské vosky se používají ve funkci normálních spotřebitelských obalů chránících sýry před znečištěním (DOBIÁŠ, SMEJTKOVÁ, 2004, s. 50). Jsou k dispozici v různých barevných variantách od bílé po černou barvu (IVARSON INC, © 2011). Před upotřebením se povlak vosku odstraňuje (DOBIÁŠ, SMEJTKOVÁ, 2004, s. 50).

Sýrařské vosky se používají převážně u sýrů holandského typu, dále ementálu, cheddaru a dalších tvrdých a polotvrdých sýrů. Vosk se při vyšších teplotách roztaví a ponoří se do něj daný sýr. Účinnost voskování ovlivňuje nízká vlhkost, celistvost, tuhost a čistota povrchu sýra. Významná je také teplota voskové lázně a voskovaného sýra. Při voskování (parafinování) nezralých sýrů je důležité udržet souvislou vrstvu, aby se vytvořili podmínky pro anaerobní zrání a zabránilo se porušení celistvosti v důsledku odcházejících plynů z hmoty sýra během zrání. Voskování omezuje růst povrchové mikroflóry (plísňe, kvasinky), chrání před mechanickým poškozením a zabraňuje přístupu kyslíku a tím částečně zrychluje zrání sýrů. Chrání sýry před růstem plísní a mechanickým poškozením. Díky voskům se vylučují nadměrné hmotnostní ztráty při zrání a úspory práce při ošetřování sýrů ve zracích sklepech (FRIEDRICH, TEPLÝ, 1957, s. 167-173).

4.2.2 Plastové obaly a materiály

Plastové materiály jsou dominantní při výrobě obalů pro potraviny, protože představují mnoho výhod. Výhody plastů jsou chemická odolnost proti agresivním složkám, proti čisticím prostředkům, měrná hmotnost, pevnost v tahu, propustnost pro plyny, tepelná odolnost a teplota svařování. Jejich vlastnosti záleží na konkrétních materiálech (KAČEŇÁK, 2007, s. 148). Nevhodným zacházením s plastovými obaly v rozporu s pokyny výrobce může představovat jisté riziko kontaminace potravin jejich částmi nebo produkty degradace, ale tomuto se předchází vhodnými certifikovanými materiály, které jsou testovány na styk s potravinami (STEINKA et al., 2006, s. 771-775). Plasty jsou energeticky náročné na výrobu a většina z nich je vyrobena z fosilních paliv, takže mají negativní vliv na životní prostředí. Strategii pro minimalizaci dopadu na životní prostředí zahrnuje snížení množství používaného materiálu (tenčí balení) a samozřejmě recyklace (BARLOW, MORGAN, 2013, s. 74-80).

Nejrychleji rozvíjející se skupinou obalových materiálu v současnosti představují obaly na bázi polymerů. Jejich škála při balení potravin je velmi rozsáhlá. Po praktické stránce si musíme uvědomit, že čím je větší pravidelnost ve struktuře tím tužší, tepelně odolnější a méně propustná je daná forma polymeru. Mezi významné vlastnosti polymerů patří zejména plasticita, pružnost, mechanická, chemická a tepelná odolnost, popř. elektrické vlastnosti (DOBIÁŠ, SMEJTKOVÁ, 2004, s. 40).

Nejrozšířenější obalové materiály z plastů pro výrobu potravin jsou polyethylen (PE), polyvinylchlorid (PVC), polyvinylidenchlorid (PVdC), polyvinylacetát (PVAC) a polyvinylalkohol (PVOH). Všechny zmíněné plasty patří mezi syntetické polymery tzv. termoplasty. Konkrétně polyethylen řadíme k polyolefinům. Zbylé nejčastěji využívané plasty se zařazují do tzv. vinylových polymerů. Využívají se především pro smrštitelné a tvarovatelné obaly. **Polyethyleny** ($-\text{[CH}_2 - \text{CH}_2\text{]}_n-$) se principiálně řadí mezi nejjednodušší polymer nenasyceného etylenu. V obalové technice se používá vysokotlaký a nízkotlaký, což vyplývá ze způsobu výroby. **Polyvinylchlorid** ($-\text{[CH}_2 - \text{CHCl]}_n-$) bariérovými vlastnostmi i tepelnou stabilitou se podobá polystyrenu (PS). Je to neměkčený, tvrdý a mechanický odolný polymer (DOBIÁŠ, SMEJTKOVÁ, 2004, s. 43-46). Měkne až při teplotách 80 °C (KAČEŇÁK, 2007, s. 148). Má pěkný vzhled a výbornou tvarovatelnost při nízké spotřebě energie (DOBIÁŠ, SMEJTKOVÁ, 2004, s. 46). Výrobky tvarované při určité teplotě a poté zchlazené při dalším zahřátí se částečně vrací do svého původního tvaru. Jde o tzv. tvarovou paměť. Při nízkých teplotách fólie PVC křehnou (KAČEŇÁK,

2007, s. 148). Pro výrobu fólií je nutné PVC změkčit. Obecně má nezměkčený PVC do 5 % změkčovadel a měkčený až 40 %. S ohledem na kontaminaci potravin nesmí obsahovat více než 25 % změkčovadel a nesmí se používat estery kyseliny ftalové (DOBIÁŠ, SMEJTKOVÁ, 2004, s. 45-46). Nepoužívanějšími změkčovadly jsou dibutylftalát, dioktylftalát, dioktyladipát (KAČEŇÁK, 2007, s. 148). **Polyvinylidenchlorid** má symetrickou molekulu, která podmiňuje výborné bariérové schopnosti pro plyny, aromatické látky a vlhkost (DOBIÁŠ, SMEJTKOVÁ, 2004, s. 45-46). Využívá se v kombinacích s ostatními obalovými materiály např. vinylchloridem. **Polypropylen** ($-\text{[CH}_2 - \text{CH}(\text{CH}_3)]_n-$) se získává polymerací propylenu. Ve vlastnostech se velmi podobá PE. Fólie z PP jsou průhlednější a více čiré než z PE. Zpracovává se vyfukováním, vytlačováním, vstřikováním. Má vysoký bod tání (+ 150 °C). Je relativně nepropustný pro vodní páru a plyny a z tohoto hlediska má o něco lepší vlastnosti než PE (KAČEŇÁK, 2007, s. 147). **Polyvinylacetát** a **polyvinylalkohol** se při balení potravin využívá ve formě kopolymerů s polyoleofiny či PVC. Mohou se také použít do ochranných nátěrů (DOBIÁŠ, SMEJTKOVÁ, 2004, s. 46).

4.2.2.1 Tvarovatelné obaly

Tvarované obaly se vyrábějí svařováním polymerních fólií. Využívá se tzv. termoplasticity, což je schopnost plastů tát při zvýšené teplotě a při jejím snížení teploty opět tuhnout. Fólie se k sobě přitisknou a jejich okraje se spojí. Pevnost spoje je dána teplotou, dobou a tlakem svařování. Nejčastěji se používá jako zdroj tepla odporový ohřev, vysokofrekvenční ohřev nebo ultrazvuk. Někdy se spojení fólií může provést slepováním tzv. materiálů se studenými spoji (KADLEC, MELZUCH, VOLDŘICH, 2013, s 458).

U standardních polotvrdých sýrů holandského typu je v poslední době vyvíjen stále větší tlak na jejich cenu. Z důvodu snížení nákladů investičních i provozních, je možnost sýry balit do tvarovatelných obalů. Pro sýry holandského typu se nejčastěji používají tvarovatelné obaly z polyvinylchlorid-polyvinylidenchlorid pod názvem saran (ZADRAŽIL, 2002, s. 98). Takto se balí především sýry v tzv. euroblocích, které se využívají pro další zpracování např. porcování, tavení (ANONYM 1, 2012).

Nejčastější se malé bloky sýrů balí v modifikované atmosféře, která musí splňovat vhodné mechanické vlastnosti, hygienickou nezávadnost, stabilitu vůči působení potravin i prostředí během zpracování a skladování, vhodný vzhled, snadnou svařitelnost u plastů,

nenákladnou likvidaci použitých obalů a vhodné bariérové vlastnosti (DOBIÁŠ, SMEJTKOVÁ, 2004, s. 72-73). Balení v modifikované atmosféře obsahuje směs plynů. U sýrů je to absence O_2 , 20-100 % CO_2 , 0-80 % N_2 při teplotě skladování 1-3 °C (KAČEŇÁK, 2007, s. 234-235). Dochází k eliminaci rozvoje oxidace tuků v důsledku prostředí bez kyslíku, která by zapříčinila žluklou pachut'. Potlačuje se mikroflóra zejména plísní a kvasinek. U sýrů holandského typu je důležitá hladina CO_2 , protože jeho zvýšené množství způsobuje nepříjemnou chuť. Při vysoké koncentraci CO_2 a nepřítomnosti N_2 může dojít k deformaci obalu (ČEJNA, 2012, s. 12).

4.2.2.2 Smrštiteľné fólie

Vlastní proces balení se zakládá na využití vakuového balení sýrů, kdy sýr zraje přímo v obalu např. v tzv. cryovaciu. Princip umožňuje prostup molekul vznikajícího CO_2 a zamezuje prostup H_2O (zabraňuje vysychání) během zrání sýrů směrem ven. Naopak směrem dovnitř zabraňuje přístupu O_2 , a tím zamezuje nárůst plísní a snižuje ošetřování během zrání sýrů (ANONYM 1, 2012).

Nejdříve dochází k odsátí vzduchu v sáčku, v komorové baličce nebo ve formě plochých fólií- vakuové balení na hlubokotažných baličkách (ANONYM 1, 2012). Ke smrštění dochází vlivem krátkodobého ohřevu fólie v horkovzdušném tunelu nebo pomocí horkovzdušné pistole (hořáku). Teplota potřebná ke smrštění se pohybuje v závislosti na provedení fólie v rozmezí 130- 170 °C (Manuli Stretch Česká republika, s. r. o., 2014). Následně se fólie se sýrem osuší proudem vzduchu v osušovacím tunelu (ANONYM 1, 2012). Podle míry automatizace se používají balicí stroje a linky, jejichž součástí je smršťovací tunel, poloautomatické, automatické či celé balicí, případně i plnicí linky. Na balení se používají jednosměrně i dvousměrné smrštiteľné fólie, tj. ve směru podélném i příčném. Rovnocenná či rozdílná smrštiteľnost ve dvou směrech fólie je dána požadavkem balení. Nejčastěji se používají fólie z polyolefinů LDPE, PP, PVC. V některých případech se dá setkat s vícevrstevnými materiály, které se většinou vyrábějí koextruzí. Na balicích strojích lze balit komplexně (obvykle biaxilárně) nebo jen částečně v podobě bandáže (monoaxilárně). Balicí fólie se smršťuje jako odvíjený přířez, polorukávec či pytel (ŽIŽKOVÁ, 2013).

Hlavní předností smrštiteľné fólie je kompaktnost a soudružnost u jednotlivých i kusových jednotek, naopak určitou nevýhodou je nižší ochrana proti mechanickému namáhání. K dalším benefitům patří ekonomicky i množstevně optimální spotřeba balicího

materiálu, dobré optické vlastnosti umožňují vizuální kontrolu zabaleného zboží, dobrá ochrana proti vlhkosti, omaku apod. či redukce logistických nákladů (ŽIŽKOVÁ, 2013).

Obaly na bázi jen jednoho polymeru jsou charakteristické pro potraviny, kde obal zajišťuje hermetičnost a brání změnám vlhkosti. Pro tvrdé a polotvrdé sýry jsou nároky na ochranu větší. Významné vlastnosti jsou např. nepropustnost pro permanentní plyny a aromatické látky, větší tepelná vodivost (KADLEC, DOBIÁŠ, 2002, s. 79-86). Při větší tepelné vodivosti vzniká malé množství plynu uzavřeného v dutinách sváru (PAVLŮ, MAREK, 2010, s. 6). Aby se výsledné vlastnosti optimalizovaly, tak je nezbytností polymery různě kombinovat (KADLEC, DOBIÁŠ, 2002, s. 79-86).

4.2.2.3 Polymerní nátěry

Plastické nátěry jsou výhodné oproti klasickému zrání bez obalu, neboť dochází k podstatně menším hmotnostním ztrátám během zrání. Používá se potravinářská PVAC (polyvinylacetát) disperzní nátěr Plasticoat nebo Delvocoat. V obou případech se jedná o registrované názvy. Nátěr se nanáší pomocí štětce po vysolení sýrů na lehce oschlý a ořtený povrch. První den se natře jedna polovina a druhý den obrácená strana sýra. V průběhu zrání se doporučuje natřít povrch sýra ještě 3x až 4x v tenké vrstvě. Tento způsob vyžaduje relativní vlhkost zracího prostoru 80-90%, tím si nátěr udrží pružnost a netvrdnutí. Aby se předešlo přilepení spodní vrstvy a růstu plísní, doporučuje se mezi nátěry sýr obracet. Frekvence nátěrů závisí na typu sýra (resp. jeho sušiny) a okolních parametrech zracího prostoru. Pro sýry holandského typu s cca 58 % sušiny po 2 týdnech zrání platí, že RV je mezi 85-88% a teplota ve zrající místnosti 12-14 °C. Při RVV 90% je těžké udržet nátěr zaschlý. Výjimkou jsou sýry, které mají na povrchu vysokou sušinu. Při dodržení podmínek docílíme vysoké kvality sýra, která se podobá tradičnímu zrání sýrů bez obalu (O. K. SERVIS BioPro, s. r. o., 2014).

Plasticoat je vodní kopolymerová disperze s aktivní látkou natamycin v různých barevných odstínech, která se používá k povrchovému ošetření polotvrdých a tvrdých sýrů. Díky němu sýr zrraje tzv. klasickým zráním (bez fólie) při minimální ztrátě vysoušením. Má oproti zrání ve fólii lepší senzorké vlastnosti. Chrání sýr proti plísním a mechanickému poškození, zlepšuje vzhled. Jednoduše se aplikuje ručně i strojově. Delvocoat je patentovaný nátěr na sýry s deklarovanou koncentrací natamycinu. Zajišťuje plné pokrytí sýra včetně jeho hran vzhledem ke zlepšené adhezi suspenze (O. K. SERVIS BioPro, s. r. o., 2014).

4.2.3 Inteligentní obal

Inteligentní obal je systém, který monitoruje podmínky v okolí balené potraviny, a tím poskytuje informace o kvalitě a čerstvosti. Představuje tedy jednu z možností pro zajištění systému HACCP pro výrobu bezpečných potravin. Tento typ balení je dostupný již dvě desetiletí. První indikátor byl patentován v USA, kde jsou také indikátory nejvíce uplatňovány v praxi. V ČR se v současnosti indikátory příliš nepoužívají (DOBIÁŠ, SMEJTKOVÁ, 2004, s. 68; KAČEŇÁK, 2007, s. 242-244). Umožňuje monitorovat různé fyzikální veličiny, kterým je potravina během času vystavena. Indikátory se aplikují do obalového materiálu nebo na jeho povrch. V potravinářství se využívají indikátory teploty, celkového tepelného účinku, mikrobiální kontaminace, složení atmosféry, kyslíku, oxidu uhličitého, vlhkosti, čerstvosti, integrity obalu, fyzikálního šoku, autenticity produktu, indikátory propouštění tekutiny/ atmosféry (DOBIÁŠ, SMEJTKOVÁ, 2004, s. 68-71; ČEJNA, 2012, s. 12) U mlékárenských výrobků tj. u sýrů se nejčastěji volí časově teplotní indikátor. Ten umožňuje sledovat teplotu v čase a spolehlivě určit čerstvost na základě nedodržení teplotního režimu (ČEJNA, 2012, s. 12). Snižuje tedy riziko konzumace zdravotně závadné potraviny. Tento indikátor se využívá ve formě štítku nebo značky umístěné na vnějším povrchu obalu. Někdy se indikátory aplikují přímo do polymerní fólie. Indikátor poskytuje informace o změnách teplot. Využívá mechanické, chemické nebo enzymově nevratné změny. Rozdíly jsou viditelné mechanickou deformací, změnou barvy nebo pohybem barevného pole. Teplotní indikátory se dělí na indikátory dosažení kritické teploty a indikátory celkového tepelného účinku. Indikátor dosažení kritické teploty ukazuje, jestli na výrobek účinkovaly teploty pod a nad teplotou referenční. Obsahuje také časový prvek, který znázorňuje čas překročení teploty. Indikátor celkového tepelného účinku znázorňuje kontinuální odezvu v závislosti na čase. Sčítají celkový tepelný účinek, a tím odhadují efektivní průměrnou teplotu během skladování a distribuce (DOBIÁŠ, SMEJTKOVÁ, 2004, s. 68-69).

4.2.4 Aktivní obal

Aktivní systémy balení tvoří dynamickou oblast obalové techniky. Pro tento typ balení je typickým rysem schopnost samovolně měnit své vlastnosti v reakci na změnu podmínek v okolí výrobku. Úprava vlastností směřuje k potlačení nežádoucích důsledků změny okolních podmínek na kvalitu baleného produktu, k potlačení skladovatelnosti, zlepšení bezpečnosti a organických vlastností. Obaly lze rozdělit do několika skupin

podle způsobu ovlivňování vlastností potraviny. Nejčastější se setkáváme s materiály, které uvnitř obalu odstraňují některé látky. U sýrů se nejčastěji odstraňují CO₂, O₂, organické kyseliny a vlhkost. Nejčastější a nejrozšířenější aktivní obaly jsou absorbéry kyslíku, které se používají pro zvýšení účinnosti vakuového balení nebo balení v inertní atmosféře. Maximálně omezují možné oxidační změny a v obalu navozují striktně anaerobní podmínky, které chrání před aerobními mikroorganismy nejčastěji před plísněmi. Hojně využívané u sýrů jsou obalové fólie s antikondenzační úpravou. Funkce spočívá v tom, že vlhkost kondenzující na povrchu uvnitř fólie nevytváří jednotlivé oddělené kapky, ale souvislou vrstvu, kterou spotřebitel z vnějšího okolí nepostřehne. Principem je úprava povrchového napětí a polarity obalového materiálu z jeho vnitřní strany (ČEJNA, 2012, s. 11-12).

II. PRAKTICKÁ ČÁST

5 CÍL PRÁCE

Cílem diplomové práce bylo zjistit vliv vlhkosti prostředí na vlastnosti sýrů holandského typu v průběhu zrání. Pro zpracování praktické části diplomové práce bylo nutno naplnit tyto dílčí cíle:

- Založit skladovací pokus modelových bloků sýrů, které zrají pod polymerním nátěrovým obalem a smrštitelnou fólií (kontrolní vzorek) při různých relativních vlhkostech
- Porovnat změny v průběhu zrání mezi vzorky sýrů za odlišných skladovacích podmínek
- Vyhodnotit výsledky a prodiskutovat je, zformulovat závěry

6 METODIKA PRÁCE

Modelové vzorky sýrů holandského typu byly vyrobeny 22. a 23. října 2013 na Fakultě technologické v laboratořích Ústavu technologie potravin. Další rozborů byly provedeny na stejném místě 25. listopadu a 16. prosince 2013.

6.1 Výroba sýrů holandského typu

Použitý materiál, suroviny a pomůcky:

- Mléko čerstvé Selské 3,5 % tuku, mléko čerstvé 1,5 % tuku, Olma a. s., Česká republika
- Zákys smetanové kultury: mléko o tučnosti 1,5 % (Olma a. s., Česká republika), smetanová kultura (Milcom a. s., Česká republika)
- Chlorid vápenatý 36 % roztok, Milcom a. s., Česká republika
- Syřidlo Fromase 750 TL, DSM Food Specialities, Nizozemí
- Potravinářská sůl bez jódu
- Delvocid Dip antimykotikum, O. K. Servis BioPro, s. r. o., Česká republika
- Pomůcky, které byly v kontaktu se sýrem se dezinfikovaly Aktivitem D (BANCHEM s. r. o., Slovensko): formy, plachetky, míchací systém, pomůcky
- Termostat Microbiological IL53, VWR, EU
- Výrobník
- Analytické váhy A&D GH-200 EC, LABICOM s. r. o., Česká republika
- Vakuová balička Mini Jumbo, Henkelman, Nizozemí
- Zrací komora Candy, Itálie

Výroba modelových vzorků sýrů:

Celkem byly vyrobeny dvě šarže (A, B) přírodních sýrů stejným technologickým postupem. Zákys byl vyroben inokulací 0,3 g smetanové kultury ve 100 ml sterilního mléka o tučnosti 1,5 %. Takto inokulované mléko se nechalo při 20 °C po dobu 16 hod pro dostatečné pomnožení kultury. První den výroby A (stejně jako výroby B) započal zahřátím 20 litrů mléka standardizovaného na tučnost 2,5 % na teplotu 32 °C. Za stálého míchání byl přidán do mléka zákys se smetanovou kulturou a 10 ml chloridu vápenatého.

Po 30 minutách bylo do mléka aplikováno syřidlo Fromase 750 TL v množství 1,5 ml, které bylo předem zředěno 1:10 pitnou vodou. Mléko se nechalo srážet v klidu. Po 40 minutách srážení se sraženina rozkrájela na hranoly a nechala se 10 minut v klidu. Poté se sýřenina velmi opatrně míchala 20 minut pomocí lžice a míchacího systému pro dostatečné vytužení sýrového zrna. Odebralo se cca 5 litrů syrovátky. K sýrovému zrnu se přidala prací voda o teplotě 80 °C tak, aby teplota v systému dosáhla 41 °C. Dosoušelo se 60 minut za stálého míchání při teplotě 41 °C. Směs sýrového zrna a syrovátky se opatrně nalila do dvou odkapních forem vyložených plachetkou. Nechala se odkapat 10 minut. Po odtoku hlavního podílu syrovátky byla sýřenina otočena k rovnoměrnému okapání syrovátky. Další dvě obrácení se provedlo opět po 10 minutách od odložení. Sýřenina ve velkých formách se rozkrájela na 24 bloků. Každý blok sýra se napěchoval do formičky a nechal 30 minut lisovat pomocí lisovací zátěže. Každých 30 minut byla zátěž lineárně navýšena na výsledný tlak 25,5 kPa. Celková doba lisování činila 1,5 hodiny. Po vylisování se sýry vyjmuly z tvořitek a uložily do zracích nádob na prokysání, při teplotě 16 °C.

Druhý den po prokysání se sýry solily 30 minut v solné lázni o koncentraci 20 %. Po vyjmutí se sýry nechaly oschnout a pak se ponořily na pár sekund do delvocitu. Jednotlivé bloky sýrů se osušily, a poté balily. Všechny bloky sýrů se zvážily na analytických vahách.

6.2 Charakteristika modelových vzorků

Z každé šarže byly odebrány tři kontrolní vzorky sýra před balením, které se po prokysání analyzovaly. Do smrštitelných fólií se zabalily tři bloky sýrů, jak z výroby A, tak i z paralelní výroby B (dohromady 6 ks, dále značené jako kontrolní vzorky). Na zbylé sýry se aplikoval polymerní nátěr Plasticoat (O. K. Servis BioPro, s. r. o., Česká republika), v jedné, třech a pěti vrstvách. Po dostatečném zaschnutí nátěru se sýry vložily do nádob, které obsahovaly solné roztoky pomáhající udržet danou relativní vlhkost (viz. **Tabulka 2**) a skladovaly se ve zrací komoře při 14±2 °C. Tloušťky vrstev polymerního nátěru sýrů zrajících v jednotlivých relativních vlhkostech jsou znázorněny v **Tabulce 3**.

Tabulka 2: Relativní vlhkost v komorách za použití nasycených solných roztoků

	Teplota 20 °C při skladování a zrání sýrů		
Nasycený roztok soli	Uhličitan draselný	Chlorid sodný	Chlorid draselný
Požadovaná relativní vlhkost	45%	75%	90%

Tabulka 3: Tloušťka vrstev polymerního nátěru sýrů skladovaných při různé relativní vlhkosti

	45% RV	75% RV	90% RV
1. vrstva	0,01 mm	0,01 mm	0,01 mm
3. vrstvy	0,017 mm	0,019 mm	0,021 mm
5. vrstev	0,028 mm	0,024 mm	0,023 mm

6.3 Použité metody stanovení

Sýry byly analyzovány po odstranění obalu. Tloušťka obalového polymerního nátěru (Plasticoatu) byla změřena na několika místech pomocí posuvného měřidla. Jednotlivé bloky sýrů se musely před vlastní chemickou analýzou postrouhat a zhomogenizovat.

6.3.1 Sledování úbytků hmotnosti od původní hmotnosti sýrů

U bloků sýrů byly sledovány 1., 5., 7., 10., 12., 14., 17., 19., 21., 24., 27., 31., 38., 45., 52. den zrání úbytky hmotnosti v závislosti na teplotě a relativní vlhkosti.

6.3.2 Základní chemická analýza

Při základní chemické analýze se stanovovala celková sušina dle ČSN EN ISO 5534 a pH bloků sýrů pomocí vpichového pH metru.

Stanovení obsahu vlhkosti

Na analýzu vzorku sýra byly potřebné vysoušecí misky s víčkem, křemičitý písek, analytické váhy, tyčinka na promíchání, sušárna Venticell (Brněnská Medicinská Technika a. s., Česká republika) a exsikátor. Vysoušecí miska s víčkem a křemičitým pískem se předem předsoušely. Do vysoušecí misky se navážilo na analytických vahách 20 g křemičitého písku a 3 g vzorku sýra. Směs v misce se promíchala pomocí tyčinky. Vysoušecí miska s víčkem a obsahem se vložila do sušárny. Vzorek se vysoušel 5 hodin při teplotě 105 °C do konstantních hmotnostních úbytků a poté byl vložen do exsikátoru. Výsledky se stanovily zvážením vzorku s vysoušecí miskou před a po sušení. Měření se provádělo u daného vzorku vždy 3x. Toto stanovení se zakládá na normě ČSN EN ISO 5534, v platném znění. Obsah vlhkosti byl stanoven dle vzorce:

$$\text{Obsah vlhkosti [hmotnostní \%]} = \frac{(m1 + m2) - m3}{m2}$$

Kde:

m1 - hmotnost prázdné misky před sušením [mg]

m2 - hmotnost vzorku před sušením [mg]

m3 - hmotnost vzorku a misky po sušení [mg]

Stanovení pH

Pro měření pH byly provedeny tři vpichy do různých míst pomocí pH metru (Spear Eutech pH-metr s pevnou vpichovou elektrodou, EUTECH INSTRUMENTS, Nizozemí). Měření se provedlo u všech vzorků sýrů.

6.3.3 Stanovení obsahu volných aminokyselin

Postrouhané bloky sýra byly nejdříve zváženy na analytických vahách A&D GH-200 EC (LABICOM s. r. o., Česká republika) a lyofilizovány pomocí lyofilizátoru CHRIST ALPHA 1-4 LSC (LABICOM s. r. o., Česká republika). Do 15 ml zkumavek byl navážen 1 g lyofilizovaného vzorku sýra a bylo přidáno 10 ml lithno-citrátového

pufrem. Vzorek se promíchal a 30 min se třepal na laboratorní třepačce LT2. Poté se vzorek odstředil při 6 000 otáčkách za minutu po dobu 20 minut na odstředivce EBA 21 (Hettich, Německo). Roztok, tzv. supernatan, se přelil do 25 ml odměrné baňky a doplnil lithno-citrátovým pufrem. Vzniklé roztoky se odpipetovaly do mikrozkušavek. Poté se odstředily při 15 000 otáčkách za minutu po dobu 45 minut na odstředivce MICRO 200 Ra (Hettich, Německo) a těsně před analýzou se zfiltrovaly přes stříkačkový filtr s porozitou 0,45 μm . Filtrát se přelil do mikrozkušavky a analyzoval na automatickém analyzátoru aminokyselin AAA 400 (Ingos, Praha). K postkolonové derivatizaci byl použit ninhydrin.

Chemikálie pro lithno-citrátový pufr:

- Kyselina citronová, LACHNER, Česká republika
- Citronan litný, ZMBD Chemik s. r. o., Česká republika
- Chlorid litný, ZMBD Chemik s. r. o., Česká republika
- Hydroxid litný, ZMBD Chemik s. r. o., Česká republika

Chemikálie pro přípravu ninhydrinu:

- Ninhydrin, ZMBD Chemik s. r. o., Česká republika
- Methylcellosolv, ZMBD Chemik s. r. o., Česká republika
- Hydrintantin, ZMBD Chemik s. r. o., Česká republika
- Acetátový pufr, ZMBD Chemik s. r. o., Česká republika

6.3.4 Stanovení biogenních aminů

Před vlastním stanovením obsahu biogenních aminů byly vzorky lyofilizovány pomocí lyofilizátoru CHRIST ALPHA 1-4 LSC (LABICOM s. r. o., Česká republika). Do 15 ml zkušavek byl navážen na analytických vahách A&D GH-200 EC (LABICOM s. r. o., Česká republika) 1 g lyofilizovaného vzorku (dvě navážky od jednoho bloku sýra) a bylo přidáno 10 ml 70-72 % kyseliny chloristé. Vzorek byl promíchán, třepán na labo-

ratorní třepače LT2, odstředěn při 6 000 otáčkách za minutu pomocí odstředivky EBA 21 (Hettich, Německo). Vzorky se přelily do 25 ml odměrné baňky, doplnily se po rysku kyselinou chloristou a zfiltrovaly přes papírový filtr. Do filtrátu bylo přidáno 100 µl vnitřního standartu 1,7- heptandiamin (SIGMA - ALDRICH spol s. r. o., Česká republika). Odpipetovalo se 1 ml vzorku do derivatizační nádoby (tři paralelní stanovení). Přidalo se 1,5 ml karbonátového pufru o pH 11-11,1, který se připravil smícháním 50 ml 0,5 M hydrogenuhličitanu sodného (21 g/ 500 ml; MERCK, Česká republika) s 10 ml 0,5 M uhličitanem sodným (13,25 g/ 250 ml; MERCK, Česká republika) o pH 9,2 a 16,65 g uhličitanem draselným (MERCK, Česká republika). Poté se k připravenému vzorku přidaly 2 ml roztoku dansylchloridu (SIGMA - ALDRICH spol s. r. o., Česká republika) o koncentraci 5 g/ l v acetonu. Vzorek se uzavřel a třepal na třepače v temnu 20 hodin. Poté se přidalo 200 µl roztok L- prolinu. Znovu se třepalo na třepače po dobu jedné hodiny. Do vzorku bylo aplikováno 3 ml heptanu (SIGMA - ALDRICH spol s. r. o., Česká republika) a třepalo se tři minuty. Odpipetovaný 1 ml vzorku se odpařil při teplotě 60 °C do sucha pod proudem dusíku z tlakové láhve (Linde, Česká republika). K suchému odparu bylo přidáno 1,5 ml acetonitrilu (SIGMA - ALDRICH spol s. r. o., Česká republika). Do analýzy se připravené vzorky umístily do mrazícího zařízení při teplotě – 18 °C. Bezprostředně před stanovením pomocí vysokoúčinné kapalinové chromatografie (HPLC) se vzorky filtrovaly přes stříkačkový filtr s porozitou 0,22 µm. Gradient eluce je zobrazen v **Tabulce 4**. Pomocí HPLC bylo sledováno osm základních biogenních aminů, které jsou zaznamenány v **Tabulce 5**. K stanovení byly použity standardy histamine, aprox. 97 %, 2- phenylethylamine, tyramine 99 % (T) putrescine dihydrochloride, cadaverine, agmatine sulfate, spermidine, spermine, tryptamine, 1,7- diaminoheptane (SIGMA - ALDRICH spol s. r. o., Česká republika).

Tabulce 4: Gradient eluce (vlnová délka 254nm, t = 30 °C, průtok 0,45 ml/ min., kolona Agilent Eclipse Plus C18 RRHD o rozměrech 3 x 50 mm.

Čas (s)	10 % acetonitrilu	100 % acetonitrilu
0	39	61
0,1	39	61
1,4	30	70
3,5	17	83
4	0	100
9,5	0	100
11,5	39	61
15,5	39	61

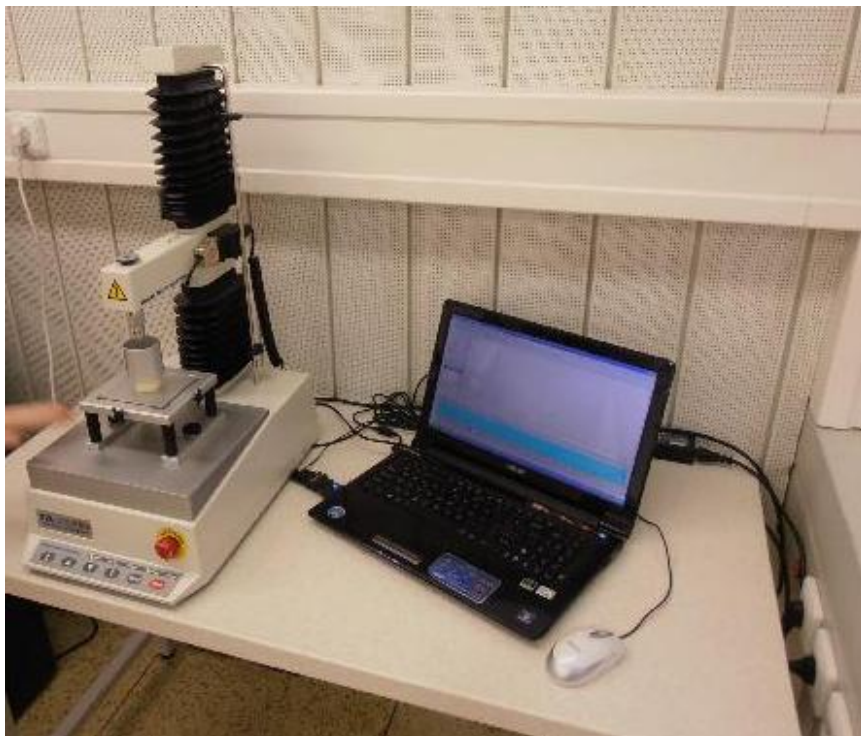
Tabulka 5: Standardy biogenních aminů a jejich zkratky

Aminokyselina	Zkratka	Aminokyselina	Zkratka
Tryptamin	Tryp	Histamin	Him
Fenylethylamin	Pea	Tyramin	Tym
Putrescin	Put	Spermidin	Spd
Kadaverin	Cad	Spermin	Spm

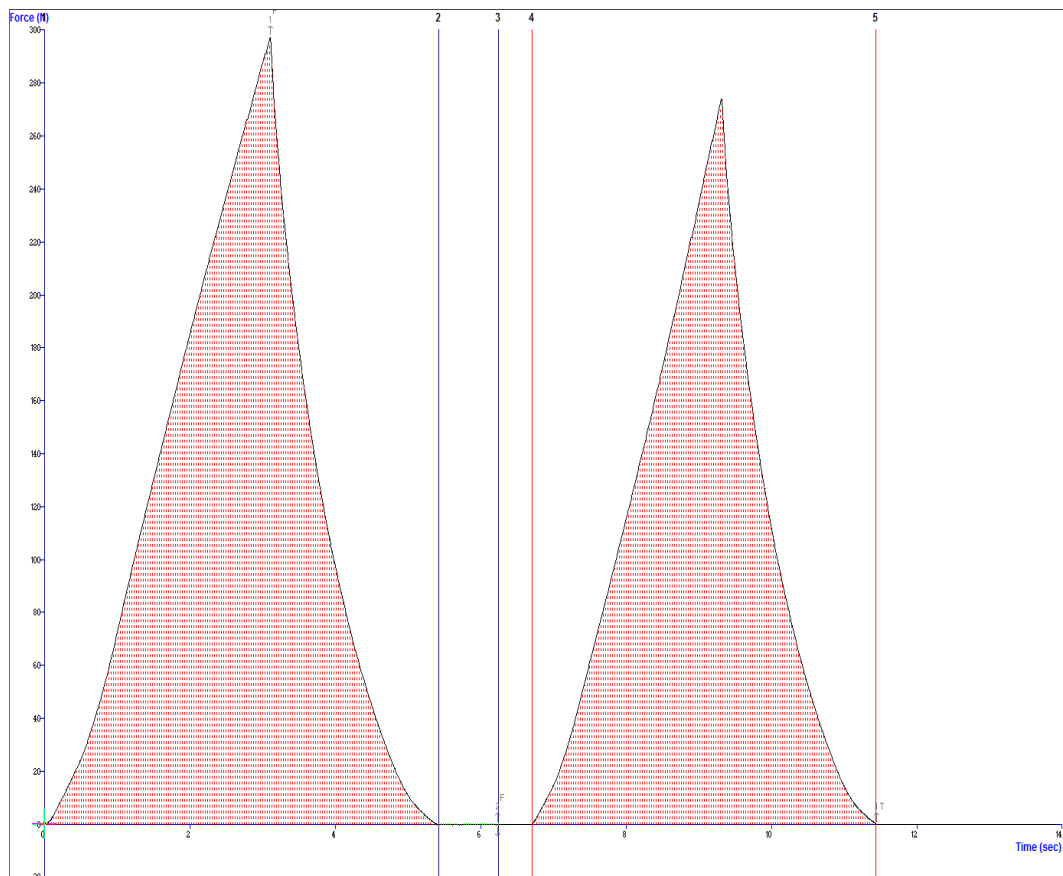
6.3.5 Texturní profilová analýza

Texturní profilová analýza byla provedena na analyzátoru textury TA.XT Plus (Stable Micro Systems, Velká Británie), který je zobrazen na **Obrázku 4**. Ze středu bloku sýra byl vykrojen váleček o průměru 35 mm a výšce 2 cm pomocí speciálního vykrajova-

vátka a vložen na desku analyzátoru. Sonda o průměru 50 mm dvakrát po sobě stlačila (kompresní test) váleček sýra o 25 % původní výšky s rychlostí $2 \text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$ (měření po měsíci zrání). Při druhém měření (dva měsíce od výroby) byla zvolena nižší komprese 10 % vzhledem k velké tvrdosti sýrů. Čím byl totiž sýr tvrdší, tím větší síly bylo zapotřebí ke stlačení. Kompresní test napodoboval žvýkání mezi stoličkami. Síla tvrdosti (N) byla vyhodnocena v programu Exponent Lite a značí maximální sílu, která je ukazatelem tvrdosti. Příklad průběhu křivky je znázorněn na **Obrázku 5**.



Obrázek 4: Analyzátor textury TA.XT Plus (Stable Micro Systems, Velká Británie)



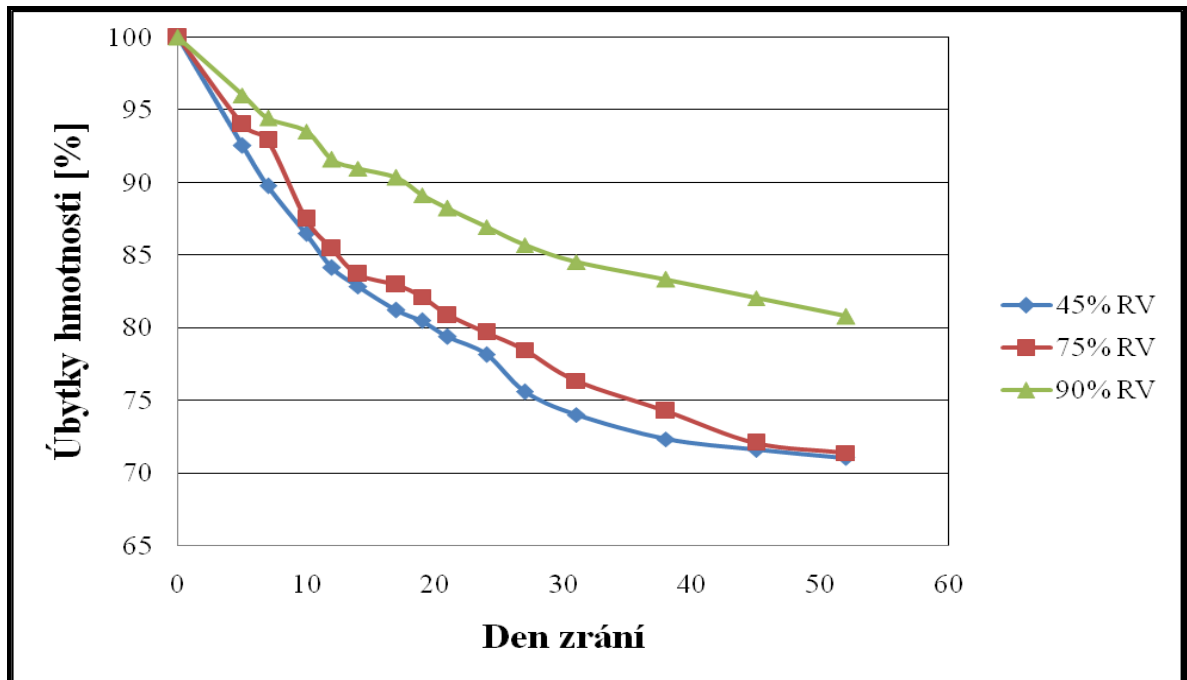
Obrázek 5: Průběh křivky TPA v závislosti na síle a času (1 vrchol křivky označuje tvrdost)

7 VÝSLEDKY A DISKUZE

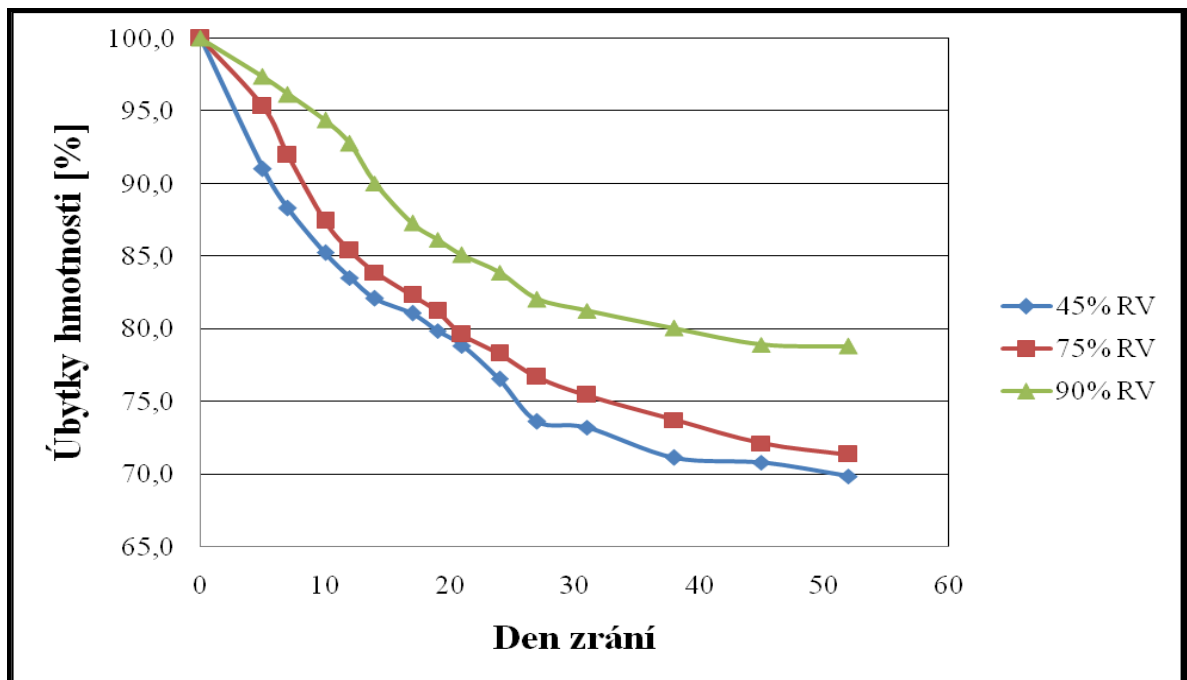
7.1 Výsledky

Sledování úbytků hmotnosti od původní hmotnosti sýrů

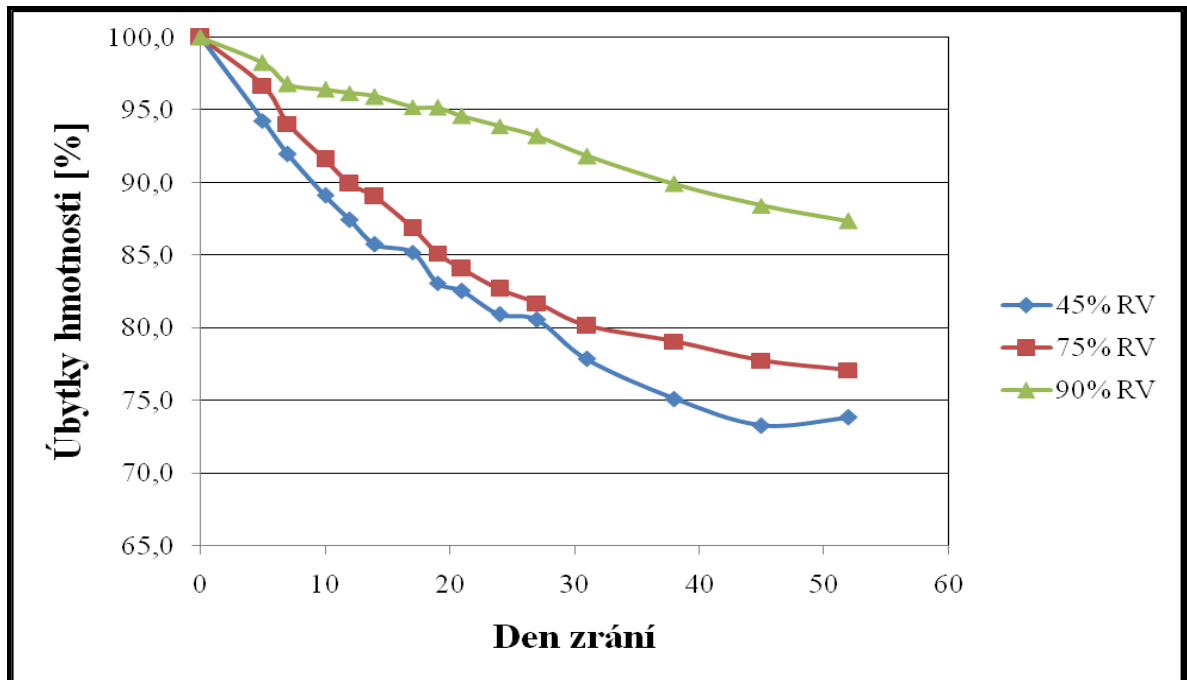
S delší dobou zrání klesala hmotnost sýrů, což je v souladu i se ŠPUNAROVOU (2012, s. 45-49). Během cca prvních 20 dnů zrání docházelo k prudkému poklesu hmotnosti u sýrů zrajících pod polymerním nátěrem, ale s delší dobou zrání se úbytek hmotnosti snižoval pomaleji. V grafech na **Obrázcích 6, 7, 8** je uvedena původní hmotnost sýrů jako hodnota 100 % na počátku zrání. Bylo zpozorováno, že čím byla nižší relativní vlhkost, tím docházelo k větším úbytkům hmotnosti. Poslední den měření (52. den) byl hmotnostní úbytek od původní hmotnosti u jedné vrstvy polymerního nátěru sýrů skladovaných při 45% relativní hmotnosti 28,9 %, při 75% relativní vlhkosti 28,6 % a při 90% relativní hmotnosti 19,2 % (**Obrázek 6**). U třech vrstev polymerního nátěru sýrů skladovaných při 45% relativní vlhkosti byl hmotnostní úbytek v poslední den zrání 30,1 %, respektive pro 75% relativní vlhkost 28,7 % a 90% relativní vlhkost 21,2 % (**Obrázek 7**). Modelové vzorky sýrů s pěti vrstvami polymerního nátěru skladované při 45% relativní vlhkosti měly úbytek hmotnosti o 26,2 %, u 75% RV o 22,9 % a při 90% RV o 12,6 % k původní hmotnosti sýra (**Obrázek 8**). Nejnižší hmotnostní úbytek od původní hmotnosti byl tedy zaznamenán při 90 % relativní vlhkosti s pěti vrstvami polymerního nátěru. Toto zjištění je velmi důležité pro finanční náročnost výroby finálního produktu. Při skladování za nízké RV se výrazně zvyšují ztráty hmotnosti, čímž by se úměrně navyšovala i cena výrobku. RIDGWAYOVÁ (2004, s. 27) udává, že zvýšená RV zabraňuje vysychání sýrů na povrchu.



Obrázek 6: Úbytky hmotnosti v průběhu zrání sýrů s jednou vrstvou polymerního nátěru (n= 36)



Obrázek 7: Úbytky hmotnosti v průběhu zrání sýrů se třemi vrstvami polymerního nátěru (n= 36)

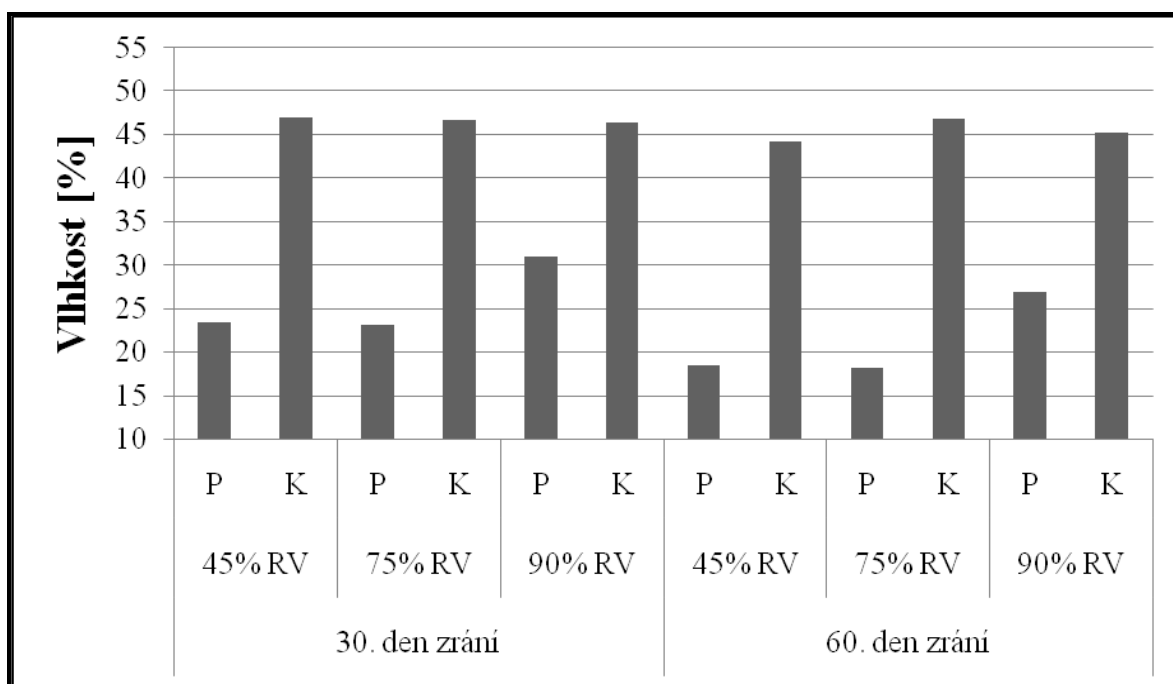


Obrázek 8: Úbytky hmotnosti v průběhu zrání sýrů s pěti vrstvami polymerního nátěru (n= 36)

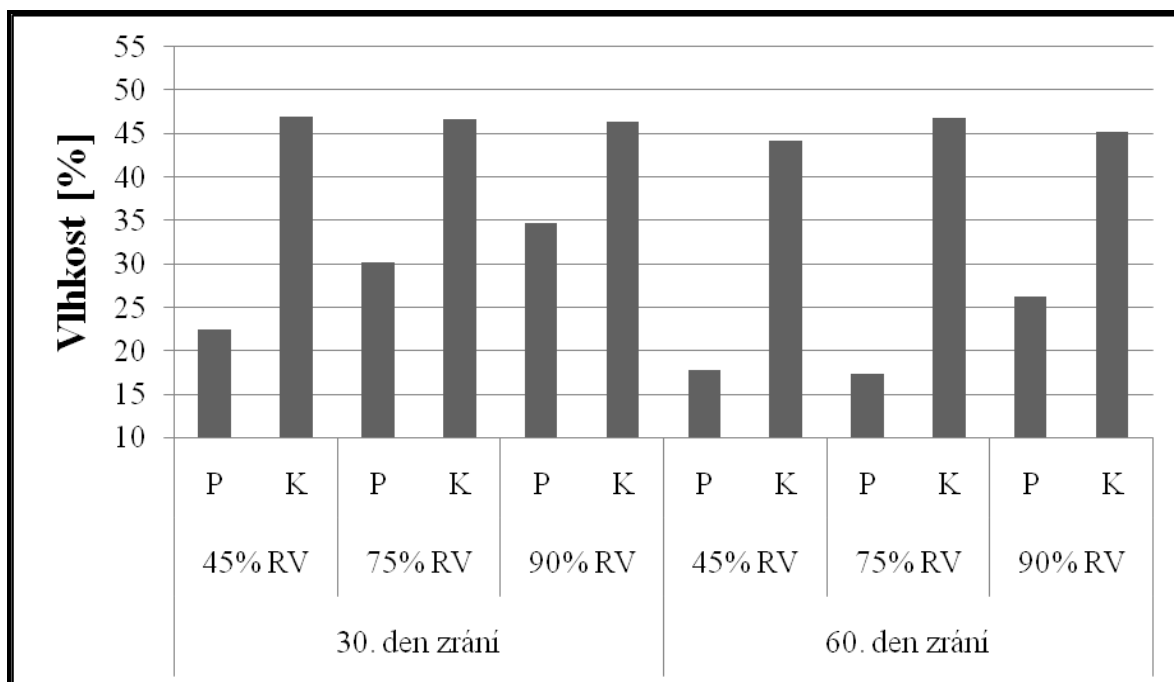
Stanovení obsahu vlhkosti sýrů

Na začátku zrání měly sýry průměrný obsah vlhkosti 52,61 %. Po 30. dnech klesla hodnota vzorků sýrů při aplikaci jedné vrstvy polymerního nátěru (**Obrázek 9**) přibližně o polovinu (23,35 % vlhkosti sýrů u 45 % relativní vlhkosti a 23,07 % vlhkosti sýrů u 75% relativní vlhkosti) s výjimkou zrání při 90% relativní vlhkosti, kde obsah vlhkosti činil 30,97 %. Po dvou měsících zrání se hodnota vlhkosti mírně snížila oproti odběrům z prvního měsíce. U jedné vrstvy polymerního nátěru se obsah vlhkosti lišil při zrání v různých vlhkostech jen nepatrně. Při nanesení třech vrstev polymerního nátěru (**Obrázek 10**) se během měsíce zrání zvyšoval obsah vlhkosti v sýrech se vzrůstající relativní vlhkostí při zrání. Nejnižší hodnota byla tedy naměřena při 45% relativní vlhkosti (22,46 % vlhkosti) a nejvyšší při 90% relativní vlhkosti (34,68 % vlhkosti). Po dvou měsících zrání se obsah vlhkosti snížil nepatrně. Nejvyšší hodnota byla naměřena opět při 90% relativní vlhkosti (45,20 % vlhkosti). U pěti vrstev polymerního nátěru (**Obrázek 11**) po 30. dnech byla nejvyšší hodnota při 45% relativní vlhkosti (37,61 % vlhkosti). Nejnižší hodnota byla naměřena při 75% relativní vlhkosti (22,91 % vlhkosti). Po dvou měsících zrání byli nepatrné odchylky při 45% a 75% relativní vlhkosti při zrání. Nejvyšší hodnota byla opět naměřena při 90% relativní vlhkosti (25,63 % vlhkosti). U kontrolních vzorku

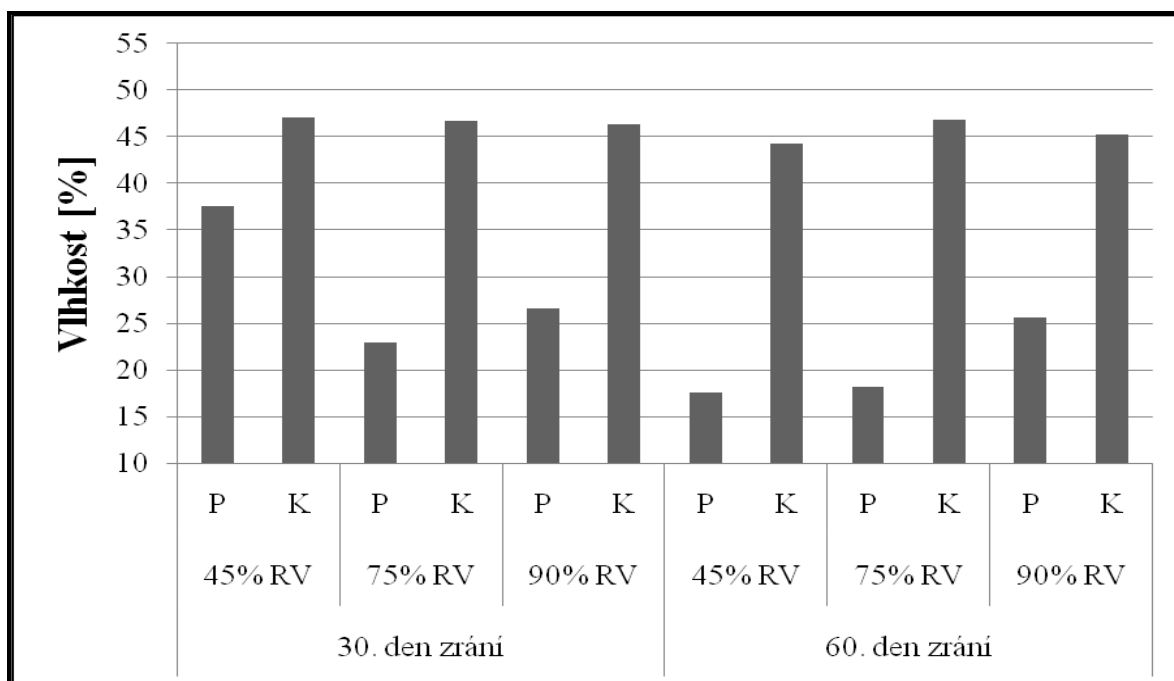
se smrštiteľnou fólií byl obsah vlhkosti vždy vyšší než u polymerního nátěru. Rozdíl mezi kontrolním vzorkem a polymerním nátěrem byl u nanesení jedné vrstvy nejvyšší (28,64 %) po dvou měsících zrání při relativní vlhkosti 75% a nejnižší (15,39 %) po jednom měsíci zrání při relativní vlhkosti 90%. U třech vrstev byl rozdíl nejvyšší (29,4 %) po třiceti dnech zrání při 75% relativní vlhkosti a nejnižší (11,68 %) po šedesáti dnech zrání při 90 % relativní vlhkosti. U pěti vrstev polymerního nátěru byl rozdíl mezi kontrolním vzorkem a polymerním nátěrem nejvyšší (28,54 %) po dvou měsících zrání při 75% relativní vlhkosti a nejnižší (9,41 %) po jednom měsíci zrání při 45% relativní vlhkosti. Obecně tedy platilo, že rozdíl mezi použitými obalovými materiály se pohyboval mezi 9,41- 29,4 %, při kterém smrštiteľné fólie měla vyšší vlhkost sýrů než polymerní nátěr.



Obrázek 9: Obsah vlhkosti v průběhu zrání sýrů s jednou vrstvou polymerního nátěru v závislosti na relativní vlhkosti prostředí: P- vzorky s polymerním nátěrem, K- kontrolní vzorky ze smrštiteľné fólie (n= 18)



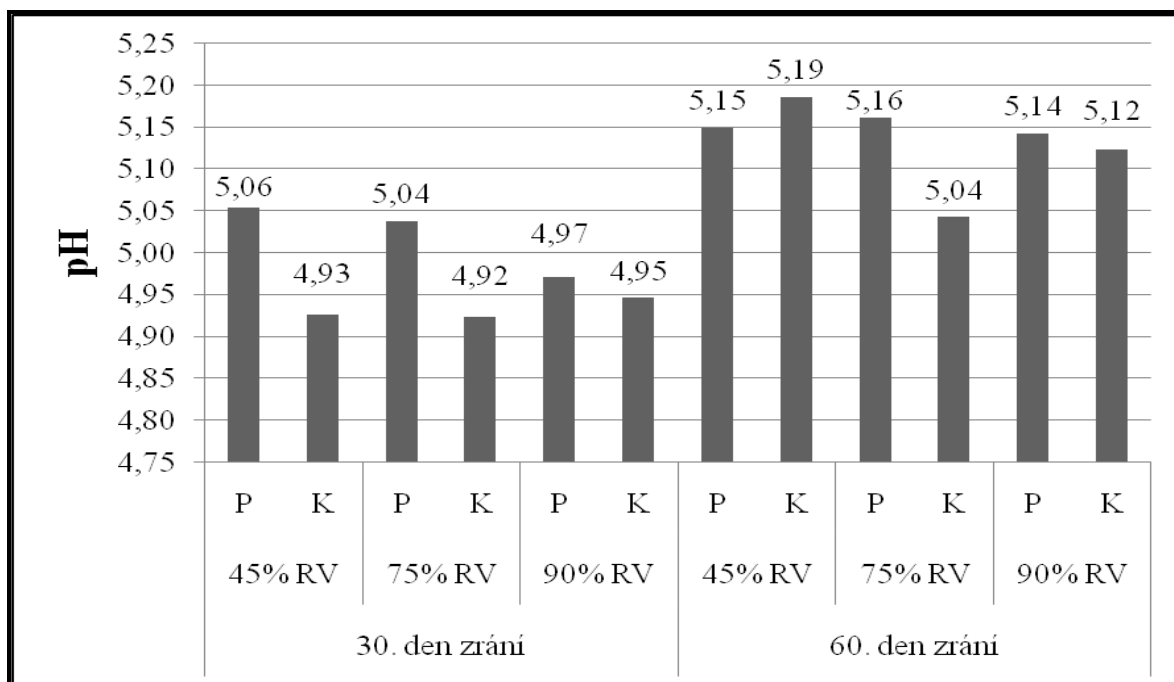
Obrázek 10: Obsah vlhkosti v průběhu zrání sýrů se třemi vrstvami polymerního nátěru v závislosti na relativní vlhkosti prostředí: P- vzorky s polymerním nátěrem, K- kontrolní vzorky ze smršťitelné fólie (n= 18)



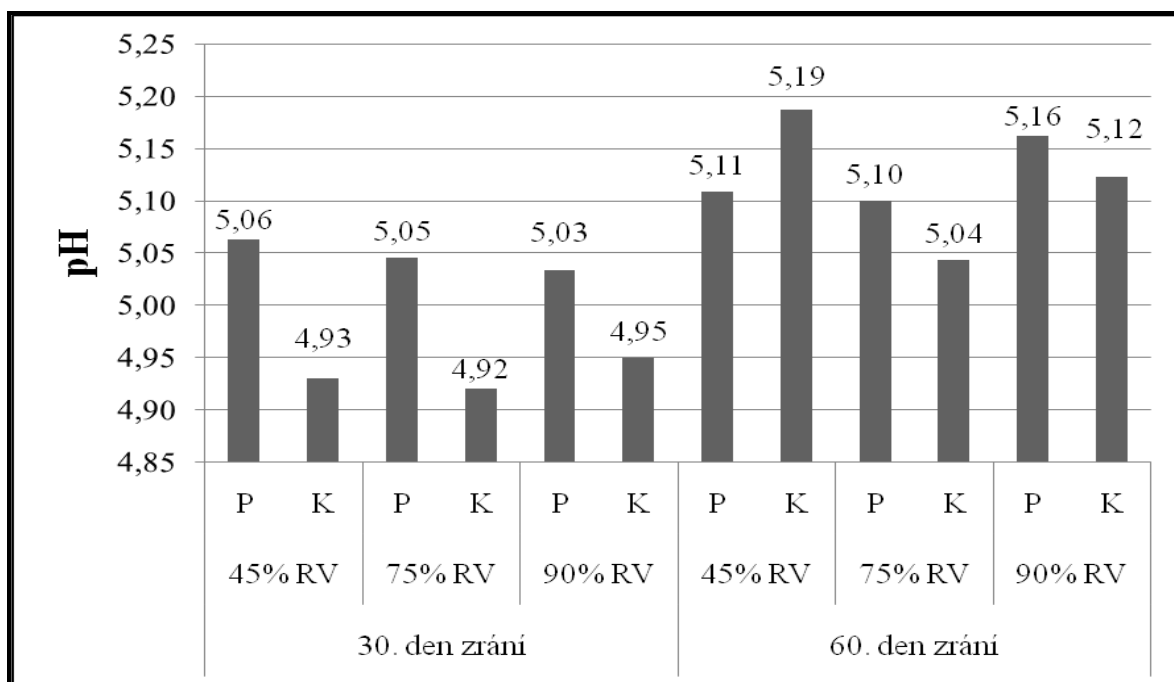
Obrázek 11: Obsah vlhkosti v průběhu zrání sýrů s pěti vrstvami polymerního nátěru v závislosti na relativní vlhkosti prostředí: P- vzorky s polymerním nátěrem, K- kontrolní vzorky ze smršťitelné fólie (n= 18)

Stanovení pH

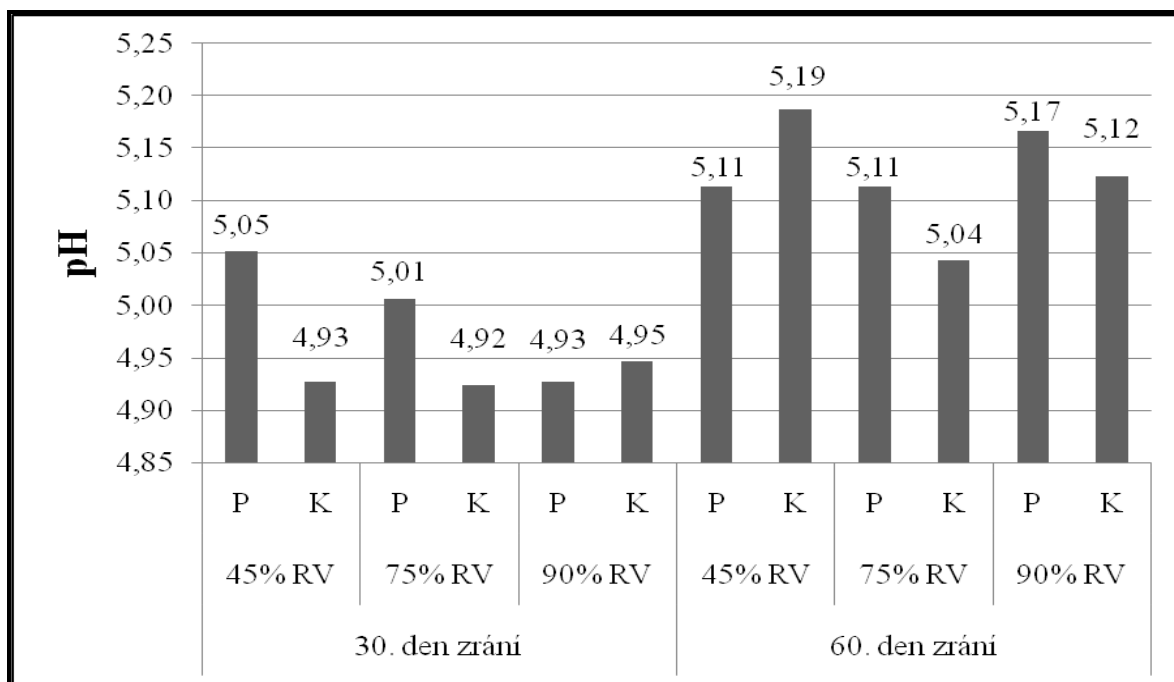
Druhý den výroby měly bloky sýra pH 4,91. U bloků sýrů zrajících třicet dní se hodnoty pH mírně snižovaly s rostoucí relativní vlhkostí prostředí. U vzorků sýrů jeden měsíc po výrobě (30. den), kde byla nanášena jedna vrstva polymerního nátěru (**Obrázek 12**) bylo rozmezí pH 4,97- 5,06 při různých relativních vlhkostech zrání. Nejvyšší hodnota pH 5,06 byla naměřena u 45% relativní vlhkosti a nejnižší hodnota pH 4,97 u 90% relativní vlhkosti. Po 60 dnech od výroby bylo u sýrů s jednou vrstvou polymerního nátěru naměřeno pH $5,14 \pm 5,16$ při různých relativních vlhkostech. Po třiceti dnech zrání bylo stanoveno pH u vzorků se třemi vrstvami polymerního nátěru (**Obrázek 13**) vyrovnané a po 60 dnech v rozmezí 5,10-5,16 s nejvyšší hodnotou pH 5,16 při 90% relativní vlhkosti a nejnižší hodnota pH 5,10 u 75% relativní vlhkosti. Ve 30. den po výrobě modelových vzorků sýrů se u pěti vrstev polymerního nátěru (**Obrázek 14**) naměřilo pH 4,93-5,05. S vyšší relativní vlhkostí byla hodnota pH nejnižší. Při nižší relativní vlhkosti naopak pH nejvyšší. Po 60 dnech pH vzrostlo na 5,11 u 45% a u 75% RV. K mírnému zvýšení došlo u 90% RV na pH 5,17. U kontrolního vzorku, kde byla použita smršťitelná fólie, bylo po prvním měsíci zrání pH 4,92-4,95 při různých relativních vlhkostech. Nejvyšší hodnota pH 4,95 byla u 90% relativní vlhkosti. Vzorky sýra se smršťitelné fólie se po jednom měsíci zrání při 45% a 75% relativní vlhkosti příliš v hodnotách pH nelišily. Po uplynutí dvou měsíců zrání ve smršťitelné fólii měly bloky sýrů nejvyšší pH 5,19 při 45% relativní vlhkosti a nejnižší pH 5,04 při 75% relativní vlhkosti.



Obrázek 12: Hodnota pH v průběhu zrání sýrů s jednou vrstvou polymerního nátěru v závislosti na relativní vlhkosti prostředí: P- vzorky s polymerním nátěrem, K- kontrolní vzorky ze smršťitelné fólie (n= 18)



Obrázek 13: Hodnota pH v průběhu zrání sýrů se třemi vrstvami polymerního nátěru v závislosti na relativní vlhkosti prostředí: P- vzorky s polymerním nátěrem, K- kontrolní vzorky ze smršťitelné fólie (n= 18)



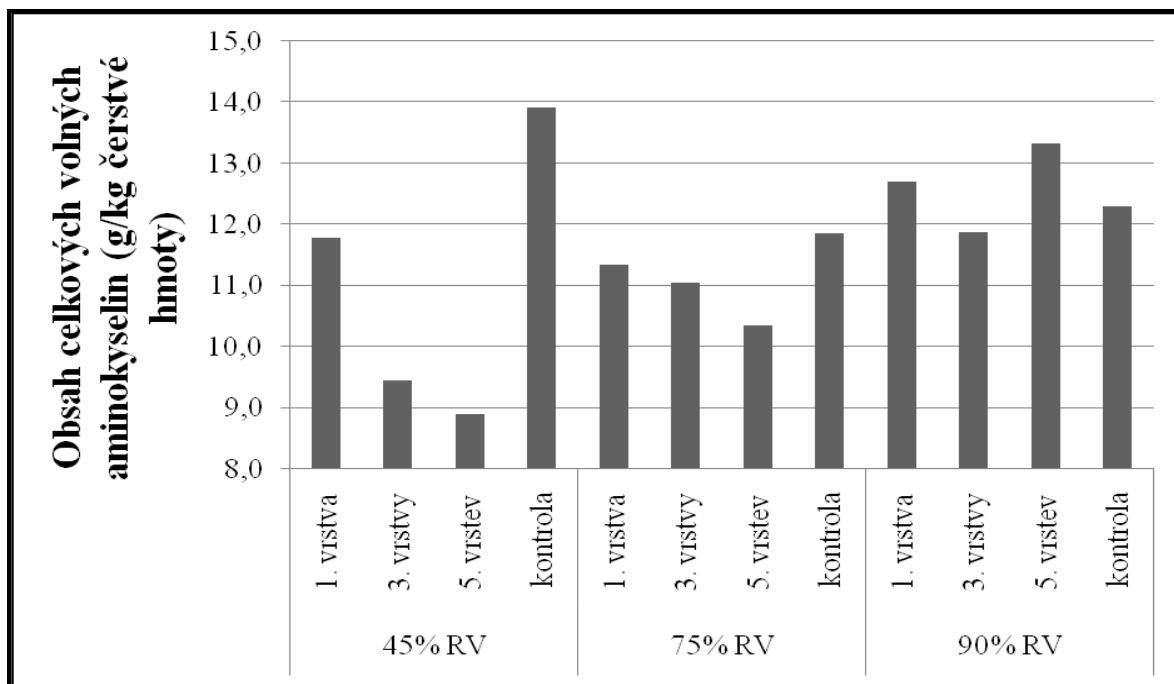
Obrázek 14: Hodnota pH v průběhu zrání sýrů s pěti vrstvami polymerního nátěru v závislosti na relativní vlhkosti prostředí: P- vzorky s polymerním nátěrem, K- kontrolní vzorky ze smršťitelné fólie (n= 18)

Stanovení obsahu volných aminokyselin

Při proteolýze dochází k rozkladu bílkovin na peptidy, dipeptidy, aminokyseliny. Pomocí automatického analyzátoru aminokyselin AAA 400 (Ingos, Česká republika) bylo stanoveno u bloků sýrů celkové množství volných aminokyselin.

Obsah celkových volných aminokyselin v den výroby byl 0,61 g/ kg čerstvé hmoty. Poté se stanovoval obsah celkových aminokyselin po dvou měsících zrání (**Obrázek 15**). U polymerních nátěrů skladovaných v relativních vlhkostech 45 % a 75 % se obsah celkových volných aminokyselin snižoval s počtem vrstev polymerního nátěru. U 45 % relativní vlhkosti s jednou vrstvou polymerního nátěru byla detekována nejvyšší hodnota 11,78 g/ kg čerstvé hmoty, naopak s pěti vrstvami nejnižší (8,9 g/ kg čerstvé hmoty). Při 75 % relativní vlhkosti měla jedna vrstva polymerního nátěru 11,35 g/ kg a pět vrstev polymerního nátěru 10,34 g/ kg čerstvé hmoty. Výjimku tvořila 90 % relativní vlhkost, při které množství celkových volných aminokyselin neklesal s počtem vrstev. U pěti vrstev při 90 % relativní vlhkosti byla hodnota celkových volných aminokyselin nejvyšší (13,33 g/ kg čerstvé hmoty) a nejnižší (11,87 g/ kg čerstvé hmoty) u třech vrstev poly-

merního nátěru. U kontrolních vzorků sýrů byla nejnižší hodnota celkových volných aminokyselin při 75 % (11,85 g/kg čerstvé hmoty) a nejvyšší (13,92 g/kg čerstvé hmoty) při 75 % relativní vlhkosti.



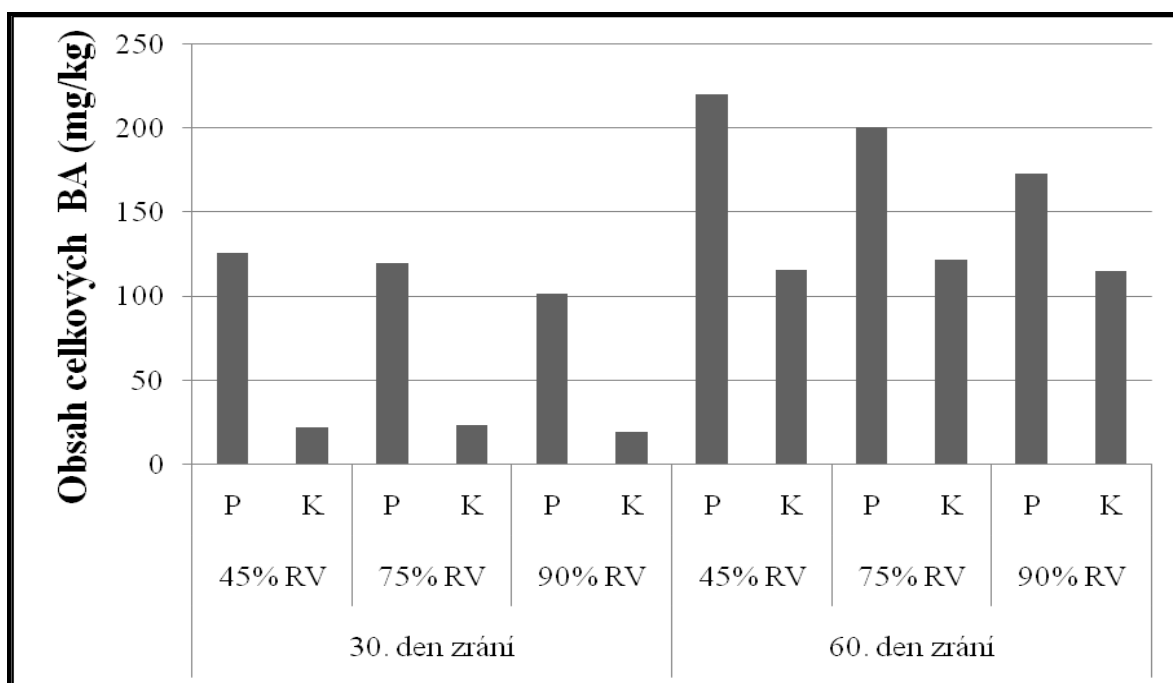
Obrázek 15: Obsah celkových volných aminokyselin po dvou měsících zrání (n= 12)

Den po výrobě byl v sýru nejvíce z volných aminokyselin obsažen prolin (0,12 g/kg čerstvé hmoty) a lysin (0,11 g/kg čerstvé hmoty). Také se v sýrech nacházel jeden den po výrobě glycin, alanin, citrulin, valin, metionin, isoleucin, leucin, tyrozin, fenylalanin, γ -aminomáselná kyselina, ethanolamin, ornitin, histidin a arginin. Po dvou měsících zrání byly v sýrech nejvíce zastoupeny volné kyseliny glutamová a leucin. Dále se zde naměřil treonin, serin, kyselina asparagová, asparagin, glutamin, prolin, glycin, alanin, citrulin, valin, methionin, isoleucin, tyrosin, fenylalanin, γ -aminomáselná kyselina, ethanolamin, ornitin, lysin, histidin, 3- methyl histidin a arginin. V sýrech tedy nebyl na počátku zrání detekován treonin, serin, kyselina asparagová, asparagin, kyselina glutamová, glutamin a 3- methyl histidin. Také v první den výroby a druhý měsíc zrání nebyl detekován cystein, cystationin, β - alanin, α - kyselina aminomáselná, β - kyselina aminomáselná, 1- methylhistidin a kyselina aminoadipová.

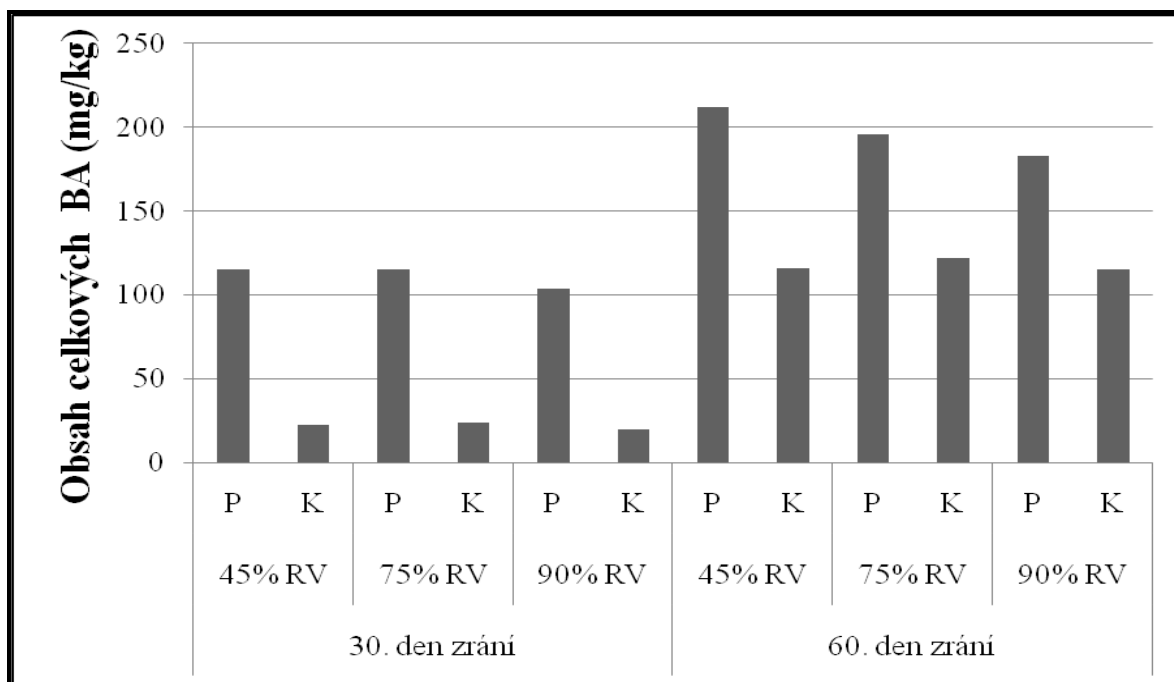
Stanovení biogenních aminů

Působením dekarboxyláz vznikají biogenní aminy, které jsou odvozeny od příslušných aminokyselin. Celkový obsah biogenních aminů během zrání exponenciálně roste. **Obrázky 16, 17, 18** vypovídají o tom, že s klesající relativní vlhkostí prostředí roste obsah biogenních aminů. Výjimkou byly vzorky, které měly pět vrstev polymerního nátěru (**Obrázek 18**), které se analyzovaly dva měsíce od výroby. U těchto vzorků byla sice nejvyšší hodnota biogenních aminů u nejnižší relativní vlhkosti (45 %), ale nejnižší množství (144,9 mg/kg) se vyskytlo při 75 % relativní vlhkosti.

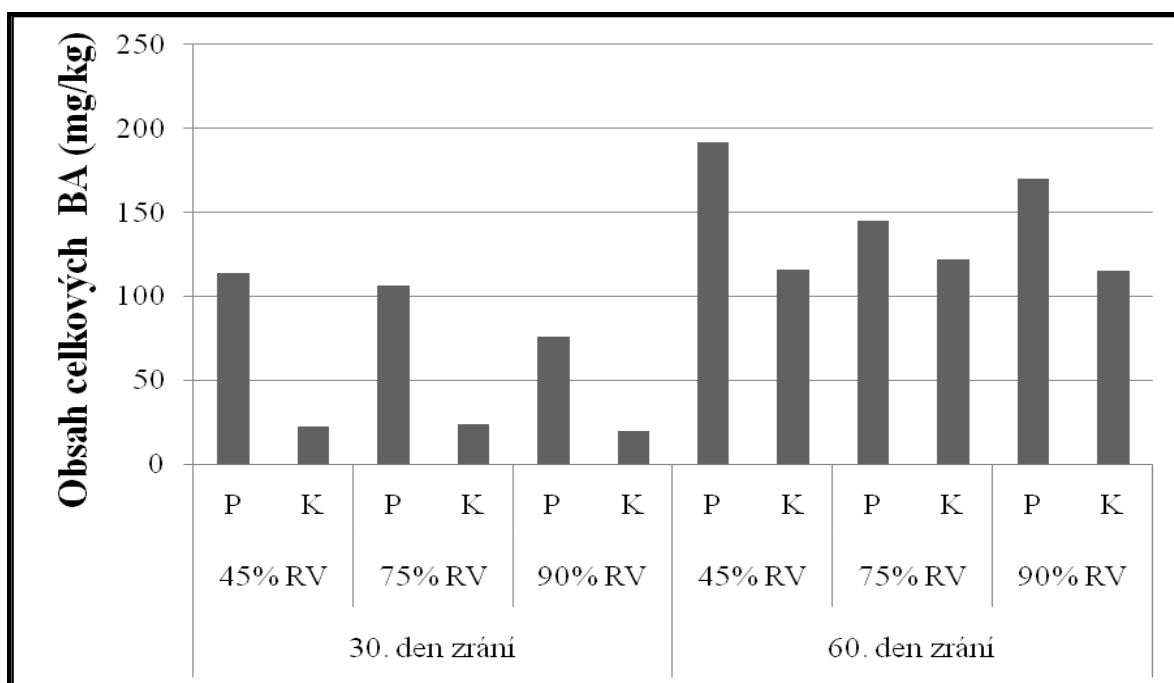
V průběhu zrání u všech vzorků byl naměřen stanovitelný obsah putrescinu a tyraminu. Nejvíce zastoupeným biogenním aminem byl po celou dobu pokusu tyramin. Nejvyšší množství tyraminu (186,6 mg/kg) a putrescinu (31,3 mg/kg) bylo u vzorku sýra po jednom měsíci zrání při 45 % relativní vlhkosti a byla na něj nanášena jedna vrstva polymerního nátěru. Po prvním měsíci zrání při 45 % relativní vlhkosti a s pěti vrstvami polymerního nátěru byl detekován spermidin (11,3 mg/kg). Tryptamin, histamin, fenylethylamin, kadaverin, spermin nebyly detekovány.



Obrázek 16: Obsah celkových biogenních aminů s jednou vrstvou polymerního nátěru v závislosti na relativní vlhkosti prostředí: P- vzorky s polymerním nátěrem, K- kontrolní vzorky ze smrštitelné fólie (n= 18)



Obrázek 17: Obsah celkových biogenních aminů se třemi vrstvami polymerního nátěru v závislosti na relativní vlhkosti prostředí: P- vzorky s polymerním nátěrem, K- kontrolní vzorky ze smršťitelné fólie (n= 18)



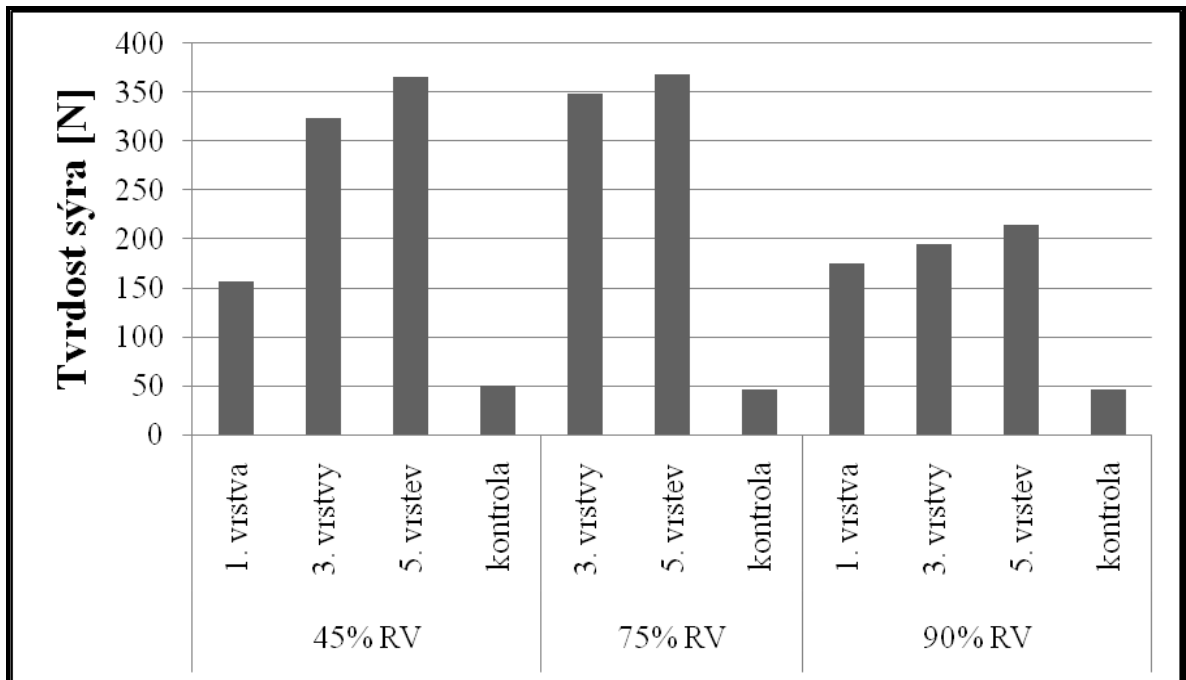
Obrázek 18: Obsah celkových biogenních aminů s pěti vrstvami polymerního nátěru v závislosti na relativní vlhkosti prostředí: P- vzorky s polymerním nátěrem, K- kontrolní vzorky ze smršťitelné fólie (n= 18)

Texturní profilová analýza

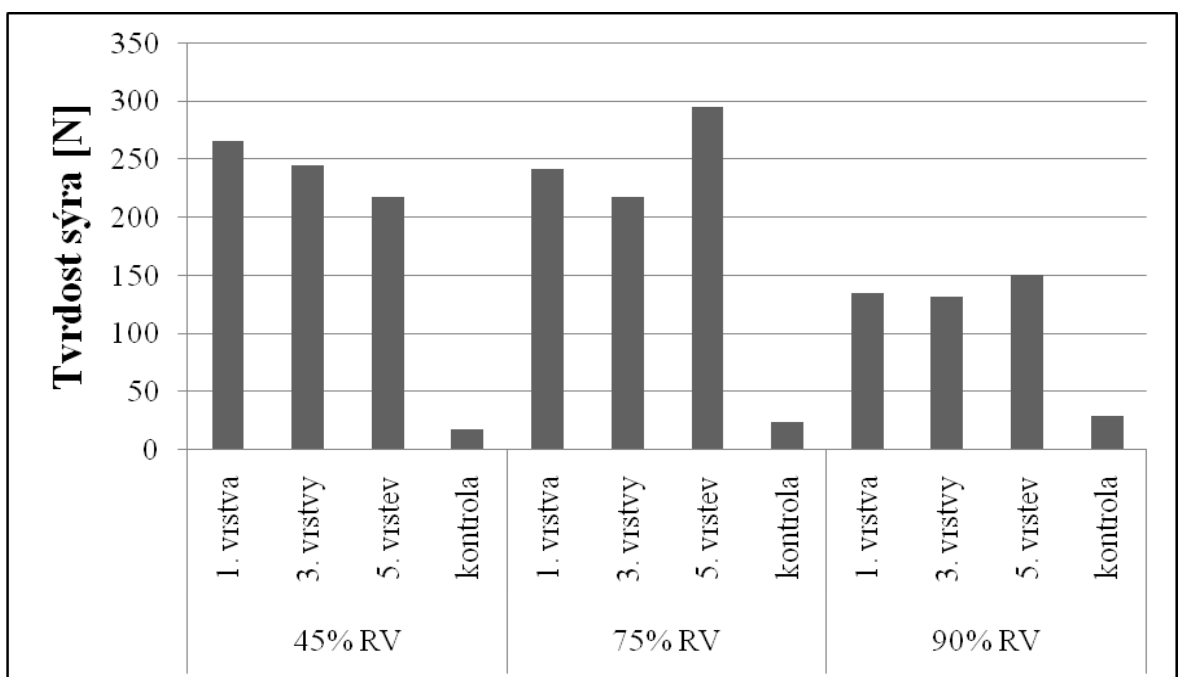
Pro hodnocení textury byl použit analyzátor textury TA.XT Plus (Stable Micro Systems, Velká Británie). Změny na řezu sýrů jsou vidět na fotodokumentaci v **PŘÍLOZE P2**.

Výsledky měření tvrdosti po jednom měsíci zrání popisuje **Obrázek 19**. Vzorky sýrů z šarže A při 75% relativní vlhkosti zrání s jednou, se třemi, s pěti vrstvami polymerního nátěru a vzorky sýrů z šarže B s jednou vrstvou polymerního nátěru při 45%, 75% i 90% relativní vlhkosti při zrání nejsou v **Obrázku 19** zaznamenány z důvodu tvrdosti vzorků, která přesáhla práh detekce přístroje při komprese o 25 % původní výšky. Tvrdost se po uplynutí jednoho měsíce zvyšovala s počtem vrstev polymerního nátěru u různých relativních vlhkostí při zrání. Výjimkou byl vzorek s jednou vrstvou polymerního nátěru, který zrál při 75 % relativní vlhkosti a překročil mez tvrdosti v měření. Nejvyšší tvrdost u polymerního nátěru se naměřila u 75 % relativní vlhkosti a nejnižší tvrdost při 90 % relativní vlhkosti. Smrštitelná fólie vykazovala po jednom měsíci zrání nižší tvrdost při vyšší relativní vlhkosti zrání. Bloky sýrů se smrštitelnou fólií vždy vykazovaly nižší tvrdost oproti polymerním nátěrům.

Po uplynutí dvou měsíců zrání se vzhledem k vyšší tvrdosti vzorků zvolila nižší komprese (10 % původní výšky) Z **Obrázku 20** vyplývá, že při 45 % relativní vlhkosti s jednou vrstvou polymerního nátěru byla zaznamenána nejvyšší tvrdost (266,5 N) a s pěti vrstvami nejnižší tvrdost (217,6 N). Tvrdost se tedy zmenšovala s větším počtem vrstev polymerního nátěru. Zrání při 75 % a 90 % relativní vlhkosti vykazovalo nejvyšší tvrdost s pěti vrstvami polymerního nátěru a nejnižší tvrdost se třemi vrstvami polymerního nátěru. Tyto rozdíly jsou pravděpodobně způsobeny danou relativní vlhkostí a dobou zrání, která v našem případě pro stanovení tvrdosti nebyla dostatečující. Se snižující se relativní vlhkostí při zrání se snižovala tvrdost u smrštitelné fólie.



Obrázek 19: Tvrdost sýra po jednom měsíci zrání (n= 15)



Obrázek 20: Tvrdost sýra po dvou měsících zrání (n= 21)

7.2 Diskuze

V průběhu zrání obsah vlhkosti klesal a zároveň se snižoval úbytek hmotnosti od původní hmotnosti bloků sýrů. Sýry se stávaly tvrdší s vyšším obsahem sušiny. S tímto tvrzením souhlasí FLOURY et al. (2009, s. 1611-1620). Bylo zpozorováno, že vnější vrstva sýra obsahuje nižší obsah vlhkosti než vnitřní vrstva sýra. Nižší obsah vlhkosti na vnějším povrchu sýra pravděpodobně nastal v důsledku povrchové interakce mezi sýrem a polopropustným obalovým materiálem. Jak již bylo uvedeno, vysoká vlhkost sýrů může vést ke tvorbě nežádoucích plísní, nízká relativní vlhkost k osychávání a olupování sýrů a ke vzniku silné kůrky. Požadované vlhkosti u jednotlivých sklepů a typů balení sýrů holandského typu jsou znázorněny v **Tabulce 1** (KNĚZ, OLŠANSKÝ, 1971, s. 152).

Po 30 dnech od výroby měly kontrolní vzorky nejnižší pH a nelišily se v závislosti na relativní vlhkosti. Naopak vzorky zrající pod nátěrem měly obecně vyšší hodnoty pH. Po 60 dnech zrání bylo vždy u 45% relativní vlhkosti pH kontrolního vzorku vyšší oproti nátěrům z polymerních hmot. Naopak u 75% a 90% relativní vlhkosti bylo nejvyšší pH u polymerního nátěru a nejnižší u kontrolního vzorku sýra. Během zrání sýrů bez ohledu na použitý obalový materiál docházelo k nárůstu hodnot pH, které bylo způsobeno snížením kyselosti vlivem odbourání kyseliny mléčné. Toto tvrzení potvrzuje McSWEENEY (2004, s. 127-130). Aktivní kyselost sýrů se v rámci různých sledovaných podmínek relativních vlhkostí významně nelišila.

Rozkladem bílkovin sýry získávají typickou chuť, barvu a konzistenci. Zvýšené množství volných aminokyselin zvyšuje dietetickou hodnotu a stravitelnost (KNĚZ, OLŠANSKÝ, 1971, s. 46). Volné aminokyseliny jsou významnými prekurzory senzoric-
ký významným látek. Množství volných aminokyselin závisí na hloubce zrání (BŘEZINA, HRABĚ, VALÁŠEK, 2006, s. 35). Hloubka zrání ovlivňuje složení sýrů, druhy mikroorganismů a klimatické podmínky (KNĚZ, OLŠANSKÝ, 1971, s. 46-47). Nejvyšší obsah celkových aminokyselin byl naměřen při 90 % relativní vlhkosti. PACHLOVÁ et al. (2012, s. 1846–1854) zaznamenali nejvyšší obsah volných aminokyselin ve středových částech a naopak nejnižší obsah volných aminokyselin byl po celou dobu zrání v okrajových částech. Den po výrobě bylo v sýru největší zastoupení prolinu a lysinu. Po dvou měsících zrání se vyskytovala nejvíce kyselina glutamová a leucin.

KOSIKOWSKY, DAHLBERG (1954, s. 167–172) poukazují na to, že převažujícími základními aminokyselinami v sýrech je kyselina glutamová, leucin a valin.

Biogenní aminy jsou pro organismus nepostradatelné, ale ve větších koncentracích toxické. Tvorba biogenních aminů závisí na obsahu peptidů a aminokyselin, na bakteriích schopných dekarboxylace, na aktivní kyselosti, na koncentraci solí, na aktivitě vody, na použité technologii, na době zrání a skladování, na množství mikroorganismů a přítomnosti kofaktorů jako pyridoxalfosfát (SUKOVÁ, 2006, s. 38-42). S klesající relativní vlhkostí prostředí roste obsah biogenních aminů. DIČÁKOVÁ, DUDRIKOVÁ (2006, s. 66-67), SOUKUPOVÁ (2013, s. 33-39) a ZÁLEŠÁKOVÁ (2011, s. 57) toto tvrzení potvrzují. Výjimkou byly vzorky s pěti vrstvami polymerního nátěru (**Obrázek 18**), které se analyzovaly dva měsíce od výroby. Nejvíce zastoupeným biogenním aminem byl po celou dobu pokusu tyramin. Tyramin v množství 10 až 80 mg může vyvolat toxický otok a nad 100 mg může způsobit migrénu. U pacientů užívající léky např. anti-depresiva, které inhibují monoaminoxidázu, může množství 10 až 25 mg způsobit vážné bolesti hlavy až vnitrolebeční krvácení (DIČÁKOVÁ, DUDRIKOVÁ, 2006, s. 66-67). Nejtoxičtější biogenní amin histamin nebyl v průběhu zrání detekován.

Při vyšší vlhkosti a nižšímu pH jsou sýry měkké a při nižší vlhkosti a vyššímu pH naopak. S tímto souhlasí GUNASEKARAN, AK (2003, s. 303-304) a FLOURY et al. (2009, s. 1611-1620). Tvrdost byla nejnižší u 90% relativní vlhkosti. Po jednom měsíci zrání se tvrdost sýrů zvyšovala s počtem vrstev. Po dvou měsících u 45% relativní vlhkosti se tvrdost snižovala s počtem vrstev polymerního nátěru. Během dvou měsíců zrání byla u 75% a 90% relativní vlhkosti naměřena nejvyšší tvrdost u pěti vrstev polymerního nátěru a nejnižší u třech vrstev polymerního nátěru. Prokazatelně se dalo říct, že tvrdost v závislosti na době zrání nejdříve roste a poté se snižuje. LAWRENCE, CREAMER, GILLES (1987, s. 1748-1760), PACHLOVÁ (2011, s. 64), PACHLOVÁ et al. (2012, s. 64) a PERNICKÁ (2012, s. 55-74) tyto poznatky potvrzují a zároveň vysvětlují, že to nastává v důsledku proteolýzy, při které dochází k oslabení kaseinové sítě vlivem zbytkového syřidla, plazminu a poté především enzymy zakysových a nezakysových bakterií mléčného kvašení. LAWRENCE, CREAMER, GILLES (1987, s. 1748-1760) poukazuje na to, že textura závisí také na teplotě skladování.

Vzhledem ke zjištěným skutečnostem bychom v průběhu zrání doporučili vyšší relativní vlhkost než nižší. V našem případě se prokázala nejučinnější relativní vlhkost

90%. Avšak při nadměrném zvýšení vlhkosti v sýru se zvyšuje náchylnost k znehodnocení (BERESFORD et al, 2001, s. 259-274). U sýrů zrajících pod polymerním nátěrem se při velmi vysoké relativní vlhkosti zvyšuje riziko nárůstu plísní, které jsou nežádoucí. Změna teploty vždy souvisí se změnou relativní vlhkosti (KNĚZ, OLŠANSKÝ, 1971, s. 148-155). Teploty a relativní vlhkost v průběhu zrání znázorňuje **PŘÍLOHA P3**.

Polymerní nátěr má oproti zrání ve fólii lepší senzorické vlastnosti. O. K. SERVIS BioPro, s. r. o. doporučuje zrání sýrů pod pěti vrstvami polymerního nátěru (O. K. SERVIS BioPro, s. r. o., 2014). Ing. Zdeněk Rozehnal z firmy O. K. SERVIS BioPro, s. r. o. ve svém emailu píše, že polymerní nátěr Plasticoat se může nanášet na sýry v jakémkoliv počtu nátěrů, nicméně 2- 3 plné nátěry neředěným Plasticoatem jsou minimální vrstva, která chrání povrch sýrů před mechanickými a mikrobiologickými vlivy vnějšího prostředí. V případě optimální vlhkosti sklepa a zrací doby do dvou až třech měsíců je tento počet dostačující. V případě suššího sklepa je potřebné dalšími nátěry zmenšit vysychání předchozích vrstev a zajistit tak snadnější „loupatelnost“ zaschlého nátěru. Toto je však nouzové řešení, klimatické poměry sklepa hlavně vlhkost je nutné dodržet, pokud někdo chce používat polymerní nátěry ve větší průmyslové míře. Další nátěry se aplikují především u dlouhozrajících sýrů. Natamycin v polymerním nátěru udržuje povrch sýrů lépe chráněný proti plísním. Ve finále po zrání, když jde sýr do chladírny (kde je nízká vlhkost), je ideální povrch chránit před vyschnutím tenkým převoskováním bezbarvým voskem nebo vakuováním do folie. Pokud polymerní nátěr přeschne v suchém prostředí, změní se v tvrdou krustu, která se špatně loupe. KADLEC, DOBIÁŠ (2002, s. 79-86) dodávají, že důležitými vlastnostmi u polymerních nátěrů pro polotvrdé sýry je nepropustnost pro permanentní plyny a aromatické látky a větší tepelná vodivost.

ZÁVĚR

Diplomová práce byla zaměřena na vliv vlhkosti prostředí na vlastnosti sýrů holandského typu.

Teoretická část se zabývala stručnou charakteristikou sýrů holandského typu a jejich výrobou. Pozornost byla věnována biochemickým procesům, které probíhají v průběhu zrání sýrů. Popisovala významné faktory ovlivňující vlastnosti sýrů. Charakterizovala obalové materiály, které se používají během zrání přírodních sýrů.

V praktické části byl založen zrací pokus sýrů holandského typu. Modelové bloky sýrů zrály pod nátěrovým obalem s jednou, třemi a pěti vrstvami polymerního nátěru a smrštitelnou fólií při různých relativních vlhkostech zrání. Zrací nádoby obsahovali solné roztoky, které pomohly udržet danou relativní vlhkost. Bloky sýrů se skladovaly ve zrací komoře při 14 ± 2 °C.

V průběhu zrání byly sledovány hmotnostní úbytky od původní hmotnosti v závislosti na teplotě, relativní vlhkosti a obalovém materiálu. Vlastnosti vzorků sýrů byly sledovány pomocí základní chemické analýzy (obsah vlhkost, pH), obsahu volných aminokyselin, obsahu biogenních aminů a texturní profilové analýzy.

Z výsledku experimentu vyplynulo, že různé relativní vlhkosti při zrání sýrů mají výrazný vliv na průběh změn při zrání sýrů.

Byly zjištěny následující výsledky:

- při vysoké relativní vlhkosti u polymerního nátěru byl úbytek hmotnosti k původní hmotnosti nejnižší
- s vysokou relativní vlhkostí se zvyšoval obsah vlhkosti sýrů a kontrolní vzorek měl v porovnání s polymerním nátěrem vyšší vlhkost (výjimku u těchto dvou zjištění tvořila 45 % relativní vlhkost u pěti vrstev polymerního nátěru po 30 dnech zrání)
- pH sýrů se v rámci různých sledovaných podmínek relativních vlhkostí u polymerních nátěrů významně nelišila, u kontrolního vzorku bylo pH menší než u polymerního nátěru s výjimkou 45 % relativní vlhkosti po 2 měsících a 90 % relativní vlhkosti po 1 měsíci zrání s pěti vrstvami polymerního nátěru

- při vysoké relativní vlhkosti byl naměřen nejvyšší obsah celkových aminokyselin u polymerního nátěru a kontrolní vzorek měl nejvyšší hodnotu při nejnižší relativní vlhkosti
- při vysoké relativní vlhkosti klesal obsah biogenních aminů u polymerního nátěru, kontrolní vzorek měl oproti polymernímu nátěru nižší obsah biogenních aminů
- při vysoké relativní vlhkosti byla nejmenší tvrdost bloků sýrů u polymerního nátěru, kontrolní vzorek sýra měl vždy menší tvrdost oproti polymernímu nátěru

Závěrem diplomové práce lze konstatovat, že ke zjištěným hodnotám z analýz bychom v průběhu zrání doporučili u polymerního nátěru vyšší relativní vlhkost než nižší. V našem případě se prokázala nejúčinnější relativní vlhkost 90 %.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] ANDĚL, M., J. DOSTÁLOVÁ, P. DLOUHÝ a J. DRBOHLAV. Sýry a tvarohy ve výživě. Praha: Potravinářská komora České republiky, 2012, Publikace České technologické platformy pro potraviny. ISBN 978–80–905096–2–7.
- [2] ANONYM 1. Novinky v balení sýrů. Svět balení [online], 2012, 11-12 [cit. 2014-04-04]. ISSN 1212–7809. Dostupné z: <http://www.svetbaleni.cz/novinky-v-baleni-syru/>.
- [3] ANONYM 2. Sýry doma- 7. zrání [online], 2013 [cit. 2014-04-12]. Dostupné z: <http://conovehonakopci.cz/?p=6928>.
- [4] BARLOW, C. Y., D. C. MORGAN. Polymer film packaging for food: An environmental assessment. Resources, Conservation and Recycling [online]. 2013, vol. 78 [cit. 2014-04-05]. ISSN 0921–3449. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921344913001432>.
- [5] BERESFORD, T. P., N. A. FITZSIMONS, N. L. BRENNAN, T. M. COGAN. Recent advances in cheese microbiology. International Dairy Journal [online]. 2001, vol. 11, 4-7 [cit. 2014-04-10]. ISSN 0958-6946. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0958694601000565>.
- [6] BŘEZINA, P., J. HRABĚ, P. VALÁŠEK. Technologie výroby potravin živočišného původu: bakalářský směr. Vyd. 1. Zlín: Univerzita Tomáše Bati, 2006. ISBN 80–7318–405–2.
- [7] BUŇKA, F., V. PACHLOVÁ, L. BUŇKOVÁ, E. WEISEROVÁ. Je každý kousek sýra stejný? Potravinářská revue, 2011, 1. ISSN 1801–9102.
- [8] CALLEC, Ch. [z originálu přeložila P. MARTÍNKOVÁ]. Encyklopedie sýrů. 1. vyd. Dobřejovice, 2002. ISBN 80–7234–225–8.
- [9] ČEJNA, V. Nové aplikační možnosti a trendy při balení sýrů a jiných mléčných výrobků. Mlékařské listy. 2012, 134. ISSN 1212–950X.
- [10] ČURDA, L., P. KADLEC, K. MELZUCH, M. VOLDŘICH, M. PLOCKOVÁ, J. ŠTĚTINA. Co byste měli vědět o výrobě potravin?: technologie potravin. Vyd. 1.

- Ostrava: Key Publishing, 2009. Monografie (Key Publishing). ISBN 978–80–7418–051–4.
- [11] ČSN EN ISO 5534, v platném znění. Sýry a tavené sýry- Stanovení obsahu celkové sušiny (Referenční metoda).
- [12] DIČÁKOVÁ, Z., E. DUDRIKOVÁ, Rizikové faktory potravinového řetězce: Biogénne aminy ako chemické nebezpečenstvo. Nitra: Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, 2006, ISBN 80–8069–760–4.
- [13] DOBIÁŠ, J., M. RETKOVÁ. Obal má splňovat tři základní funkce [online] [cit. 2014-04-01]. Dostupné z: http://www.rozhlas.cz/poradnapraha/poradna/_zprava/obal-ma-splnovat-tri-zakladni-funkce--1159249.
- [14] DOBIÁŠ, J., A. SMEJTKOVÁ. Obaly a obalová technika. Vyd. 1. Praha: Česká zemědělská univerzita, 2004. ISBN 80–213–1315–3.
- [15] DOLÁKOVÁ, J., J. DOSTÁLOVÁ, P. KUTHANOVÁ, K. MÍKOVÁ, J. MRÁZEK, A. NEHYBA, J. ŠTĚTINA, F. ŠVANDA, V. VÁLKOVÁ. U sýrů je problém hlavně se značením. Svět potravin, 2013, 5. ISSN 1803–5140.
- [16] DRDÁK, M., J. STUDNICKÝ, E. MÓROVÁ, J. KAROVIČOVÁ. Základy potravinárskych technológií spracovania rastlinných a živočíšnych surovín, cereálne a fermentačné technológie uchovávanie, hygiena a ekológia potravín. 1. vyd. Bratislava: Malé Centrum, 1996. ISBN 80–967–0641–1.
- [17] EARLY, R., T. G. ANDREASEN, J. M. BANKS, P. A. E. CANT, E. S. CHRISTENSEN, D. ILLINGWORTH, D. I. JERVIS, R. LANE, E. W. LANGRIDGE, A. K. H. MACGIBBON, D. D. MUIR, D. S. MUNRO, P. NEAVES. The technology of dairy products [online]. 2. ed. London [u.a.]: Acad. Professional, 1998 [cit. 2014-03-30]. ISBN 0–7514–0344–X. Dostupné z: <http://books.google.cz/books?id=BuR28YS4SMC&printsec=frontcover&dq=technology+milk&hl=cs&sa=X&ei=P7UuU5THAtCv4QSMxYCwCg&ved=0CFoQ6AEwBA#v=onepage&q=technology%20milk&f=false>.
- [18] FLOURY, J., B. CAMIERA, F. ROUSSEAU, CH. LOPEZA, J.- P. TISSIER, M.- H. FAMELART. Reducing salt level in food: Part 1. Factors affecting the

- manufacture of model cheese systems and their structure-texture relationships. *LWT – Food Science and Technology* [online]. 2009, vol. 42, 10 [cit. 2014-03-30]. ISSN (net) 1096–1127. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0023643809001583>.
- [19] FOX, P. F. Proteolysis During Cheese Manufacture and Ripening. *Journal of Dairy Science* [online], 1989, roč. 72, č. 6 [cit. 2014-03-29]. Dostupné z: [http://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(89\)79246-8/abstract](http://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(89)79246-8/abstract).
- [20] FOX, P. F., J. A. LUCEY, T. M. COGAN. *CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition* [online], 1990, roč. 29, č. 4 [cit. 2014-04-10]. ISSN 1040–8398 Dostupné z: <http://www.cabdirect.org/abstracts/19910443602.html;jsessionid=6E215C780BB8617DD17C91E4A6D86615>.
- [21] FOX, P. F., P. L. H. MCSWEENEY, T. M. COGAN a T. P. GUINEE. *Fundamentals of cheese science* [online]. Gaithersburg, MD: Aspen Pub., 2000. [cit. 2014-03-29]. ISBN 0–8342–1260–9. Dostupné z: <http://www.scribd.com/doc/64526123/Cheese-Science>.
- [22] FOX, P. F., P. L. H. McSWEENEY, T. M. COGAN, T. P. GUINEE. *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology*. [online]. 3rd ed. Amsterdam: Elsevier, 2004, [cit. 2014-03-29]. ISBN 0–1226–3652–X1. Dostupné z: http://www.google.cz/books?hl=cs&lr=&id=a95C5Nza5_EC&oi=fnd&pg=PP2dq=Chemistry,+Physiscs+and+Microbiology+Volume+1+General+Aspects&ots=g0zgOhbMC&sig=wK0LkXzHHQm8gOtJYNIIf3oGXa1k&redir_esc=y#v=onepae&q=Chemistry%2C%20Physiscs%20and%20Microbiology%20Volume%201%20General%20Aspects&f=false.
- [23] FRIEDRICH, F., M. TEPLÝ. *Syřidla, barvy a vosky v mlékárenském průmyslu*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1957.
- [24] GUNASEKARAN, S. a M. M. AK. *Cheese Rheology and Texture*. Boca Raton, FL: CRC Press, c2003. ISBN 1–58716–021–8.

- [25] HRABĚ, J., F. BUŇKA, I. HOZA, P. BŘEZINA. Technologie výroby potravin živočišného původu pro kombinované studium. Vyd. 1. Zlín: Univerzita Tomáše Bati, 2008. ISBN 978-80-7318-521-3.
- [26] HUI, Y. H., L. MEUNIER- GODDIK, A. S. HANSEN, J. JOSEPHSEN, W.- K. NIP, P. S. STANFIELD, F. TOLDRÁ. Handbook of food and beverage fermentation technology [online]. New York: Marcel Dekker, c2004 [cit. 2014-04-02]. Food science and technology (Marcel Dekker, Inc.), 134. ISBN 0-8247- 4780-1. Dostupné z: http://www.google.cz/books?hl=cs&lr=&id=uV2Oi0g_TB4C&oi=fnd&pg=PR3&dq=handbook+of+food+and+beverage+fermentation+technology&ots=dedCwcCiiw&sig=4ZHmwAMpZ2p9AsYHJJdQL53Is&redir_esc=y#v=onepage&q=handbook%20of%20food%20and%20beverage%20fermentation%20technology&f=false.
- [27] IBURG, A. Lexikon sýrů: výroba, původ, druhy, chuť. 1. vyd. Dobřejovice: Rebo, 2004. ISBN 80-723-4379-3.
- [28] IVARSON INC, © 2011. Paramelt Cheese Wax. Wax and Cheese Moulds [online]. [cit. 2014-04-04]. Dostupné z: <http://www.ivarsoninc.com/paramelt.php>.
- [29] JANŠTOVÁ, B., L. VORLOVÁ, P. NAVRÁTILOVÁ, M. KRÁLOVÁ, L. NECIDOVÁ, E. MAŘICOVÁ. Technologie mléka a mléčných výrobků. Vyd. 1, Brno: Veterinární a farmaceutická univerzita Brno, 2012. ISBN 978-80-7305-637-7.
- [30] KÁČEŇÁK, I. Základy balenia tovaru. Vyd. 1, Bratislava: Vydavateľstvo EKONÓM, 2007. ISBN 978-80-225-2429-2.
- [31] KADLEC, P., J. DOBIÁŠ. Technologie potravin I. 1. vyd. Praha: VŠCHT, 2008. ISBN 80-7080-509-9.
- [32] KADLEC, P., K. MELZUCH, M. VOLDŘICH. Procesy a zařízení v potravinářství a biotechnologiích. Vyd. 1. Ostrava: Key Publishing, 2013. Monografie (Key Publishing). ISBN 978-80-7418-163-4.
- [33] KNĚZ, V., OLŠANSKÝ, Č. Výroba tvrdých sýrů eidamského a ementálského typu. Vyd. 1. Praha: Středisko technických informací potravinářského průmyslu,

1971.

- [34] KOPÁČEK, J. Výlet za holandskými sýry... Mlékařské listy. 2008, 110. ISSN 1212–950X.
- [35] KOPÁČEK, J. Vady sýrů a faktory, které je ovlivňují. Potravinářská revue. 2011, 3. ISSN 1212–950X.
- [36] KOPÁČEK, J., L. LIKLER. Zbožiznalství. EIDAM- známý sýr s nesprávným názvem? Mlékařské listy. 2006, 96. ISSN 1212–950X.
- [37] KOPÁČEK, J., O. OBERMAIER. Jak vhodně komunikovat na téma sýr? (2. část). Mlékařské listy. 2005, 92. ISSN 1212–950X.
- [38] KOPÁČEK, J., OBERMAIER, O. Vápník- důvod proč pít mléko- 1. část. Svět potravin [online]. 2009 [cit. 2014-03-30]. ISSN 1803–5140. Dostupné z: <http://www.svet-potravin.cz/clanek.aspx?id=1701>.
- [39] KOSIKOWSKY, F. V., A. C. DAHLBERG. A Quantitative Appraisal of the Free Amino Acids in Foreign Type Cheese. Journal of Dairy Science [online]. 1954, vol. 37, 2 [cit. 2014-04-25]. ISSN: ISSN: 0022–0302. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030254702400>.
- [40] LAW, B. A. Controlled and accelerated cheese ripening: the research base for new technology. International Dairy Journal [online]. 2001, vol. 11, 4-7 [cit. 2014-04-20]. ISSN: 0958–6946. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S095869460100067X>.
- [41] LAW, B. A., A. Y. TAMIME, F. BERTHIER, W. BOCKELMANN, M. W. BØRSTING, E. BROCKMANN, M. L. BROE, V. GAGNAIRE, T. P. GUINEE, M. HARBOE, A. J. HILLIER, E. HØIER, T. JANHØJ, T. JANZEN, E. JOHANSEN, M. JOHNSON, J. R. KERJEAN, P. S. KINDSTEDT, C. KLUGE, C. LOPEZ, J. J. MAYES, D. D. MUIR, P. NEAVES, Y. NOËL, B. O'BRIEN, D. J. O'CALLAGHAN, K. B. QVIST, F. RATTRAY, H. ROHM, Y. SCHNEIDER, K. SØRENSEN, A. THIERRY, U. WEIB, A. P. WILLIAMS. Technology of cheese making. 2nd ed. Malden, MA: Blackwell, 2010. ISBN 978–140–5182–980.

- [42] LAWRENCE, R. C., L. K. CREAMER, J. GILLES. Texture Development During Cheese Ripening. *Journal of Dairy Science* [online]. 1987, vol. 70, 8 [cit. 2014-04-22]. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(87)80207-2. Dostupné z: [http://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(87\)80207-2/abstract](http://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(87)80207-2/abstract).
- [43] Manuli Stretch Česká republika, s. r. o. Teplem smrštiteľná fólie [online]. [cit. 2014-04-04]. Dostupné z: <http://www.manulistretch.cz/obalovy-material/tepelne-smrstitelna-folie/teplem-smrstitelna-folie>.
- [44] MCSWEENEY, P. L. H. Biochemistry of cheese ripening. *International Journal of Dairy Technology* [online]. 2004, vol. 57, 2-3 [cit. 2014-04-03]. DOI: 10.1111/j.1471-0307.2004.00147.x. Dostupné z: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1471-0307.2004.00147.x/abstract>.
- [45] McSWEENEY, P.L.H. Cheese problems solved [online]. Cambridge: Woodhead Pub, 2007 [cit. 2014-04-03]. ISBN 978-184-5693-534. Dostupné z: http://www.google.cz/books?hl=cs&lr=&id=gKijAgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=What+factors+affect+salt+uptake+in+cheese+curd%3F&ots=5ShvDfdZFO&sig=3SpkrU1YvKLfoYqmBpJRaMwR5I&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false.
- [46] McSWEENEY, P.L.H. [z originálu přeložil F. BUŇKA]. Zrání přírodních sýrů. *Potravinářská revue*, 2014, 1. ISSN 1801-9102.
- [47] McSWEENEY, P. L. H., SOUSA, M. J. Biochemical pathways for the production of flavour compounds in cheeses during ripening: A review. *INRA* [online]. 2000, vol. 80, 3 [cit. 2014-04-03]. DOI: 10.1051/lait: 2000127. Dostupné z: <http://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00895408/>.
- [48] MIRVISH, S. S. Nitrate Contamination. The Significance for Human Health of Nitrate, Nitrite and N-Nitroso Compounds [online]. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 1991 [cit. 2014-04-03]. ISBN (net) 978-3-642-76040-2. Dostupné z: http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-76040-2_18.
- [49] Nařízení 1333/ 2008: Nařízení evropského parlamentu a rady (ES) č. 1333/ 2008 o potravinářských přídatných látkách, v platném znění [online]. [cit. 2014-03-30]. Dostupné z: http://web.vscht.cz/~kocourev/files/Reg_1333-2008- aditiva.pdf.

- [50] O. K. SERVIS BioPro, s. r. o. Mlékárenský průmysl [online]. [cit. 2014-04-04]. Dostupné z: <http://www.biopro.cz/Ingredience/Mlekarensky-prumysl/>.
- [51] PACHLOVÁ, V. Distribuce vybraných složek v přírodním sýru v průběhu jeho zrání. Zlín, 2011. Disertační práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Technologická fakulta. Vedoucí disertační práce František Buňka.
- [52] PACHLOVÁ, V., F. BUŇKA, R. FLASAROVÁ, P. VÁLKOVÁ, L. BUŇKOVÁ. The effect of elevated temperature on ripening of Dutch type cheese. Food Chemistry [online]. 2012, vol. 132, 4 [cit. 2014-04-11]. ISSN 0308–8146. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814611017729>.
- [53] PAVLŮ, M., P. MAREK. Materiály v technice- plasty [online] 2010 [cit. 2014-04-11]. Dostupné z: [http://www.gykas.cz/projekt/nove/pracovni_sesity/Technologie _plastu. pdf](http://www.gykas.cz/projekt/nove/pracovni_sesity/Technologie_plastu.pdf).
- [54] PERNICKÁ, L. Aplikace stres- testu v analýze textury u sýrů eidamského typu. Zlín, 2012. Diplomová práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Technologická fakulta. Vedoucí diplomové práce František Buňka.
- [55] RIDGWAYOVÁ, J. Sýry: průvodce světem sýrů. 2. vyd. Praha: Fortuna Print, 2004, ISBN 80–732–1108–4.
- [56] SHERMAN, J. M., C. N. STARK, P. STARK. An Unappreciated but Important Factor in the Pasteurization of Milk. Journal of Dairy Science [online]. 1929, vol. 12, 5 [cit. 2014-04-03]. DOI: 10.3168/jds.S0022–0302 (29) 93588-8. Dostupné z: [http://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(29\)93588-8/abstract](http://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(29)93588-8/abstract).
- [57] SMETANA, P., J. MRÁZEK, J. HLAVÁČEK, E. SAMKOVÁ, M. POSPÍŠIL, R. ROZSYPAL, P. TRÁVNÍČEK. Faremní zpracování mléka v ekologickém zemědělství: kvalita mléka, hygienické požadavky na jeho zpracování, přímý prodej mléka: zásady ekologického chovu skotu, ovcí a koz. Olomouc, 2009. Metodika pro praxi (Bioinstitut). ISBN 978–80–904174–5–8.
- [58] SOUKUPOVÁ, K. Vliv post- zrání přírodního sýra na obsah biogenních aminů. Zlín, 2013. Bakalářská práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Technologická fakulta. Vedoucí bakalářské práce Vendula Pachlová.

- [59] STEINKA, I., M. MORAWSKA, M. RUTKOWSKA, A. KUKUŁOWICZ. The influence of biological factors on properties of some traditional and new polymers used for fermented food packaging. *Journal of Food Engineering* [online]. 2006, vol. 77, 4 [cit. 2014-04-03]. ISSN: 0260-8774. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0260877405005534>.
- [60] STRATIL, P., KUBÁŇ, V. Exogenní karcinogeny v potravinách a karcinogeny vznikající při jejich technologickém zpracování. *Chemické listy* [online], 2005, roč. 99, 1 [cit. 2014-04-03]. ISSN (net) 1213-7103. Dostupné z: http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2005_01_3-12.pdf.
- [61] SUKOVÁ, I. Třídění a charakteristika přírodních sýrů. *Mliekarstvo*, 2003, roč. 34, č. 3 [cit. 2014-03-29]. Dostupné z: <http://www.agronavigator.cz/default.asp?ch=13&typ=1&val=22230%20&ids=421>.
- [62] SUKOVÁ, I. Biogenní aminy v mléčných výrobcích. *Mliekarstvo*, 2006, roč. 37, č. 2 [cit. 2014-04-25]. Dostupné z: <http://www.agronavigator.cz/default.asp?ids=149&ch=13&typ=1&val=50116>.
- [63] SUKOVÁ, I. Vliv syřidla na výtěžnost a senzoričnou kvalitu sýrů. *European Dairy Magazine*, 2009, roč. 21, č. 7 [cit. 2014-03-30]. Dostupné z: <http://www.agronavigator.cz/default.asp?typ=1&val=98407>.
- [64] ŠPUNAROVÁ, M. Hmotnostní ztráty sýrů holandského typu během zrání. Zlín, 2012. Bakalářská práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Technologická fakulta. Vedoucí bakalářské práce František Buňka.
- [65] Vyhláška č. 77/ 2003. Vyhláška, kterou se stanoví požadavky pro mléko a mléčné výrobky, mražené krémy a jedlé tuky a oleje, v platném znění [online]. [cit. 2013-12-26]. Dostupné z: <http://www.szpi.gov.cz/docDetail.aspx?docid=1006126&nid=11816&hl=77/2003>.
- [66] WALSTRA, P., A. NOOMEN, T. J. GEURTS. *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology Volume 2 Major Cheese Groups. Second Edition.* Boston, MA: Springer US, 1993. ISBN 978-1-4615-2648-3. Dostupné z: http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4615-2648-3_2#page-1.

- [67] ZADRAŽIL, K. Mlékařství: (přednášky). Vyd. 1. Praha: ISV, 2002. Živočišná výroba (Česká zemědělská univerzita). ISBN 80–866–4215–1.
- [68] Zákon č. 110/ 1997 Sb. o potravinách a tabákových výrobcích a o změně a doplnění některých souvisejících zákonů, v platném znění [online]. [cit. 2014-04-04]. Dostupné z: <http://www.szpi.gov.cz/docDetail.aspx?docid=1006039&docType=ART&nid=11307>.
- [69] Zákon č. 477/ 2001 Sb. o obalech a o změně některých zákonů, v platném znění [online]. [cit. 2014-04-04]. Dostupné z: [http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/legislativa_prilohy/\\$FILE/OODP-ZAK477_01_UPZN-20120904.pdf](http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/legislativa_prilohy/$FILE/OODP-ZAK477_01_UPZN-20120904.pdf).
- [70] ZÁLEŠÁKOVÁ, L. Monitoring biogenních aminů ve vybraných fermentovaných potravinách živočišného původu. Zlín, 2011. Diplomová práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Technologická fakulta. Vedoucí diplomové práce František Buňka.
- [71] ŽIŽKOVÁ, J. Balení do teplem smrštitelných fólií. Svět balení [online], 2013, 7-8 [cit. 2014-04-03]. ISSN 1212–7809. Dostupné z: <http://www.svetbaleni.cz/hlinikova-folie-pro-potraviny/>.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

AMK	Aminokyselina
K	Kontrolní vzorek zrající ve smrštitelné fólii
LAB	Zákysové bakterie mléčného kvašení.
LDPE	Vysokotlaký polyethylen
NSLAB	Nezákysové bakterie mléčného kvašení
P	Plasticoat
PP	Polypropylen.
PVC	Polyvinylchlorid.
RV	Relativní vlhkost.

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Metabolismus laktátu během zrání sýrů: 1- racemizace (u většiny sýrů na konci zrání), 2- metabolismus <i>Propionibacterium sp.</i> (jen u švýcarských sýrů), 3- oxidace (způsobuje zvýšení pH a změny textury), 4, 5- anaerobní metabolismus (FOX et al., 2004, s. 361-371; McSWEENEY, 2004, s. 128; FOX, LUCEY, COGAN, 1990, s. 237-253).....	22
Obrázek 2: Proteolýza sýrů (JANŠTOVÁ et al., 2012, s. 88).....	25
Obrázek 3: Přímé a nepřímé faktory ovlivňující zrání sýrů (FOX et al., 2000, s. 342).....	27
Obrázek 4: Analyzátor textury TA.XT Plus (Stable Micro Systems, Velká Británie).....	51
Obrázek 5: Průběh křivky TPA v závislosti na síle a času (1 vrchol křivky označuje tvrdost).....	52
Obrázek 6: Úbytky hmotnosti v průběhu zrání sýrů s jednou vrstvou polymerního nátěru (n= 36).....	54
Obrázek 7: Úbytky hmotnosti v průběhu zrání sýrů se třemi vrstvami polymerního nátěru (n= 36).....	54
Obrázek 8: Úbytky hmotnosti v průběhu zrání sýrů s pěti vrstvami polymerního nátěru (n= 36).....	55
Obrázek 9: Obsah vlhkosti v průběhu zrání sýrů s jednou vrstvou polymerního nátěru v závislosti na relativní vlhkosti prostředí: P- vzorky s polymerním nátěrem, K- kontrolní vzorky ze smrštitelné fólie (n= 18).....	56
Obrázek 10: Obsah vlhkosti v průběhu zrání sýrů se třemi vrstvami polymerního nátěru v závislosti na relativní vlhkosti prostředí: P- vzorky s polymerním nátěrem, K- kontrolní vzorky ze smrštitelné fólie (n= 18).....	57

- Obrázek 11:** Obsah vlhkosti v průběhu zrání sýrů s pěti vrstvami polymerního nátěru v závislosti na relativní vlhkosti prostředí: P- vzorky s polymerním nátěrem, K- kontrolní vzorky ze smrštitelné fólie (n= 18).....57
- Obrázek 12:** Hodnota pH v průběhu zrání sýrů s jednou vrstvou polymerního nátěru v závislosti na relativní vlhkosti prostředí: P- vzorky s polymerním nátěrem, K- kontrolní vzorky ze smrštitelné fólie (n= 18).....59
- Obrázek 13:** Hodnota pH v průběhu zrání sýrů se třemi vrstvami polymerního nátěru v závislosti na relativní vlhkosti prostředí: P- vzorky s polymerním nátěrem, K- kontrolní vzorky ze smrštitelné fólie (n= 18).....59
- Obrázek 14:** Hodnota pH v průběhu zrání sýrů s pěti vrstvami polymerního nátěru v závislosti na relativní vlhkosti prostředí: P- vzorky s polymerním nátěrem, K- kontrolní vzorky ze smrštitelné fólie (n= 18).....60
- Obrázek 15:** Obsah celkových volných aminokyselin po dvou měsících zrání (n= 12).....61
- Obrázek 16:** Obsah celkových biogenních aminů s jednou vrstvou polymerního nátěru v závislosti na relativní vlhkosti prostředí: P- vzorky s polymerním nátěrem, K- kontrolní vzorky ze smrštitelné fólie (n= 18).....62
- Obrázek 17:** Obsah celkových biogenních aminů se třemi vrstvami polymerního nátěru v závislosti na relativní vlhkosti prostředí: P- vzorky s polymerním nátěrem, K- kontrolní vzorky ze smrštitelné fólie (n= 18).....63
- Obrázek 18:** Obsah celkových biogenních aminů s pěti vrstvami polymerního nátěru v závislosti na relativní vlhkosti prostředí: P- vzorky s polymerním nátěrem, K- kontrolní vzorky ze smrštitelné fólie (n= 18).....63
- Obrázek 19:** Tvrdost sýra po jednom měsíci zrání (n= 15).....65
- Obrázek 20:** Tvrdost sýra po dvou měsících zrání (n= 21).....65

Obrázek P2 A: Sýr zrající pod smrštiteľnou fólií 60 dní při 45% RV

Obrázek P2 B: Sýr zrající pod smrštiteľnou fólií 60 dní při 75% RV

Obrázek P2 C: Sýr zrající pod smrštiteľnou fólií 60 dní při 90% RV

Obrázek P2 D: Sýr zrající v jedné vrstvě polymerního nátěru 60 dní při 45% RV

Obrázek P2 E: Sýr zrající v jedné vrstvě polymerního nátěru 60 dní při 75% RV

Obrázek P2 F: Sýr zrající v jedné vrstvě polymerního nátěru 60 dní při 90% RV

Obrázek P2 G: Sýr zrající ve třech vrstvách polymerního nátěru 60 dní při 45% RV

Obrázek P2 H: Sýr zrající ve třech vrstvách polymerního nátěru 60 dní při 75% RV

Obrázek P2 CH: Sýr zrající ve třech vrstvách polymerního nátěru 60 dní při 90% RV

Obrázek P2 I: Sýr zrající v pěti vrstvách polymerního nátěru 60 dní při 45% RV

Obrázek P2 J: Sýr zrající v pěti vrstvách polymerního nátěru 60 dní při 75% RV

Obrázek P2 K: Sýr zrající v pěti vrstvách polymerního nátěru 60 dní při 90% RV

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Požadované podmínky pro zrání sýrů holandského typu (KNĚŽ, OLŠANSKÝ, 1971, s. 152).....	29
Tabulka 2: Relativní vlhkost v komorách za použití nasycených solných roztoků.....	46
Tabulka 3: Tloušťka vrstev polymerního nátěru sýrů skladovaných při různé relativní vlhkosti.....	46
Tabulce 4: Gradient eluce (vlnová délka 254nm, t = 30 °C, průtok 0,45 ml/ min., kolona Agilent Eclipse Plus C18 RRHD o rozměrech 3 x 50 mm.....	50
Tabulka 5: Standardy biogenních aminů a jejich zkratky.....	50

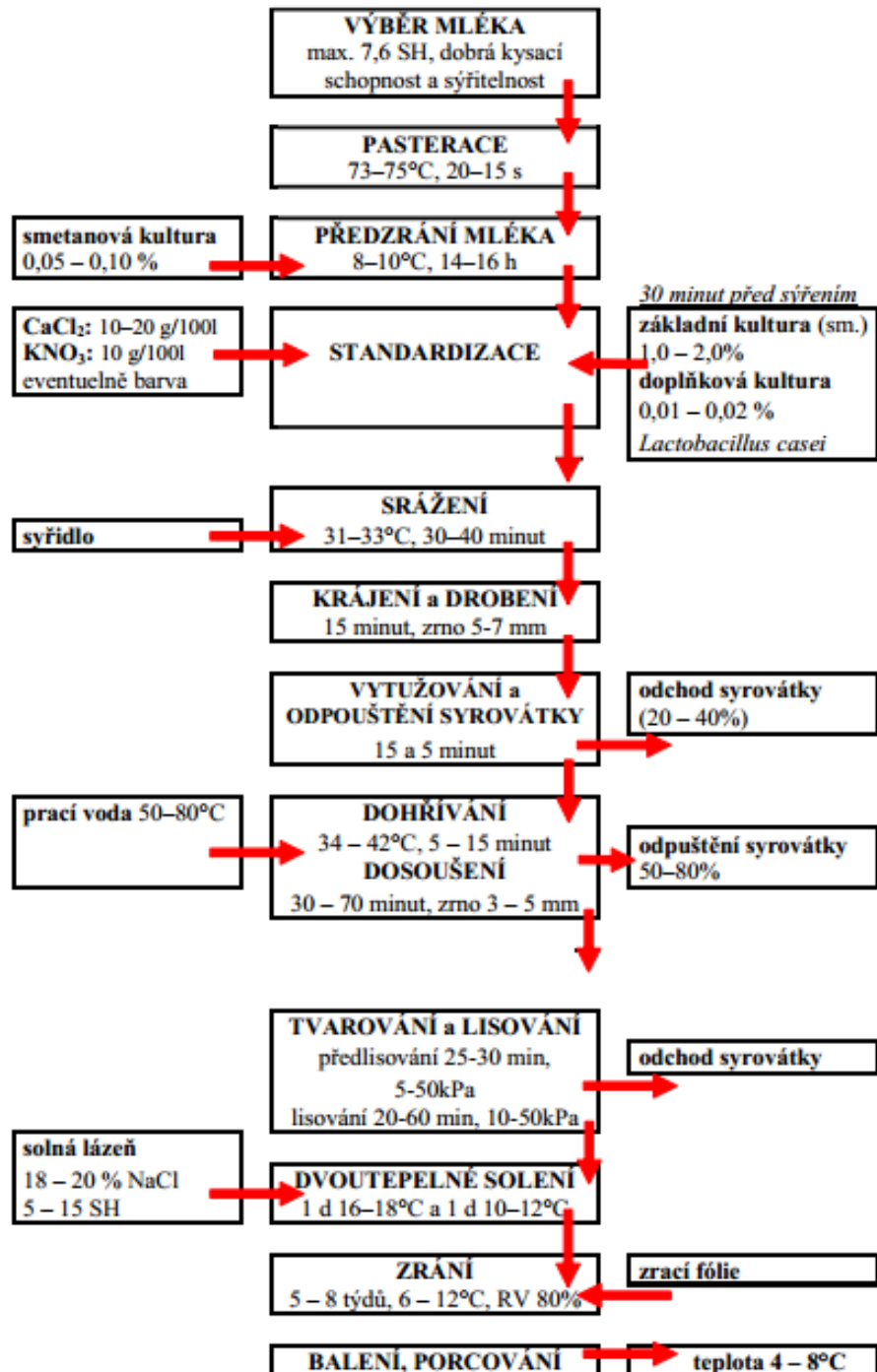
SEZNAM PŘÍLOH

Příloha P1: Schéma výroby sýrů holandského typu

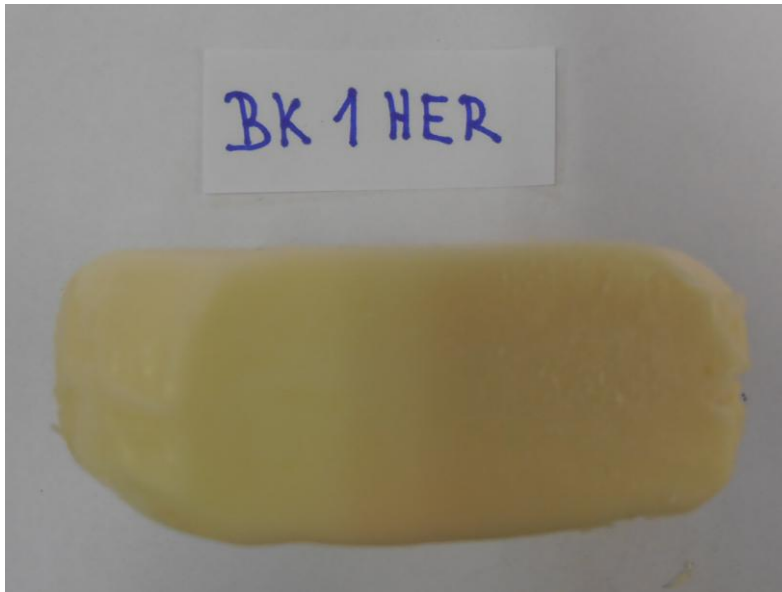
Příloha P2: Fotografie vzorků sýrů v průběhu zrání

Příloha P3: Teplota a relativní vlhkost v průběhu zrání vzorků sýrů

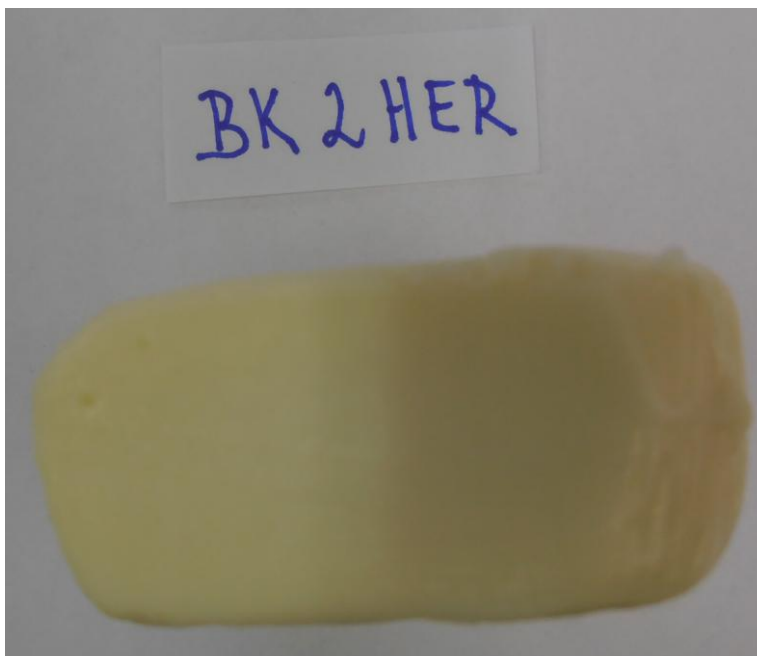
PŘÍLOHA P1: SCHÉMA VÝROBY SÝRŮ HOLANDSKÉHO TYPU



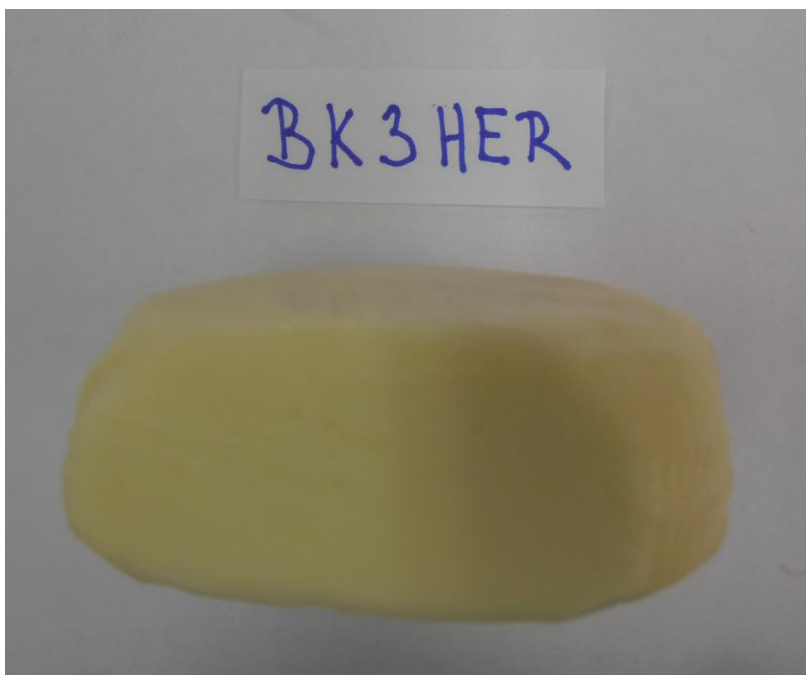
**PŘÍLOHA P2: FOTOGRAFIE VZORKŮ SÝRŮ
V PRŮBĚHU ZRÁNÍ**



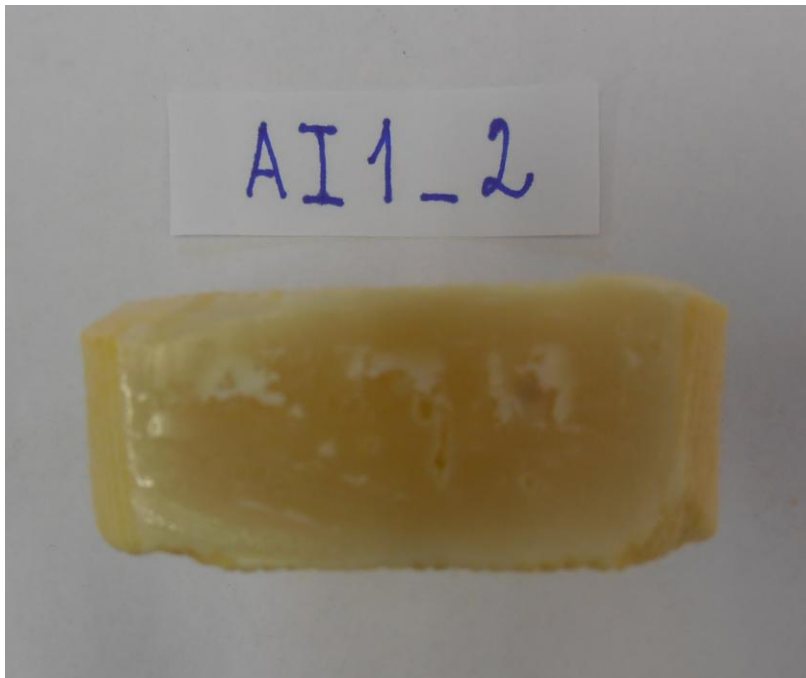
Obrázek P2 A: Sýr zrající pod smrštiteľnou fólií 60 dní při 45% RV



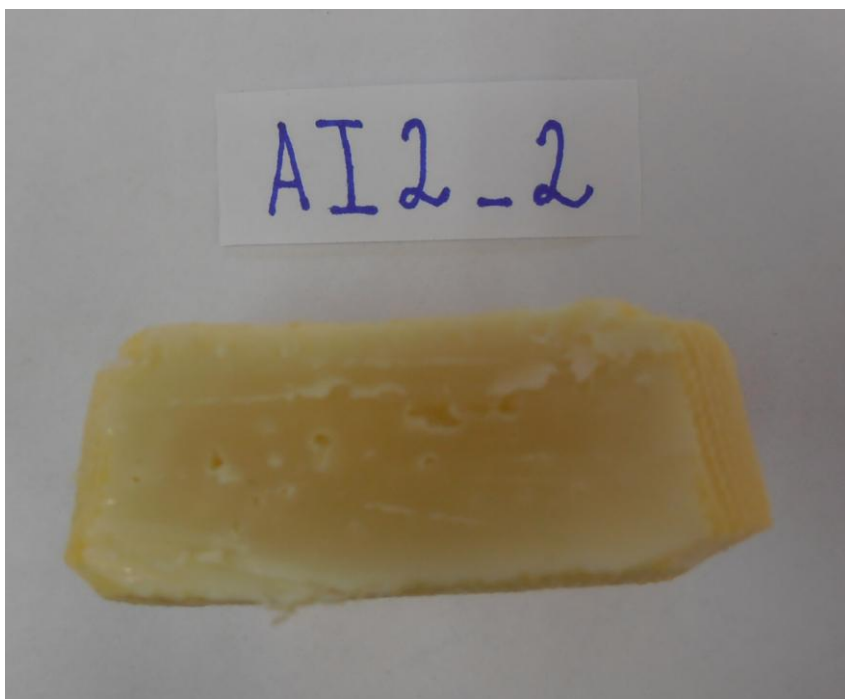
Obrázek P2 B: Sýr zrající pod smrštiteľnou fólií 60 dní při 75% RV



Obrázek P2 C: Sýr zrající pod smršťitelnou fólií 60 dní při 90% RV



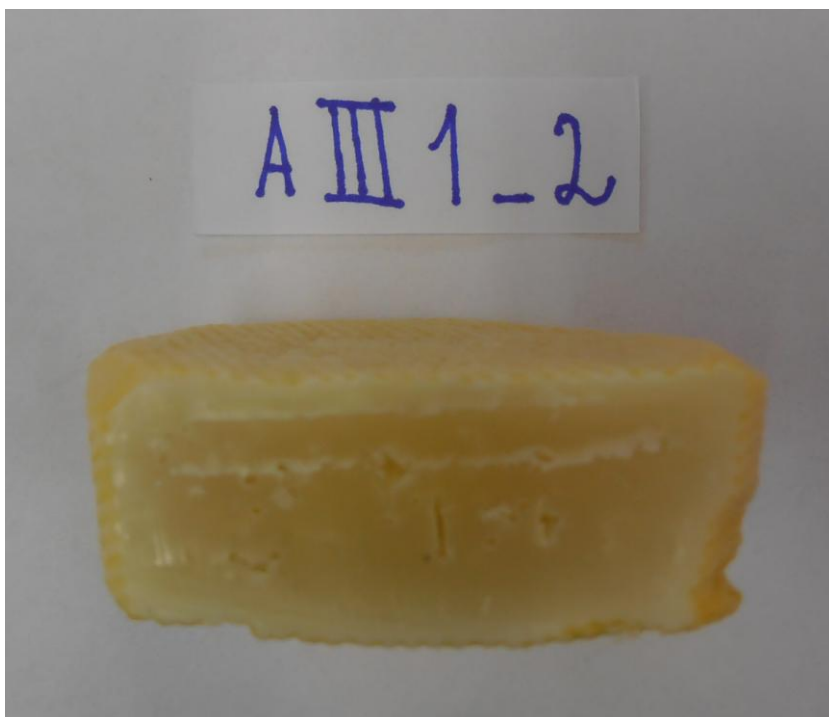
Obrázek P2 D: Sýr zrající v jedné vrstvě polymerního nátěru 60 dní při 45% RV



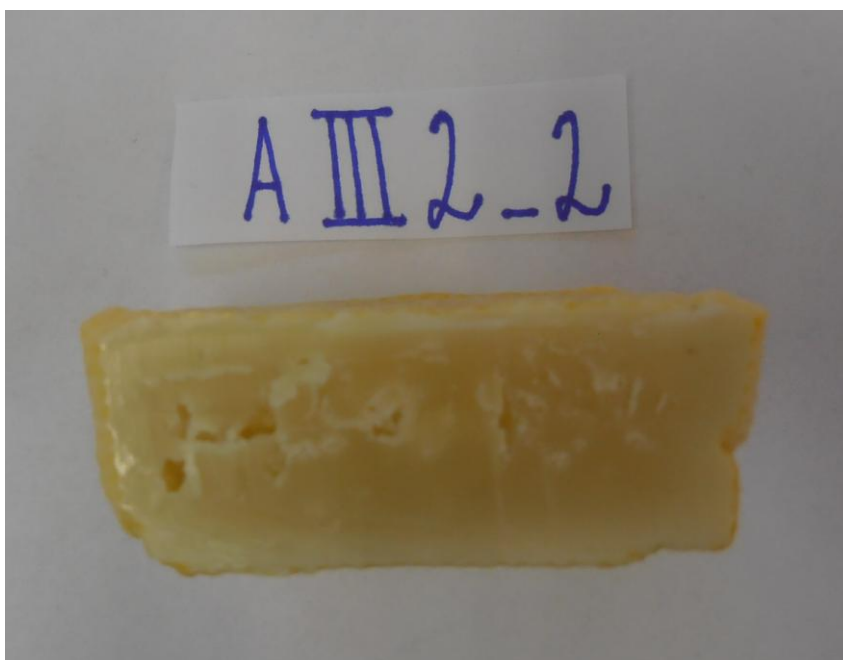
Obrázek P2 E: Sýr zrající v jedné vrstvě polymerního nátěru 60 dní při 75% RV



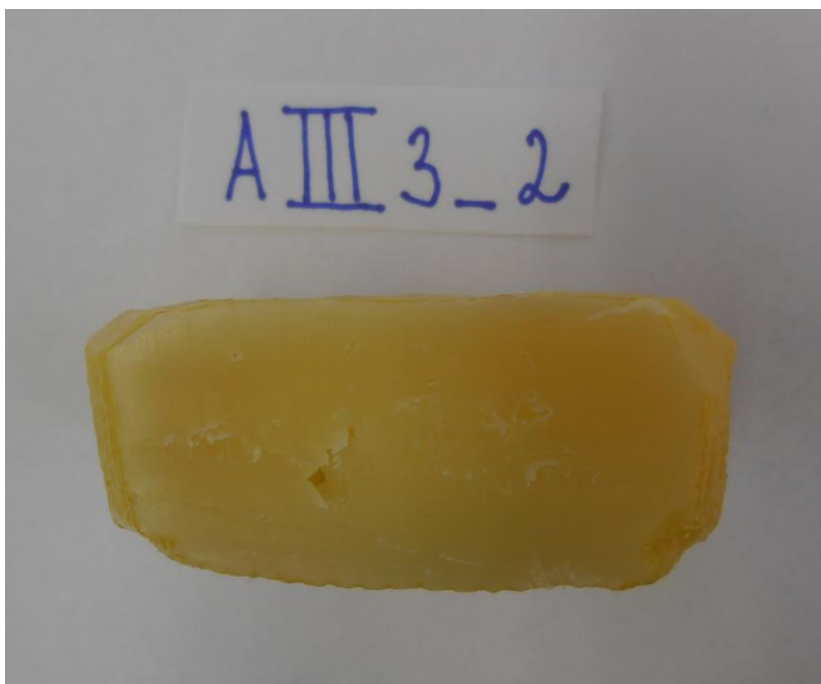
Obrázek P2 F: Sýr zrající v jedné vrstvě polymerního nátěru 60 dní při 90% RV



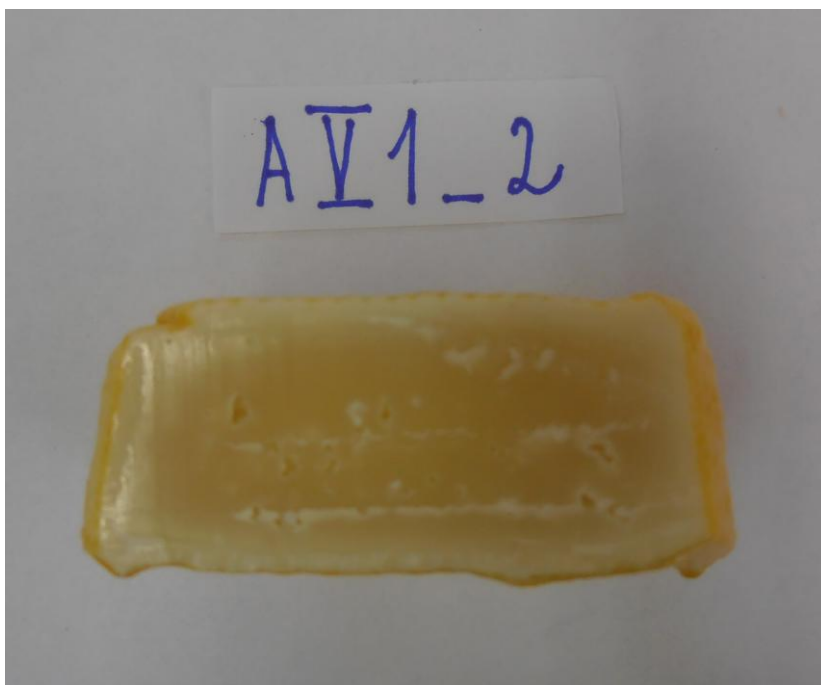
Obrázek P2 G: Sýr zrající ve třech vrstvách polymerního nátěru 60 dní při 45% RV



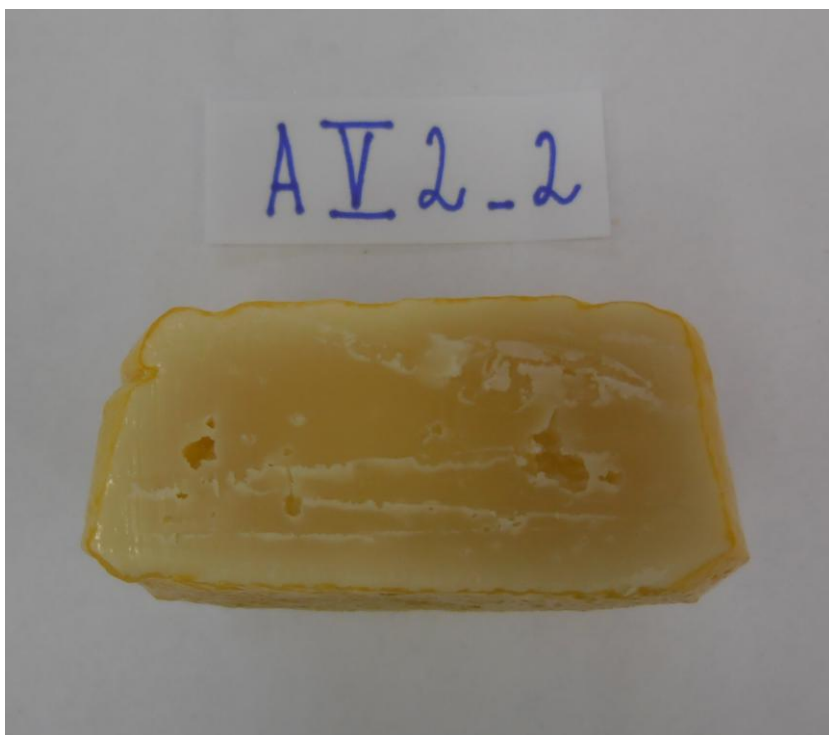
Obrázek P2 H: Sýr zrající ve třech vrstvách polymerního nátěru 60 dní při 75% RV



Obrázek P2 CH: Sýr zrající ve třech vrstvách polymerního nátěru 60 dní při 90% RV



Obrázek P2 I: Sýr zrající v pěti vrstvách polymerního nátěru 60 dní při 45% RV



Obrázek P2 J: Sýr zrající v pěti vrstvách polymerního nátěru 60 dní při 75% RV



Obrázek P2 K: Sýr zrající v pěti vrstvách polymerního nátěru 60 dní při 90% RV

**PŘÍLOHA P3: TEPLOTA A RELATIVNÍ
VLHKOST VE ZRACÍ KOMOŘE V PRŮBĚHU
ZRÁNÍ VZORKŮ SÝRŮ**

	45% RV		75% RV		90% RV	
	t [°C]	[%]	t [°C]	[%]	t [°C]	[%]
25. 10. 2013	14,5	39	15,8	80	16,2	95
30. 10. 2013	16,8	45	15,9	75	16,2	95
1. 11. 2013	16,4	52	14,5	79	14,8	95
4. 11. 2013	15,9	55	14,8	78	15,5	95
6. 11. 2013	15,5	49	15,9	71	15,3	92
8. 11. 2013	15,2	45	14,5	65	14,8	96
11. 11. 2013	14,5	60	14,1	65	15,3	97
13. 11. 2013	14,9	43	14,6	62	14,8	98
15. 11. 2013	14,5	39	14,5	60	14,8	94
18. 11. 2013	14,9	35	13,5	58	15,3	95
21. 11. 2013	14,5	37	14,5	62	15,1	96
25. 11. 2013 (1. měsíc zrání)	14,8	52	14,5	68	14,9	95
1. 12. 2013	14,6	48	14,1	70	15,2	95
9. 12. 2013	14,5	45	13,9	72	15	94
16. 12. 2013 (2. měsíc zrání)	14,7	45	14,2	68	15,1	96